



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

**“FACTORES AMBIENTALES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACION QUE
INCIDEN EN LA DINAMICA DE LA MONTAÑA GLACIAR PASTORURI”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Eloy Castillo Palma

ASESOR:

Ing. Elmer Benites Alfaro. Dr.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de Gestión Ambiental

LIMA – PERÚ

2017

PAGINA DEL JURADO

MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo
Presidente

Mgtr Rita Cabello Torres
Secretaria

Dr. Elmer Benites Alfaro
Vocal

DEDICATORIA

A mi querido padre por la enseñanza de principios y valores.

A mi hermana que a pesar de estar lejos siempre estuvo presente apoyándome en mis nuevas metas.

A las personas que hicieron posible que llegue este momento.

A mis amigos por su respaldo.

A mis profesores y asesores por la paciencia que tuvieron durante todo el proceso.

Castillo Palma, Eloy.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios. Por la bendición y superación del día a día.

A mis maestros por sus enseñanzas y a mi alma mater por hacerme parte de la comunidad universitaria. También a mis seres queridos por su apoyo incondicional.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Castillo Palma, Eloy. con DNI N° 71974828, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 17 de Julio del 2017

Eloy Castillo Palma

PRESENTACIÓN

Señores miembros del

Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Relación entre Cambio Climático y el impacto en la dinámica de la montaña glaciar Pastoruri”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Eloy Castillo Palma.

/*INDICE*/

Resumen	10
I Introducción	12
1.1 Realidad Problemática	12
1.2. Trabajos Previos	13
1.3. Teorías Relacionadas al Tema	22
1.3.1 Distribución Geográfica	22
1.3.2 Geología y Geomorfología	23
1.3.3 Sistema Climático	24
1.3.4 Dinámica de un Glaciar	25
1.3.5 Evolución Glaciar	26
1.3.5.1 Balance de Masa Glaciar	28
1.3.5.2 Línea de Equilibrio Glaciar	28
1.3.5.3 Ablación Glaciar	29
1.3.5.4 Retroceso Glaciar	29
1.3.6 Riesgos Asociados a los Glaciares.....	29
1.4. Formulación del Problema	30
1.4.1. Problema General	30
1.4.2. Problemas Específicos.....	30
1.5. Justificación del Estudio	31
1.6. Hipótesis	32
1.6.1. Hipótesis General	32
1.6.2. Hipótesis Específicos.....	32
1.7. Objetivos	32
1.7.1. Objetivo General	32
1.7.2. Objetivo Específicos.....	32
ii. Método	33
2.1. Diseño de Investigación no Experimental.....	34
2.1.1. Tipo De Estudio:	34
2.2. Metodología de la Investigación	35
2.2.1. Las Imágenes Satelitales.....	35
2.2.2. Detección de Cambios en la Longitud de un Glaciar.....	35
2.2.3. Determinar el Área y Detectar Cambios en el Área Glaciar.....	36

2.2.4. Recopilación de Datos Meteorológicos	36
2.2.5. Evaluación Del Proceso	37
2.3 Temporalidad:.....	38
2.4 La Unidad de Análisis:.....	38
2.5. Variable Operacionalizacion.....	39
2.6 Población, Muestra y Muestreo.....	40
2.6.1 Población:	40
2.6.2 Población Accesible:.....	40
2.6.3 Muestra:.....	40
2.6.4 Selección de la Muestra:	40
2.7. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad	41
2.7.1. Técnicas e Instrumentos de Recolección:	41
2.7.2. Validación y Confiabilidad del Instrumento:	41
2.8. Métodos de Análisis de Datos.....	41
iii. Resultados	43
iv. Discusion	56
v. Conclusiones	59
vi. Recomendaciones	62
vii. Referencia Bibliografica:	63
viii. Anexos.....	71

INDICE DE TABLAS

TABLA 1	. EMPLAZAMIENTO DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS	37
TABLA 2.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	39
TABLA 3.	PROCESO EVOLUTIVO DE LA DINÁMICA DEL GLACIAR CRONOLÓGICO.....	44
TABLA 4.	RELACIÓN EXISTENTE ENTRE LA TEMPERATURA Y EL ÁREA EN EL NEVADO PASTORURI.	47
TABLA 5.	ANÁLISIS LONGITUD / TEMPERATURA	48
TABLA 6.	ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN / ÁREA GLACIAR	49
TABLA 7.	RECOPIACION DE DATOS ENTRE LONGITUD / PRECIPITACION	51
TABLA 8.	DATOS DE TEMPERATURA RECOLECTADAS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA RECUAY.....	53

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	PERFIL LONGITUDINAL Y PARTES DE UN GLACIAR	26
FIGURA 2.	PROCESO EVOLUTIVO DE LA DINÁMICA DEL GLACIAR CRONOLÓGICO	45
FIGURA 3.	RELACIÓN EXISTENTE ENTRE LA TEMPERATURA Y EL ÁREA	46
FIGURA 4.	ANÁLISIS LONGITUD / TEMPERATURA EN EL NEVADO PASTORURI	47
FIGURA 5.	ANÁLISIS ÁREA / PRECIPITACION DEL NEVADO PASTORURI	49
FIGURA 6.	ANÁLISIS LONGITUD / PRECIPITACIÓN DEL NEVADO PASTORURI	50
FIGURA 7.	COMPORTAMINTO DE LA TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL (1997 / 2016)	51
FIGURA 8.	COMPORTAMIENTO LA TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL (1997 / 2016).....	52
FIGURA 9.	TENDENCIA DE LA TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL EN EL NEVADO PASTORURI	53
FIGURA 10.	COMPORTAMIENTO PLUVIOMÉTRICO PROMEDIO ANUAL (1997 / 2016).	54
FIGURA 11.	TENDENCIA PLUVIOMÉTRICA PROMEDIO ANUAL (1997 / 2016).	55
FIGURA 12.	TENDENCIA PLUVIOMÉTRICA PROMEDIO ANUAL (1997 / 2016).	55

RESUMEN

El nevado Pastoruri situado en el Parque Nacional Huascarán, en el departamento de Ancash, es un atractivo turístico para los visitantes, puesto que brinda un panorama paisajístico único y maravilloso, al otorgar la sensación de disfrute, sin embargo la manifestación del cambio climático es uno de los factores que inciden directamente sobre el glaciar, el cual es reflejado en el comportamiento del glaciar. Para llevar a cabo un estudio y comprender este proceso, es necesario recurrir al sistema de información geográfica, de tal manera que mediante las imágenes satelitales, y éstas al ser procesadas en el software Arc Gis, nos brinda información acerca del área glaciar, cambios de superficie del glaciar, pérdida u recuperación del glaciar, nos muestra en síntesis el comportamiento del glaciar, con el pasar de los años.

Al ser el nevado Pastoruri un glaciar turístico muy visitado, concurrente por el turismo y por fines de estudios académicos, es ahí donde yace la importancia de la presente investigación en la que me instauré a evaluar su comportamiento bajo ciertas condiciones que son la temperatura y la precipitación, concurriendo en el apoyo de las imágenes satelitales Land Sat TM, de los años 1997, 2002, 2007, 2012, y finalmente el año 2016. De tal manera que con ello se logra apreciar los cambios ocurridos en el nevado Pastoruri, así como también recurrir a la data meteorológica para analizar la regresión lineal múltiple, en donde someto el área como variable dependiente, y la precipitación así como la temperatura variables independientes, con los cuales pueda determinar el comportamiento más próximo y real bajo dichas condiciones.

Palabras claves. Arc Gis, Información geográfica, glaciar, Land sat Tm, Meteorología.

ABSTRAC

The snowy Pastoruri located in the National Park Huascarán, in the department of Ancash, is a tourist attraction for the visitors, since it provides a unique and wonderful landscape, giving the sensation of enjoyment, however the manifestation of climate change is one of the factors that directly affect the glacier, which is reflected in the behavior of the glacier.

In order to carry out a study and to understand this process, it is necessary to resort to the geographic information system, in such a way that through the satellite images, and these when being processed in the software Arc Gis, provides us information about the glacial area, changes of surface of the glacier, loss or recovery of the glacier, shows us in synthesis the behavior of the glacier, with the passage of the years.

As the Pastoruri snow is a very visited tourist glacier, concurrent by the tourism and for purposes of academic studies, it is there where it lies the importance of the present investigation in which I install myself to evaluate its behavior under certain conditions that are the temperature and the Precipitation, concurring in the support of the satellite images Land Sat TM, of the years 1997,2002,2007,2012, and finally the year 2016. In such a way that it is possible to appreciate the changes occurred in the snowy Pastoruri, as well as I also use the meteorological data to analyze multiple linear regression, where I subject the area as a dependent variable, and the precipitation as well as the temperature independent variables, with which I can determine the closest and actual behavior under those conditions.

Keywords: Arc Gis, Geographical information, glacier, Land sat Tm, Meteorology .

I INTRODUCCIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

En estos últimos años, los glaciares de montañas altas con los que cuenta el Perú, están siendo afectadas por un retroceso de capas de nieve dando como respuesta frente al cambio climático, procesos los cuales están viéndose aceleradas por la influencia de la actividad entrópica a raíz de la escasa y mas no suficiente conservación de los nevados más allá de ser un atractivo turístico, son de gran importancia e indispensables reservas de agua y ello nos hace vulnerables a la disponibilidad hídrica, es por ello que se le debe de brindar y tomar mayor interés en las políticas ambientales (VERGARA, 2011, p. 6).

(BERNEX y TEJADA , 2010, p. 25), sostiene que en los últimas 3 décadas el Perú ha perdido 22% de masa glaciaria, siendo el caso de la cordillera blanca quien perdió 33% de superficie, y su nevado Pastoruri ha perdido 40% dato que se registra hasta el 2007.

En el continente sudamericano, los países Venezuela y Bolivia, los glaciares de montaña tropical cubren una superficie alrededor de 2758 km², así mismo señala que los glaciares del Perú simbolizan el 71% de los glaciares de montaña andina tropical, Bolivia 20%, Ecuador 4%, Colombia 4% y Venezuela 1%, los cuales están siendo vulnerables al cambio climático padeciendo cursos visibles de retroceso.

Al respecto, diversos estudios sostienen que la evolución de los glaciares de montaña certifican una tendencia negativa en cuanto al retroceso glaciario el cual ira en aumento a lo largo del siglo XXI, conllevando con la desaparición de muchos glaciares (COLONIA, 2013, p 13).

La Cordillera Blanca ha perdido cerca del 27% lo que equivale a 195,75 km² de su área glaciaria total. El Pastoruri aqueja problemas de índole ambiental, el gradual incremento de la temperatura, a raíz del cambio climático, ha hecho que pierda considerable superficie. Así mismo el calentamiento global cada vez va en aumento a raíz de las emisiones de gases de efecto invernadero consecuentes por

la actividad antrópica. El declive glaciar del Pastoruri representa un perjuicio con respecto a la población que anida en las faldas de la cordillera y se beneficia de ella, la actividad turística que esta le concedía, así como también por el suministro del agua que escurría por la cuenca brindando seguridad energética, alimenticia e hídrica (ANA, 2014, p. 22).

TARAZONA, (2012), en su investigación análisis multi-temporal del retroceso glaciar en el nevado Pastoruri, sostiene que el glaciar de montaña antes señalado, durante el periodo 1999 – 2011 se ha alejado 140 m en cuanto a longitud, al igual que con sus resultados obtenidos se propuso una extrapolación apoyándose en la estadística, con el cual determino que posiblemente en el 2050 el glaciar Pastoruri, estaría abarcando un área de masa glaciar alrededor de 500 hectáreas, así mismo continuando con el modelo estadístico bajo las mismas condiciones, nos señala que en el año 2064 posiblemente el glaciar Pastoruri llegaría a su fin.

Cabe recalcar que el derretimiento de nieve, la desglaciación, es un hecho natural e irreversible, es un proceso interglaciar sin embargo el problema yace en que está siendo muy acelerada por el cambio climático, siendo el caso en particular el Glaciar Pastoruri, al igual que otros. La pérdida de masas glaciares conlleva directamente a una disminución en cuanto a la disponibilidad del agua cuenca abajo.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

Un artículo de la revista Journal of Hydro-environment Research titulado "Revista de Investigación Hydro-entorno " (en idioma Inglés), contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (NEPAL, 2016): Busca presentar el impacto del cambio climático en el régimen hidrológico de la cuenca del río Koshi en la región del Himalaya, en el cual el estudio aplicó el modelo hidrológico J2000 con la finalidad de evaluar las condiciones actuales del régimen hidrológico así como proyectarlas al futuro, en donde concluye en definitiva la existencia de un aumento gradual de temperatura a razón promedio de 0.058°C/año lo cual indica un retroceso glaciar sosteniendo que la descarga de

nieve, nieve derretida así como la evapotranspiración son patrones muy susceptibles frente al cambio climático.

La revista Journal of Hydrology "Diario de Hidrología" (en idioma Inglés), contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (HONG Li, et al, 2015): Realizo la investigación con el objeto de estudio la integración de un modelo de retroceso de los glaciares en un modelo hidrológico - estudios de caso de tres cuencas glaciares en Noruega y la región del Himalaya. Para la siguiente investigación se concibe como objetivo integrar un modelo para la hidrología y retroceso de los glaciares adecuado para aquellas cuencas que cuentan con la demanda de escasa data. De esta manera el modelo combinado presenta la transformación glacial así como sus procesos hidrológicos. Se sostiene que el modelo es eficiente en cuanto a proporcionar datos y mapas tanto del balance de masa del glaciar como la dinámica del glaciar y estimación de escorrentía.

La revista Water Science and Engineering "Ciencia e Ingeniería del Agua" (en idioma Inglés), contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (ABUDU S, et al, 2012): Realizo la investigación con el objeto de estudio la aplicación del modelo de escorrentía del deshielo (SRM) en las cuencas montañosas, siendo su principal objetivo analizar la optimización de los MER en cuanto a la determinación de variables y parámetros Hidrológicos así como su eficiencia y precisión de las mismas, para ello se tuvo en consideración la selección pertinente de variables climáticas de entrada para así encontrar la zona de capa de nieve a raíz de los datos brindados por la teledetección en cuanto al modelamiento de la escorrentía del deshielo. Finalmente se sostiene que debido al cambio climático, la escorrentía del deshielo se debe de considerar esencial para conjeturar la disponibilidad de los recursos hídricos, promover el uso y gestión del agua sosteniblemente, en donde se sugieren que la temperatura y la precipitación son los principales factores que dominan el proceso de deshielo. SRM tiene un potencial en el pronóstico de caudales y la evaluación de los efectos del clima, especialmente con escasez de datos.

La revista *Advances in Climate Change Research* titulado "Los avances en la Investigación del Cambio Climático" (en idioma Inglés), contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (JIAN-PING Y, et al, 2016): El artículo tiene como objeto de estudio la vulnerabilidad de los glaciares de montaña en China para el cambio climático, siendo estos fuentes indispensables de agua para dicho país así como para los países colindantes, en donde el objetivo de la presente investigación es mejorar la percepción de la vulnerabilidad frente al cambio climático glacial y constituir estrategias de adaptación, para ello hace uso de un modelo numérico glacial el cual se instaura mediante un análisis espacial auxiliado por la teledetección así como también por sistemas de información geográfica, en donde se evidencio que los glaciares de las montañas de china presentan una vulnerabilidad pesada al cambio climático con una tendencia decreciente, así mismo se considera que las continuas variaciones en cuanto a las precipitaciones son un patrón crucial que incide directamente en la vulnerabilidad de los glaciares frente al cambio climático.

La revista *Geoscience Frontiers* titulado "Fronteras de la ciencia de la tierra" (en idioma Inglés), contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (PANDEY P, et al, 2016): El artículo describe el título la representación regional de los glaciares en la región de la Cuenca Chandra, en el oeste del Himalaya, India en el cual el estudio aborda la exploración topográfica de los glaciares cerca al Himalaya occidental, para ello tiene como objetivo determinar los factores responsables de las variaciones evolutivas de los glaciares Hamtah y Chhota Shigri, los cuales fueron posibles mediante la aplicación de datos de teledetección quienes surgen de sensores múltiples y temporales, se sostiene que las variaciones evolutivas de los glaciares estudiados son resultado de la incidencia tanto de las precipitaciones como la radiación solar influenciada por el cambio climático, así mismo es pertinente considerar que los ajustes topográficos conllevan a una relación en cuanto a la captación y alimentación del glaciar y responder a los procesos de reflexión en las variaciones climáticas.

Un artículo de la revista *Perspectives in Science* titulado "Perspectivas de la Ciencia " (en idioma Inglés), contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (NIJHAWAN R, et al, 2016): El presente estudio abarca sobre el monitoreo de los glaciares en la cuenca Alaknanda utilizando datos de teledetección, para ello se planteó como objetivo comparar el cambio físico con el cambio atmosférico del glaciar de la cuenca Alaknanda, para dicho monitoreo se tuvo que emplear uso de datos satelitales mediante el software ERDAS, permitiendo de esta manera determinar las variaciones en el glaciar de estudio. Se tuvo como resultado una tendencia decreciente durante las épocas de verano e invierno, siendo más pronunciada en esta última, así mismo el área cubierta de nieve en el balance de masa es un patrón que señala una variación climática, a raíz principal del cambio climático y el calentamiento global.

La revista *Science of The Total Environment* titulado "Ciencia de la totalidad del hábitat" (en idioma Inglés), contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (SONCINI A, et al, 2016): La presente investigación presenta el estudio de los futuros regímenes hidrológicos y la cubierta glaciar en la región del Everest: El caso de la cuenca alta del Dudh Koshi, en donde se tiene como objetivo evaluar el recurso hídrico a futuro sometido a los escenarios del cambio climático en el Himalaya, de tal manera complemente como investigación de interés y sirva como antecedente, para ello se hizo la recolección de datos meteorológicos, que satisfagan el uso del modelo glaciar-hidrológico, en donde se tuvo como resultado en sus proyecciones hasta el 2100 reducciones considerables de la capas de hielo delgadas , derretimiento de nieve lo cual indica una disminución de su volumen poniendo en riesgo la disponibilidad del agua preveendo una escases a partir de mediados del siglo, en donde el régimen hidrológico va a tener una fuerte dependencia de la precipitación monzónica, en tanto es imprescindible la adopción de medidas de adaptación frente a las siguientes modificaciones.

La revista *Remote Sensing of Environment* titulado "Sensores Remotos Ambientales" (en idioma Inglés), contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (BURNS P, NOLIN A, 2016): El presente estudio abarca el uso de imágenes Landsat corregida atmosféricamente para medir el cambio del área glaciar en la Cordillera Blanca, Perú 1987-2010, dicha investigación se plantea

como objetivo cuantificar los cambios evolutivos del glaciar en la cordillera Blanca y sub-cuenca río Santa que nace de ella durante el periodo 1987 y 2010, para hacer ello posible se recurre a la exploración de correcciones de las imágenes satelitales calibradas a un único umbral de Índice de diferencia normalizada de nieve (NDSI), en el cual se tuvo como resultado que en agosto del 2010 la cordillera sufrió una disminución de un 25% de su área glaciar, conllevando a un área nueva de 482 km². Así mismo este ritmo encontrado juega un papel considerable en la cuenca de estudio, puesto que las variantes en cuanto al suministro de agua juega un papel importante para las comunidades que se abastecen de ella.

Un artículo de la revista *Procedia Environmental Sciences* titulado "Procedia Ciencias Ambientales" (en idioma Inglés), contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (PAN H, 2016): El artículo pone en énfasis su investigación en torno a la evaluación de la vulnerabilidad del sistema de recursos hídricos de la cuenca del río Yarkent bajo el fondo de acelerar el deshielo en el futuro, en donde se cuenta como objetivo evaluar la vulnerabilidad de los sistemas hidrológicos de la cuenca tomando como escenario al calentamiento global, el cambio climático y el deshielo glaciar, para ello realiza una supervisión cuantitativa empleando un indicador de deficiencia hídrica, proyectándose en el periodo 2010 – 2030, en el cual se tuvo como resultado que la cuenca del río Yarkent tendrá un aumento en cuanto al flujo del cauce hídrico durante los 20 años futuros, a raíz del deshielo del glaciar por acción del cambio climático que incide sobre ella, de tal manera que el suministro será mayor a la demanda del que se requiere, en tal medida se debe de buscar opciones y gestiones sostenibles en cuanto al resultado de esta aceleración.

La revista *Journal of Hydrology: Regional Studies* titulado "Diario de Hidrología: Estudios Regionales" (en idioma Inglés), contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (MENG F, et al, 2016): El presente artículo desarrolla su investigación en los efectos del cambio climático reciente, para la hidrología en la región de origen de la cuenca del río Amarillo, en donde se tiene como objetivo cuantificar los impactos de la precipitación así como la evapotranspiración en el sistema hidrológico de la cuenca del río Amarillo durante el periodo 1961 y 2013 tomando como escenario la incidencia del cambio climático

a través de la aplicación de un modelo hidrológico superficie de la tierra viendo la capacidad de infiltración de la variable (VIC). Es así posible a su vez, evaluar el impacto del calentamiento climático sobre el flujo de la capa de nieve y sobre la cuenca donde fluye el río, en el cual se tuvo como resultado la continua presencia de temporadas marcadas en el cual la precipitación disminuye y la evapotranspiración aumenta gradualmente, lo cual es una condición para la disminución de la escorrentía fluvial es por ello que se sostiene que el cambio climático junto a la evapotranspiración asume un papel importante en cuanto a la variabilidad de la escorrentía.

La revista *Geoscience Frontiers* titulado "Fronteras de la ciencia de la Tierra" (en idioma Inglés), contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (KHAN A, et al, 2015): el artículo describe el título de su investigación la criosfera del Himalaya: Una evaluación crítica y la evaluación de la fracción de derretimiento de los glaciares en la cuenca bhagirathi, pone en énfasis que la criosfera del Himalaya es imprescindible puesto que contribuye al régimen hidrológico del sistema fluvial, en el cual se tiene como objetivo estimar la fracción del deshielo glaciar así como evaluar la variabilidad estacional de la precipitación en el glaciar, para ello se recurrió al empleo del método del isótopo del oxígeno, en donde la nieve y el agua será fraccionadas por la luz y los isótopos, de tal manera que se estimara la masa de nieve fundida en el agua del río, en donde se tuvo como resultado un creciente derretimiento del glaciar en la salida de la cuenca durante la etapa premonzónica, en donde se sostiene además que a mayor altura poca contribución del agua subterránea, y a menor altitud mayor contribución del agua subterránea, los cuales influyen en la descarga de los ríos.

La revista *Atmósfera*, contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (GIACCONE E, et al, 2015): siendo el título de la investigación las variaciones del clima en una cuenca alpina de gran altitud y sus efectos en un ambiente glacial (Alpes italianos Occidental), siendo su principal objetivo evaluar la variación de los parámetros climáticos ubicada en el ambiente glaciar, se enfoca en la evolución climática de la cuenca alpina durante el periodo 1950 y 2012, para el cual se tomó registro de los datos meteorológicos para luego ser sometidas al test de relación cruzada, los resultados que se presentaron proporciono que la

temperatura afecta directamente la dinámica evolutiva del glaciar, el cual se manifiesta a través de un aumento de ablación y la entrada reducida de nieve .

La revista Aquatic Procedia titulado “Procedia acuática”, contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (TIWARI S,et al, 2015):el estudio pone énfasis en las nevadas y el deshielo variabilidad a lo largo del Himalaya Región en escala de tiempo interanual, en el cual se plantea como objetivo estudiar la variabilidad de las nevadas, el derretimiento y ablación de la capa de nieve en el Himalaya, para ello se requirió desarrollar y emplear sistemas de teledetección equivalente en la nieve (SWE), a partir de datos del sistema de pronóstico climático con lo cual se tuvo como resultado un aumento gradual de escorrentía durante la época de verano en donde hay poca incidencia de precipitaciones correspondientes a los meses de junio y julio, en donde la temperatura es un influyente en la variación del deshielo.

La revista Quaternary International titulado “cuaternario Internacional”, contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (YANG D,et al, 2014):el presente estudio se enfoca en la variabilidad y extremo de descarga diaria río Mackenzie durante 1973-2011, en el cual se tiene como objetivo analizar sistemáticamente los datos del caudal diario que nace de la cuenca Mackenzie, en donde se proyecta una variación en cuanto a los fenómenos extremos al cual es vulnerable, siendo el mas significativo el calentamiento global que incide en el cambio climático, para ello toma en cuenta la recolección de datos hidrométricos, basados en datos de caudal diario actualizado, usa estándar de t-tes estadístico para analizar la tendencia de flujos, con el cual se tuvo como resultados que el régimen de flujo del rio a cambiado durante los últimos años, producto de la variación del clima aumentando la temperatura durante la estación primaveral conllevando aun continuo deshielo y el débil aumento de las nevadas, resultados que dan respuesta hidrológica variante y susceptible al cambio climático.

El artículo de la revista Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C titulado “Física y Química de la Tierra, las Partes A / B / C”, contribuye información relevante. Resumiendo en pocas líneas (XU B,et al, 2015): el artículo que lleva por título cambios glaciares y su impacto en el desempeño en el último medio siglo en

la cuenca Tekes, Asia Central, pone énfasis en las estimaciones de las precipitaciones como factor de entrada en la zona del glaciar, para el cual se plantea como objetivo evaluar los impactos del cambio hidrológico en el glaciar, es así que recurre al empleo del modelo hidrológico SWAT, para atender y comprender la variación del régimen hidrológico sobre el glaciar, de tal manera que contribuye a predecir la disponibilidad de agua en el futuro, para el caso 1990 y 2007 de 1511 km² se redujo en un 25% la masa glaciar, lo cual indica que hubo una escasez de precipitaciones y una débil presencia de nevadas, en el cual una variante a considerar es el cambio gradual de temperatura el cual incide en el deshielo de la nieve los cuales fueron denotados al vincular el modelo hidrológico con la teledetección.

La revista Glaciares Andinos, Recurso Hídricos y Cambio Climático, contribuye información relevante en el que se resume (PAZ, M, 2011): siendo la investigación Glaciares: algo más que hielo... para entender los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas, las comunidades y el agua, en el cual este documento expresa que el gradual incremento de la temperatura en las montañas altas del glaciar, es el causante del retroceso glaciar, reflejados en las montañas tropicales y subtropicales, conllevando a una variación en la cuenca hídrica nieve glaciar, alterando el balance hídrico, dando origen a una escases de fuentes de agua dulce. Siendo su objetivo elaborar estrategias y políticas comunes de glaciares y constituir la como eje principal de la política climática global.

(ESCOBAR M, et al, 2011), En su artículo evaluación de impactos del cambio climático en la hidrología en los andes peruanos, sostiene que el retroceso glaciar, es a raíz de la variación del clima y temperatura, los cuales afectan el régimen hídrico, siendo su objetivo desarrollar metodologías para evaluar los impactos del cambio climático sobre el recurso hídrico en las montañas del Perú, para ello se aplicó un análisis climático e hidrológico, los cuales alimentaron el programa WEAP, en donde se ve que el cambio climático es un factor que incide directamente sobre el retroceso glaciar el cual afecta el régimen hídrico reduciendo notablemente la escorrentía superficial, lo cual tendrá alta implicancia en cuanto al suministro para el sector energía, urbana y agrícola.

(BARAER M, et al, 2012), En su estudio Recesión de glaciares, recurso hídrico en la cordillera Blanca del Perú, en el cual hace mención que el retroceso glaciar conlleva a serios impactos sobre la hidrología de la cuenca que es alimentada, teniendo como objetivo de estudio evaluar la influencia de la recesión del glaciar en el régimen hídrico para las cuencas de la cordillera blanca, para ello se emplea la significancia estadística Mann- Kendall para las tendencias del hidrograma tomando en cuenta el retroceso glaciar, teniendo como resultado que el retroceso glaciar es más pronunciada durante la estación seca, además se vio la débil precipitación y caída de nieve los cuales alimentan el glaciar, lo cual indica un declive del agua del glaciar en cuanto a la descarga a la cuenca generando cambios hidrológicos poniendo en preocupación social, económica y ecológica.

La revista Journal of Hydrology titulado, "Diario de Hidrología" contribuye información relevante en el que se resume (KHADKA D, et al, 2014): La investigación "El impacto del cambio climático en la fusión y la escorrentía glaciar y la nieve en la cuenca Tamakoshi en la región del Hindu Kush del Himalaya", en el que cuenta como objetivo predecir los cambios venideros en los parámetros climáticos de la cuenca en estudio así como también valorar los cambios de superficie por nieve cubierta, para ello se emplea la teledetección y así de esta manera estimar dicha superficie, luego se considera hacer uso del índice de diferencia normalizada (NDSI).teniendo como resultado que tanto la temperatura como la precipitación en relación con el área nieve durante las estaciones de primavera e invierno es muy vulnerable al cambio climático. Así mismo se consideró que el deshielo es mayor durante el verano con una fusión promedio de 220 mm, lo cual lleva a predecir que en el futuro va en aumento a razón de 5.6 mm por año.

La revista Global and Planetary Change titulado, "Cambio global y planetaria" contribuye información relevante en el que se resume (LÓPEZ J, et al, 2014):La investigación tendencias de retiro y clima glaciar recientes en Cordillera Huaytapallana, Perú, siendo uno de las investigaciones sobre el clima y evolución glaciar de la cordillera Huaytapallana, pues aclara que hay escaso recurso documentado acerca de la montaña, es por ello que se planteó como objetivo analizar los cambios evolutivos del glaciar durante el periodo 1984 y 2011, para ello

se empleó el geo procesamiento de imágenes satelitales, y el índice de diferencia normalizada de nieve (NDSI), así como la recolección de datos meteorológicos, los cuales mostraron como resultados varias formaciones de lagos en el área del retroceso glaciar reciente, mostrando un retiro hasta el 98 y de ahí muestra una estabilidad hasta el 2011, procesos en los que intervinieron las variaciones locales de el niño y la niña, sin embargo los cambios de temperatura dan inicio a una etapa crítica de la evolución del glaciar, alterando el régimen hídrico de la cuenca.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1 Distribución Geográfica

La cordillera de los andes recorre américa del sur dirección Norte-Sur, una longitud superior a los 7 000 km, y una extensión con tramos que varían entre 200 a 750 km. Es sin duda una gran cadena montañosa el cual se extiende a lo largo de la placa de América del Sur. Es ahí donde estos sectores andinos y bolivianos albergan la mayor concentración de glaciares tropicales del mundo. Es relevante señalar que la cordillera se compone en tres estructuras: los Andes septentrionales, meridionales, y centrales, siendo esta última donde se encuentra la zona de estudio, el nevado Pastoruri. El cual se sitúa en la cabecera y en la frontera izquierdo de la cuenca Pachacoto, dentro del sector de la cordillera Blanca latitudes 9°07'00"S 77°36'00"O perteneciente al distrito de Cátaç, provincia de Recuay, departamento Ancash (DE LA CALLE, 2014, p. 4).

La Cordillera Blanca se extiende aproximadamente cerca de 180 km de longitud y unos 30 km de ancho, quien alberga 27 cúspides que alcanzan más de 6.000 m, y más de 200 cúspides exceda de 5,000 m. Altitudes que otorgan a los glaciares su permanencia en la actualidad y extensas en el pasado. El escurrimiento de la Cordillera Blanca da vida al Callejón de Huaylas, y fluye a través del río Santa para luego llegar a la costa del Pacífico. La Cordillera Blanca comprende alrededor del 25% de todos los glaciares, sabiendo que el Perú es quien posee más de 70 % de glaciares de montaña de todo el mundo (GIRÁLDEZ, 2011, p. 4).

1.3.2 Geología y Geomorfología

Las placas tectónicas son las que determinan la orogénesis de la cordillera de los andes, esta se da inicio por la subducción de la placa nazca bajo la placa sudamericana, el cual constituye una evolución tectónica y expansión dominante que se extiende desde el paleozoico hasta el mesozoico. Se esclarece también que las deformaciones andinas corresponden a una tectónica de pliegues así como también de fracturas denominadas fallas tectónicas, sucesos que confieren a la cordillera otorgándole un aspecto caótico y complejo (GIRÁLDEZ, 2011, p. 7).

(DURAND, et al, 2009), Pastoruri, compuesta de calizas de color azul grisáceo con meteorización que da como resultado un particular relieve topográfico donde predomina la asimetría por la erosión que actúa sobre los agentes principales. La litología superficial del área a estudiar hace relevancia a rocas expuestas a las acciones directas de los agentes y factores de erosión moldeando un escenario en el cual los procesos del relieve marcan las elevaciones y las depresiones de manera considerable en los límites de las cuencas (p. 62).

La montaña glaciar Pastoruri presenta dos formas de relieve, el circo glaciar y la artesa glaciar. El circo glaciar Pastoruri. Es una depresión en forma semicircular, emplazado en la cabecera de la artesa glaciar del mismo nombre. Es así que ésta masa glaciar alimenta con su lento descenso en sentido de la pendiente esto nos alude a una corta lengua glaciar terminal, con un borde abrupto y muy fisurado en donde su importancia radica no sólo en su belleza natural, sino también por su mejor accesibilidad. En tanto la artesa Glaciar, es una depresión semi-profunda y alargada, con fondo plano y ensanchado, característico con paredes escarpadas usualmente con un perfil transversal dado en la forma imperfecta de U, (DURAND, et al, 2009, p. 64).

Los glaciares, como agentes en el modelo del relieve actual, se pueden apreciar algunas de las más relevantes: arrancado material grueso, excavando, puliendo, moliendo, trasladando y acumulando material detrítico. Arrancando: la enorme presión que ejerce su masa, tanto en el fondo como en su lecho arranca blocks rocosos. Excavando: producen depresiones, tal es el caso de artesas glaciares. Puliendo: se produce del accionar del glaciar sobre materiales relativamente

coherentes en donde se observan superficies raídas o estriadas por las rocas que integran en su masa. Moliendo: se produce a raíz del desmigajamiento de las rocas a causa de la presión que ejerce la masa glaciaria y el traslado de su flujo. Traslado y acumulando: los materiales detríticos que empuja el glaciar en sus bordes y en la parte basal depositándolas en el lecho.

1.3.3 Sistema Climático

(BERNEX y TEJADA, 2010), señala que el clima es un sistema engorroso, es por ello, su comportamiento resulta complicado pronosticar, siendo sus tendencias oscilaciones cíclicas y caóticas laboriosas de medir y predecir. Así mismo sostiene, que en la actualidad pronosticar el tiempo atmosférico así como el clima del futuro próximo es muy complicado aún (p.30).

(CAMPOS N, 2012), Sostiene que, los glaciares de montaña tropical, responde a distintos factores siendo los siguientes: la precipitación, temperatura, humedad relativa, nubosidad, intensidad de la luminiscencia solar así como la existencia de eventos climáticos (p. 8)

Así mismo, sostiene que el clima en los últimos años ha ido alterándose, y consecuentemente ha originado repercusiones en el sistema hídrico en las montañas glaciares, y señala que el cambio climático es cuando se ve alterado su valor medio, la frecuencia e intensidad de sus atributos, además se caracteriza al perdurar períodos largos, en tanto la variabilidad climática son las fluctuaciones en torno a una respectiva variable climática. El retroceso de los glaciares de montaña se justifica por el comportamiento del frente glaciario en cuanto a los modificaciones de balance de masa, siendo los indicadores el acrecentamiento de las lagunas en las faldas de los glaciares así como el aumento de la inestabilidad del terreno dando lugar a posibles avalanchas de rocas y hielo a lo largo la cadena de la montaña glaciaria.

(GIRÁLDEZ, 2011), La Cordillera Blanca se caracteriza por reducidas variaciones de la temperatura diaria, sin embargo durante la temporada seca es pronunciada durante los meses mayo-septiembre al igual que el periodo húmedo

octubre-abril. El almacenamiento de la masa glaciaria se manifiesta sólo con la presencia de las precipitaciones y épocas de lluvia, en tanto la ablación se presenta a lo largo del año (p. 7).

La cordillera blanca respecto a la distribución climática por Köppen, presenta dos tipos de clima los cuales se denominan: clima frío de montaña tropical y el clima frío templado de montaña tropical (DURAND, et al, 2009, p.61).

Cambio climático: Es aquella alteración en donde coexiste intercambio de materia, así como energía, en todas las fases que se desarrolla el clima, es decir cambios en la atmósfera, en la hidrosfera, en la litosfera, en la criosfera, en la biosfera, de tal manera que se rompe el equilibrio, a través de la temperatura, precipitación, manifestación de vientos, variación de presión atmosféricas, etc. El cambio climático comprende el calentamiento global pues se centra en las variables más resaltantes que son temperatura y precipitación, ya que estos inciden en la variación de los patrones de lluvia, deshielo glaciario, aumento de temperatura, reducción de biodiversidad, alteración de ecosistemas y otros (VERGARA, 2011, p 25).

1.3.4 Dinámica de un Glaciar

Se entiende por dinámica de un glaciar, los cambios a los cuales la extensión y geometría están sometidas, el comportamiento y respuesta que brinda una montaña glaciaria frente a ciertas variaciones que surgen en su entorno, en donde su topografía se mantiene relativamente estática, mientras que las condiciones atmosféricas varían. Ello nos alude que la dinámica glaciaria es un rol clave en el análisis de impactos del cambio climático en los glaciares (HUGGEL, et al, 2013, p 274).

De tal manera que un glaciar adapta su geometría a las condiciones atmosféricas al ser sometidas a cambios climáticos, teniendo como resultado cambios de volúmenes, áreas y longitud. En tanto cabe señalar, que la respuesta no es inmediata, sin embargo se caracteriza por un retraso típico, en donde el tiempo de respuesta depende de su tamaño y del gradiente de balance de masa. Por lo tanto,

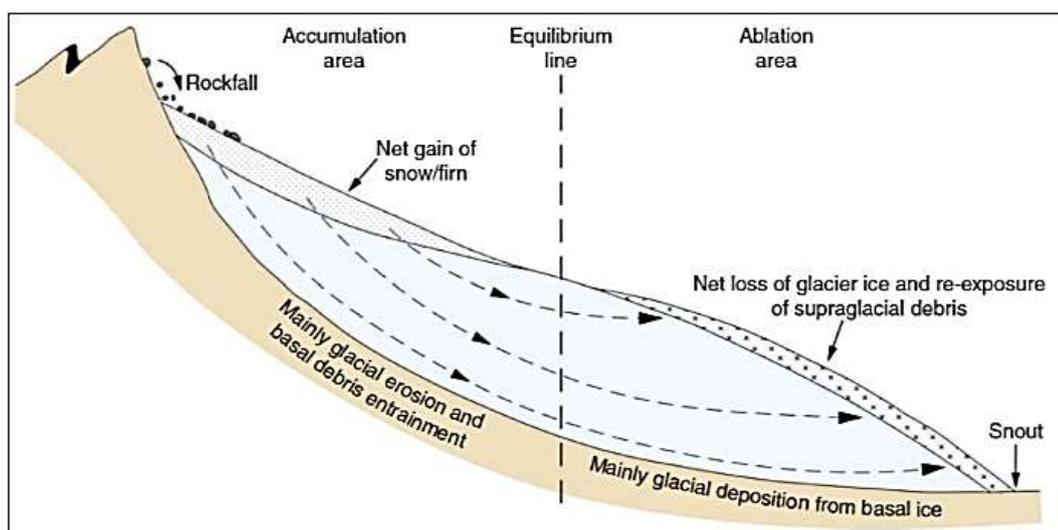
los cambios observados hoy en día son el resultado de condiciones climáticas pasadas.

Así mismo, es importante señalar que los glaciares brindan información muy valiosa en cuanto al clima y la meteorología en lugares en donde no existen estaciones meteorológicas, usualmente escasas según la altitud. En consecuencia los glaciares han sido denominados como indicadores de primera clase para el estudio del cambio climático y el monitoreo de su dinámica es de alta importancia para captar y entender los cambios del clima.

1.3.5 Evolución Glaciar

Para poder comprender la evolución del glaciar es indispensable discernir qué es un glaciar. (COLONIA Y TORRES, 2013) sostiene que un glaciar está compuesta por una masa de hielo el cual se caracteriza por ser sólida y densa ubicada en tierra firme, siendo para el caso de estudio montañas glaciares, el cual se desliza paulatinamente por el accionar de la gravedad y se alimenta por los procesos de cristalización de la nieve, donde la acumulación es mayor que la fusión, cabe señalar que el glaciar es dinámico y consta de tres partes: zona de línea de equilibrio y zona de ablación (p. 10).

Figura 1. Perfil Longitudinal y partes de un glaciar



Fuente: Adaptado de COLONIA y TORRES, 2013.

PÉREZ D, 2014) sostiene que en las últimas décadas se han realizado pocos estudios en el ámbito de montaña glaciario del Perú, poniendo énfasis a determinar la cronología y el retroceso glaciario, con la prioridad de enfatizar el cambio climático y sus repercusiones en los glaciares. Algunos de los métodos que se ciertos estudios constituyen el análisis de los registros de los núcleos del hielo y el análisis de los depósitos de morrenas durante la evolución glaciario de los cuales se han encontrado las siguientes etapas glaciares: Último Máximo Glacial (LGM), Dryas Reciente (YD), Pequeña edad del Hielo (LIA) y fluctuaciones glaciares recientes (p. 11).

(CAMPOS, 2012) sostiene que el abastecimiento del recurso hídrico surge en las zonas montañosas, en principio el agua se acumula en forma de hielo en los glaciares de montaña, en donde las temperaturas se encuentran por debajo de cero grados centígrados, y luego ser liberada gradualmente con el transcurso del tiempo. Estos vestigios de hielo que se atinan en los glaciares de cadena montañosa, actúan como un apaciguador crítico cuando la precipitación estacional es muy baja u escasa proporcionando agua al discurrir por la cuenca. No obstante, los glaciares son muy vulnerables al cambio climático, por su sensibilidad y clara respuesta al entorno, los cuales son considerados como un indicador más relevante del cambio climático (p. 11)

(GIRÁLDEZ, 2011) menciona que los glaciares tropicales han tenido un retroceso drástico desde el final del periodo pequeña edad de hielo, siendo el caso más notorios para los glaciares pequeños, debido a que alcanzan sólo una corta longitud de altitud lo cual conlleva a una pérdida de área relativamente considerable, en tanto los grandes glaciares como lo es la cordillera blanca y la cordillera real han tenido menores pérdidas. Lo anterior se evidencia por el proceso de ablación que se manifestó a lo largo del año por debajo de la línea de equilibrio de los glaciares de montaña tropicales, en donde la gradiente vertical de equilibrio implica una sensibilidad considerable en cuanto a la tendencia de formación de lenguas durante la ablación glaciario (p. 9).

(CAMPOS, 2012) afirma que para poder comprender la evolución de la montaña glacial y paleo-glacial es indispensable determinar la masa de hielo en los distintos periodos, mediante el uso de indicadores los cuales nos proporcionen las variaciones que sufrió en la cronología y su magnitud respectiva de los glaciares, siendo uno de los más deseables y el más pertinente la altitud Equilibrium Line (ELA), una isolínea que fracciona en el glaciar el área de acumulación y el área de ablación (p. 12).

Al igual, señala que los ELA en los andes tropicales se encuentran sobre los 5 000 a 5 200 m.s.n.m. en donde la temperatura oscila sobre los 0° C, sin embargo para el caso de los glaciares de montaña del Perú y Bolivia, su ELA se encuentra muy por encima del rango antes señalado y se dice que no son muy susceptibles a la temperatura, más si, a la variación en cuanto a la precipitación y la humedad, los cuales perturban la fase de sublimación.

1.3.5.1 Balance de masa Glaciar

Sostiene que el balance de masa glacial, es la apariencia más sustancial en cuanto a la investigación vinculada a la interacción del cambio climático, con la finalidad de comprender la dinámica de un glaciar, es decir si gana o pierde su respectiva masa en m³/año. Para ello es imprescindible contar con data respecto a la topografía, retroceso, ablación y acumulación anual del glaciar (MORALES, 2012, p 18).

1.3.5.2 Línea de equilibrio Glaciar

En esta parte, la línea de equilibrio hace mención al espacio límite que separa el área de acumulación del área de ablación de un determinado glaciar, el cual se caracteriza por ser oscilante, ya que dependerá directamente de las condiciones climáticas, tomando gran influencia en el balance glacial (MORALES, 2012, p 28).

1.3.5.3 Ablación Glaciar

Se dice que ablación glaciar, es el proceso mediante el cual entra en fusión el hielo del glaciar, evidenciada en el área de nieve descubierta de la lengua glaciar, a la que se denomina ablación, en donde tendrá una evolución distinta cada año, y ello dependerá de las condiciones climáticas que se presenten, así por ejemplo para el glaciar Pastoruri su relación de ablación o fusión glaciar, oscila entre 1,13 a 2.65 m de fusión glaciar año (MORALES, 2012, p 87).

1.3.5.4 Retroceso Glaciar

En esta parte, el gradual aumento de la temperatura en 0,10°C por década demuestra el retroceso de un glaciar tropical, sumado a ello las perturbaciones y disminución en cuanto a la precipitación también es un factor contribuyente en el retroceso, es por ello que el glaciar se encuentra en constante fluctuación acorde a su espesor, área y velocidad de flujo. Por ende el retroceso glaciar se justifica por el emplazamiento del frente glaciar y variaciones que coexistan en el balance de masa glaciar, provocado por el accionar del cambio climático (COLONIA y TORRES, 2013, p 12).

Así mismo (MORALES, 2012), en su investigación realizada sostiene que el retroceso de la montaña glaciar del Pastoruri oscila entre los valores 10 a 12 m año, además de señalar que la posible causa se daría por la mayor insolación del glaciar (p 87).

1.3.6 Riesgos asociados a los glaciares

(PÉREZ, 2014), En las últimas décadas es notorio observar cambios que nos señalan una disminución en cuanto al área de acumulación de las montañas glaciares lo cual induce a un balance de masa negativo, de tal manera que se produce una tendencia de retroceso glaciar evidenciado en superficie y volumen de la misma (p. 14).

(GARCÍA, 2013) En los andes, el riesgo que se les atribuye a los glaciares de montaña, son la actuación conjunta de fenómenos cuya esencia puede ser, fuerte pendiente así como la existencia de lagos alimentados por el glaciar, el cual subyace sobre material débil y poco consolidado. Un fenómeno de fusión de gran magnitud cual un lahar originado por la rotura u desborde del lago, así como también por la presencia de fuertes precipitaciones (p. 10).

En la cordillera blanca predominan un conjunto de factores los cuales lo denotan como una región de riesgo asociado a glaciares. La masa de hielo densa y sólida envuelve el pico de la montaña tropical, en donde se resguardan restos laháricos en sectores cerca del lago Llanganuco, cual un ejemplo de la subsistencia de estos fenómenos.

(GIRÁLDEZ, 2011), sostiene que los peligros asociados con respecto al retiro glaciar, es la manifestación de sucesos tales como avalanchas de hielo, así como la formación de lago glaciar e inundaciones de estos últimos, de tal manera que constituyen un potencial grave en las faldas pobladas de la montaña glaciar, así mismo pone en énfasis que las características tectónicas y glaciológicas de la cordillera blanca le atribuyen como una zona altamente vulnerable y amenazada (p. 13).

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿Existe relación entre los factores ambientales de temperatura y precipitación con la dinámica de la montaña glaciar Pastouri, Ancash - 2017?

1.4.2. Problemas específicos

a. ¿Existe relación entre la temperatura y la dinámica de la montaña glaciar Pastouri, Ancash - 2017?

b. ¿Existe relación entre la precipitación y la dinámica de la montaña glaciar Pastouri, Ancash - 2017?

1.5. Justificación del estudio

El alcance de la presente investigación, subyace en dar a conocer, una metodología, para realizar monitoreos de glaciares, tomando en cuenta la observación, análisis de cambios, y simular el comportamiento de un glaciar, frente a variaciones de temperatura y precipitación, siendo el caso de estudio, el nevado Pastoruri.

Los indicadores propiamente dichos de un glaciar, son balance de masa, volumen, área y longitud desplazada, los cuales nos facilitan un mejor análisis, sin embargo en esta investigación se toman únicamente los últimos dos parámetros, lo cual con el transcurso de los años, nos muestra una imagen clara de cómo ha ido evolucionando, u como ha sido su comportamiento del glaciar.

Por tanto, el monitoreo de glaciares es importante, y de gran interés frente a los escenarios del cambio climático, puesto que de encontrarse un retroceso glaciar de alta montaña, conlleva a un desequilibrio ambiental, ya que las condiciones atmosféricas tienen un régimen variable, y el glaciar se adapta geoméricamente frente a ello.

El presente estudio se realizó, con el propósito de conocer como inciden los factores ambientales de temperatura y precipitación sobre la dinámica de la montaña glaciar Pastoruri en el departamento de Ancash, así como también para servir como fuente bibliográfica en la investigación de temas sobre glaciares y cambio climático.

Además, se considera que con esta investigación se logrará ampliar los conocimientos sobre programas ambientales desde la perspectiva de la práctica, toma de conciencia para una gestión sostenible.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

H1: Si existe relación entre los factores ambientales de precipitación y temperatura con la dinámica de la montaña glaciar Pastoruri, Ancash - 2017.

1.6.2. Hipótesis específicos

- Si existe relación entre la temperatura y la dinámica de la montaña glaciar Pastoruri, Ancash - 2017.
- Si existe relación entre la precipitación y la dinámica de la montaña glaciar Pastoruri, Ancash - 2017.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Determinar la relación que existe entre los factores ambientales de temperatura y precipitación con la dinámica de la montaña glaciar Pastoruri, Ancash - 2017.

1.7.2. Objetivo Específicos

- a. Determinar la relación que existe entre la temperatura y el área glaciar de la montaña Pastoruri, Ancash - 2017.
- b. Determinar la relación que existe entre la temperatura y la longitud glaciar de la montaña Pastoruri, Ancash - 2017.
- c. Determinar la relación que existe entre la precipitación y el área glaciar de la montaña Pastoruri, Ancash - 2017.
- d. Determinar la relación que existe entre la precipitación y la longitud glaciar de la montaña Pastoruri, Ancash - 2017.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación no experimental

La presente investigación se ajusta a un diseño no experimental, ya que se desarrolla sin manipular deliberadamente variables, lo que hace es observar los fenómenos en su contexto natural para luego ser examinados (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 152). Por ende se recolectaran datos mediante metodologías aplicativas.

2.1.1. Tipo de estudio:

El presente estudio es Aplicada y según Cegarra (2011, p. 14) menciona: “La investigación aplicada centra su atención en la solución de problemas por encima de formular teorías [...]. Puesto que cuestiona al conocimiento básico y apunta a contar con resultados inmediatos”. La investigación se plantea de tipo descriptivo – correlacional

Explicativo

La investigación se ajusta a un tipo de estudio en donde se reseñan características y generalizan diversos fenómenos similares, a través de la exploración y descripción de una situación en un contexto natural. “Reseña rasgos y/o cualidades del objeto de estudio.” (Bernal, 2010, p. 120).

Longitudinal

La presente investigación por su temporalidad es de diseño longitudinal o también llamada evolutiva, esto debido a que dichos estudios a analizar se evaluaran en diferentes momentos con el propósito de describir las variables y analizar su incidencia e interrelación. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 154).

2.2. Metodología de la investigación

2.2.1. Las imágenes satelitales

Para determinar el nivel de evolución glaciaria en el área de estudio, se ha recurrido al uso de imágenes de satélite Landsat 5 TM, de tal manera que nos permita determinar la evolución de las masas de hielo superficial.

Las imágenes satelitales nos proporcionan información para determinar el retroceso del nevado, sin embargo con ello no se podrá determinar el espesor de la masa de hielo del glaciar.

Las imágenes satelitales que fueron empleadas para la presente investigación pertenecen a las fechas 27/06/1997, 17/06/2002, 22/05/2007, 12/06/2012, y 15/06/2016 los cuales corresponden al satélite Landsat 5 TM, el cual cuenta con 7 bandas espectrales que detallo a continuación. **(Ver anexo 1)**

2.2.2. Detección de cambios en la longitud de un glaciar

Paso 1: Determinar la longitud glaciaria actual

Delineación del área glaciaria con el SIG: la técnica se fundamenta en la diferencia de bandas espectrales de emisión por superficie, siendo el caso de estudio denotado por hielo, nieve, en diferentes longitudes de ondas, mediante la división de bandas y delimitación del glaciar mediante imagen multi-espectral (Huggel, et al, 2013, p 295).

Contando con el glaciar de estudio ya en la imagen satelital, se aplica una delineación automática de la superficie, teniendo como resultado áreas cuantificables en un SIG.

Paso 2: Determinación de la longitud glaciaria

Delineación del área glaciaria con el SIG

Paso 3: Repetir Paso 2 para los años de interés

Paso 4: Comparar la variación en cuanto a las posiciones del frente glaciar, en relación con la longitud total del glaciar (27/06/1997 al 15/06/2016) y calcular la tasa promedio anual de cambio de la longitud glaciar [%]

En tanto para determinar la longitud del glaciar siendo el caso de estudio el Pastoruri, el cual se encuentra en la cordillera blanca, se considera que la geometría glaciar cumple un rol fundamental en la respuesta dinámica del glaciar

2.2.3. Determinar el área y detectar cambios en el área glaciar

Paso 1: Determinar el área glaciar

Paso 2: Determinar el área glaciar pasado del año z

Delinear el área glaciar con el SIG

Paso 3: Repetir el paso 2 para los años de interés

Paso 4: Comparar áreas glaciares digitales de dos o más estados del glaciar de estudio

Paso 5: Calcular la tasa de cambio del área glaciar

Para el análisis de la evolución del glaciar bajo el cambio climático se considera indispensable delinear el área glaciar, siendo una técnica que se basa en la diferencia de banda espectral en cuanto a emisión por superficies en longitud de ondas, siendo para el caso la detección del glaciar en imágenes satelitales multi-espectrales (Huggel, et al, 2012, p 37). (Ver anexo 7)

2.2.4. Recopilación de datos meteorológicos

Los datos meteorológicos se sustraerán de la base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Para fines del estudio de investigación se tomó los datos de las 3 estaciones más próximo siendo las siguientes:

Tabla 1 . Emplazamiento de las estaciones meteorológicas

Estación	Coordenadas		Altitud (msnm)	Provincia	Departamento
	Lat. (S)	Long.(O)			
CHIQUIAN	10°9'0"	77°9'0"	3350	BOLOGNESI	ANCASH
CHAVIN	9°35'9.54"	77°10'30.95"	3151	CHAVIN DE HUANTAR	ANCASH
RECUAY	9°43'45.1"	77°27'13.15"	3431	RECUAY	ANCASH

Fuente: Elaboración propia, los datos fueron tomados del SENAMHI.

La recolección de la data, se da con la finalidad de tener un promedio anual de temperatura y precipitación como resultado de las tres estaciones que rodean el área de estudio. Cabe señalar que para fines de estudio práctico se optó por tomar la data de la estación RECUAY, siendo la estación más cercana al área de estudio, además de ser la estación quien posee data cronológica de los años de interés sometidas a estudio.

Así mismo con ayuda del programa ArcGis 10.3, se buscara obtener un mapa digital de temperatura y precipitación. Consecuentemente ello nos servirá para poder interpretar los periodos en donde el retroceso glaciar tuvo relación significativa sea por la temperatura o la precipitación (Ver anexo).

2.2.5. Evaluación del Proceso

Según Huggel, en su proyecto de adaptación al impacto del retroceso acelerado de glaciares en los andes tropicales (2013). Esta propuesta es orientativa y totalmente flexible a las características de estudio planteado. Para el estudio se plantea lo siguientes etapas:

Determinar el glaciar de estudio

Determinar la pregunta de investigación

Conocer la base de datos
Seleccionar el enfoque de modelamiento:
Modelos de índice de temperatura
Pre-procesamiento y análisis de los datos
Diseño del modelo y programación
Modelamiento
Calibración y validación del modelo
Interpretación de los resultados

2.3 Temporalidad:

La investigación dada su temporalidad es transversal puesto que se va a recopilar la prevalencia de la exposición y el efecto en una muestra poblacional en un tiempo único (Hernández, Fernandez y Baptista, 2014, p. 154).

2.4 La Unidad de Análisis:

Ambientes de trabajo: Montaña glaciario en estudio

- Geográficas: Ubicadas en el departamento de Ancash.
- Temporales: Se tubo una duración de cuatro meses para los resultados.
- Demográficas: La montaña glaciario a estudiar es sólo el Pastoruri.

2.5. VARIABLE OPERACIONALIZACION

Tabla 2. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN
Factores Ambientales	Se manifiesta por procesos internos naturales o a forzamientos externos, y le es atribuible a las actividades antrópicas que alteran la composición de la atmosfera y la variabilidad climática atribuible a causas naturales (IPCC, 2014, p 26).	La variable factores ambientales sera evaluado, mediante las dimensiones variabilidad térmica, así como por el nivel de precipitación, en donde cada una es variable independiente una de la otra.	Variabilidad Térmica	Temperatura	°C
			Nivel de Precipitación	Lluvias	mm
Dinámica Glaciar	² Consiste en los cambios de la extensión y geometría a la que está sometida un glaciar, dando como respuesta a las condiciones climáticas, por ende yace su importancia en el análisis de impactos del cambio climático en los glaciares. (Huggel, et al, 2015, p 274).	La variable dinámica glaciar, será evaluada, mediante la dimensión nivel de evolución glaciar, el cual es una variable dependiente, puesto que ha de depender, de la temperatura, así como de la precipitación.	Nivel de Evolución Glaciar	Imágenes Satelitales	Pixel
				Cambio de longitud del Glaciar	m3
				Cambio de área del Glaciar	m2

Fuente: Elaboración propia, 2016

2.6 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

2.6.1 Población:

La población estudiada es tomada por el control de las variables en estudio puesto que se toma en la Cordillera Blanca situada en el departamento de Ancash.

Según el ANA, en su publicación: Inventario nacional de glaciares y lagunas (2014), en julio del mismo año sostiene que la Cordillera Blanca, alberga un total de 755 glaciares, cadena montañosa que constituye el 70% de glaciares tropicales (p 22).

2.6.2 Población Accesible:

La población se encuentra accesible para la toma de datos puesto que se encuentra designada como un área natural protegida (ANP), ubicada en el Parque Nacional Huscaran, acorde a los lineamientos del D.S. N° 010-2015-MINAM en su primer artículo cita, todo documento será de trámite gratuito para fines de investigación en las ANPs.

2.6.3 Muestra:

La muestra tomada es objetiva y directa, siendo el nevado Pastoruri representando un 0.13% del total de los glaciares ubicados en la cordillera Blanca (ANA, 2014, p 22).

2.6.4 Selección de la Muestra:

Muestreo intencional: Este tipo de muestreo se realizó porque se conoce bien la población y por conveniencia.

2.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.7.1. Técnicas e instrumentos de Recolección:

Técnica de Observación:

La observación es una técnica al igual que otras estrategias en donde se establece relación con el investigador y el resultado durante la recolección de datos y se fundamenta en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o manifestaciones. Usualmente es empleada como instrumento de medición dada las circunstancias de estudio, de tal manera que el método indica el camino a seguir y la técnica te lleva el recorrido (Hernández, Fernandez y Baptista, 2014, p. 174).

2.7.2. Validación y Confiabilidad del Instrumento:

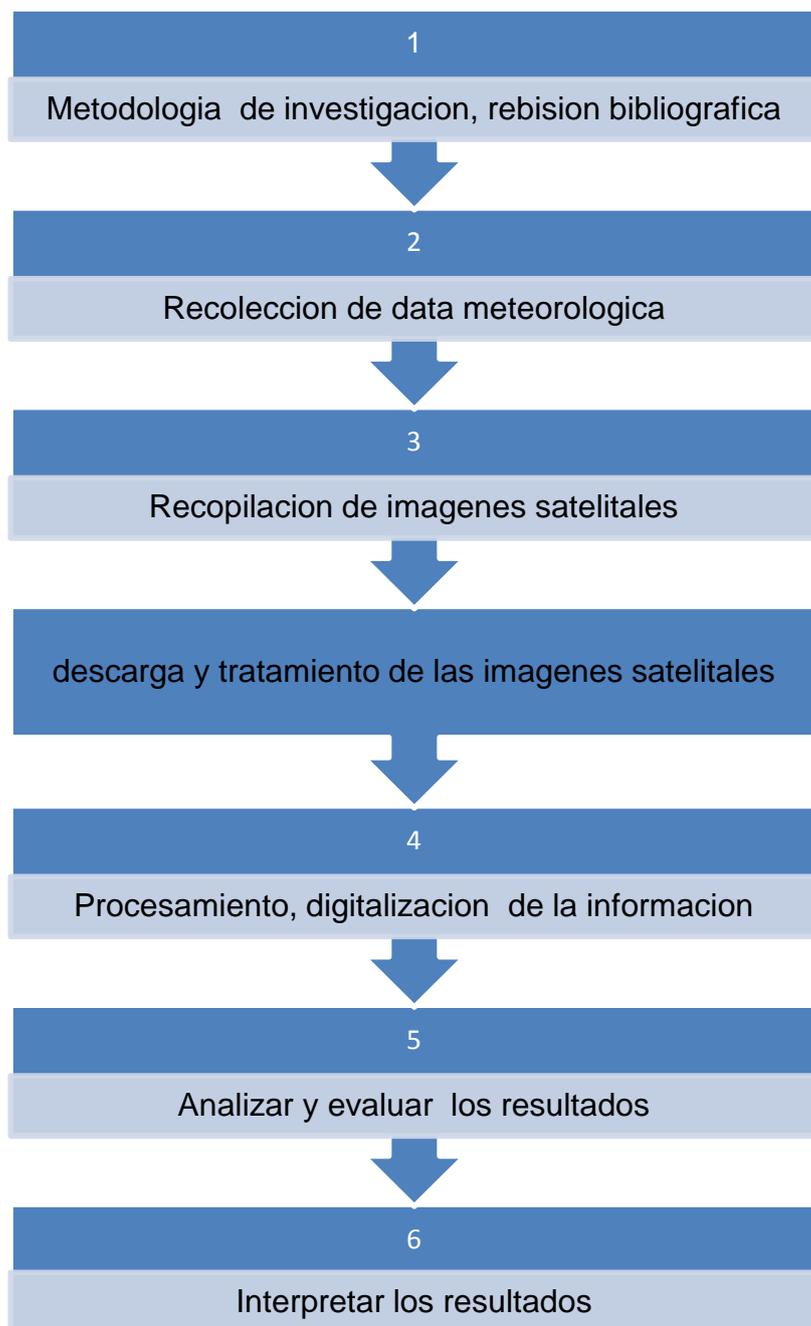
La validación de los instrumentos de recolección de datos fue realizado por tres expertos, dando un promedio de 92.33 % , así mismo la prueba de confiabilidad de la misma da como resultado 0.857, lo cual se considera aceptable la confiabilidad de mis instrumentos. Se verifica en el anexos.

2.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Los análisis de datos son evaluados e interpretados según sean cualitativa y cuantitativa como muestran los instrumentos empleados.

Flujograma de investigación:

Se da a conocer las etapas realizadas en la investigación así como los programas utilizados para evaluar el comportamiento del nevado glaciar Pastoruri.



III. RESULTADOS

Los glaciares son denominados como indicadores para la observación del cambio climático, motivo por el cual, conocer sus tendencias resulta imprescindible para establecer y estudiar su dinámica.

El objetivo de este proyecto fue determinar la relación que existe entre los factores del cambio climático y la dinámica de la montaña glaciar Pastoruri. Para lograr ello, a continuación se dan a conocer los resultados obtenidos mediante la delimitación glaciar y su superficie, tendencias de la precipitación, temperatura.

3.1 Proceso evolutivo del glaciar Pastoruri

Se muestra la siguiente tabla con datos que reflejan el área de masa glaciar del nevado Pastoruri, siendo el estudio práctico tomado por un periodo de 20 años, para lo cual se apoyó en las imágenes satelitales denotando los resultados obtenidos, y en donde se observa una pérdida de masa gradual anualmente, y es más enmarcada al ser reportada cada 5 años, los cuales están señaladas en la tabla n°3.

Tabla 3. *Proceso evolutivo de la dinámica del glaciar cronológico*

AÑOS	TIPO	AREA (Ha)	REGRESION (%)	PORCENTAJE (%)
1997	LANDSAT 5	237.092867	0.00	100.00
2001	LANDSAT 5	234.495989	98.90	1.10
2002	LANDSAT 5	216.730264	91.41	8.59
2003	LANDSAT 5	202.961126	85.60	14.40
2005	LANDSAT 5	186.87663	78.82	21.18
2007	LANDSAT 5	180.845061	76.28	23.72
2009	LANDSAT 5	186.934676	78.84	21.16
2011	LANDSAT 7	183.72265	77.49	22.51
2012	LANDSAT 7	197.036916	83.11	16.89
2013	LANDSAT 8	174.28255	73.51	26.49
2015	LANDSAT 8	152.888207	64.48	35.52
2017	LANDSAT 8	185.363122	78.18	21.82

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla n° 3 es el resultado de la aplicación del Sistema de Información Geográfica, procesada por las imágenes Landsat TM, en el software Arc Gis, en donde se puede apreciar con precisión y como ha ido manifestándose el comportamiento del glaciar, en función a su área de masa glaciar del nevado Pastoruri, para los años sometidos en evaluación. En donde se aprecia una regresión, así como también se ve una recuperación del área glaciar para los años 2012 y el 2016.

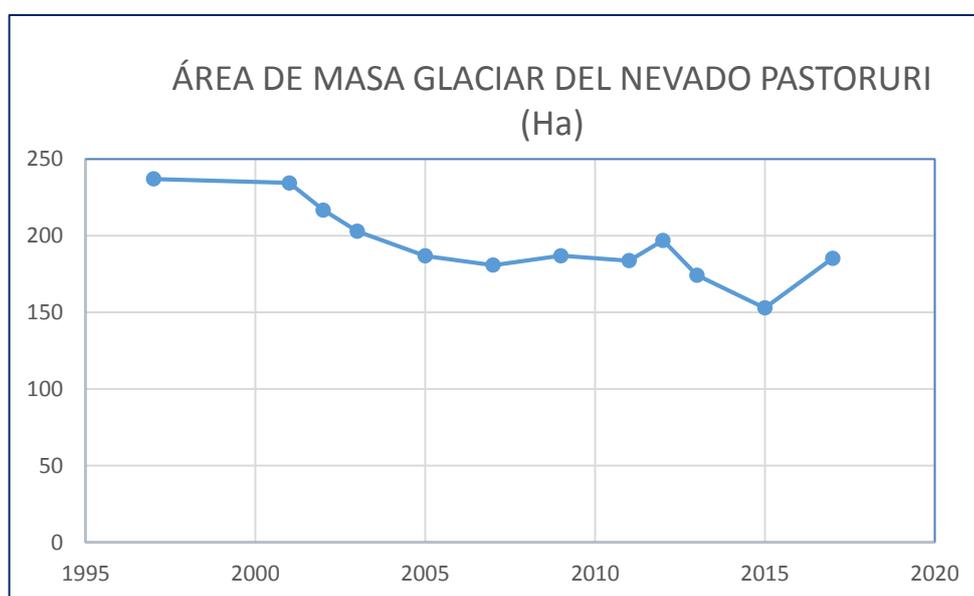


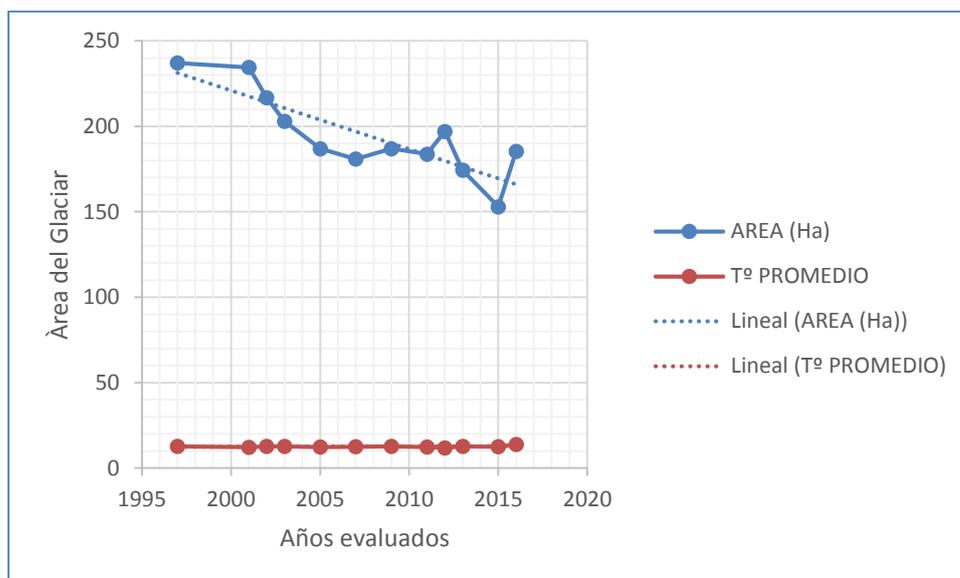
Figura 2. *Proceso evolutivo de la dinámica del glaciar cronológico*

Fuente: Elaboración Propia

Es claro observar la Figura n° 2, y apreciar que en el periodo evaluado 1997 al 2016, va decreciendo el área de masa glaciar del nevado Pastoruri, la cubierta glaciar ha ido disminuyendo notoriamente, sugiriéndonos una idea que de seguir el mismo patrón u comportamiento, se pueda observar sólo un lecho rocoso sin cobertura glaciar en un plazo no muy lejano, conllevando a un déficit en cuanto al recurso hídrico y las posibles consecuencias para la cuenca misma.

3.2 La asociación que existe entre la temperatura y el área glaciar de la montaña Pastoruri, Ancash - 2017, es negativa, inversamente proporcional, lo cual se traduce a mayor temperatura que se manifieste en el área donde subyace el glaciar, menor ha de ser su área de masa glaciar.ver Figura 3.

Figura 3. Relación Existente entre la Temperatura y el Área



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla n°4 se exponen a detalle el comportamiento de las variables temperatura en donde se aprecia temperaturas promedio anuales que oscilan entre 8.80 a 10.80 °C/ así como también es claro apreciar la reducción del área glaciar de 237,093 ha a 185, 36 ha en un periodo de 19 años, sin embargo es claro precisar que los datos son escasos, no obstante su consigna es específica y de precisión para la etapa cronológica sometida a estudio.

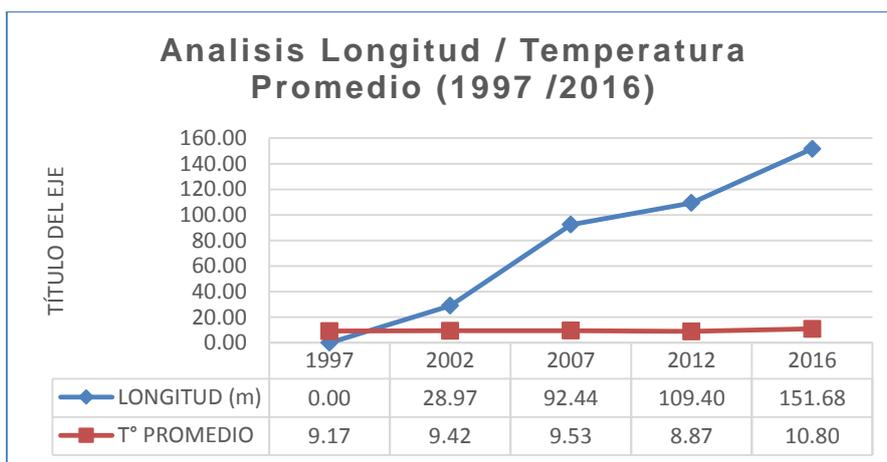
Tabla 4. *Relación Existente entre la Temperatura y el Área en el nevado Pastoruri.*

Análisis del área glaciar y la temperatura					
AÑOS	TIPO	AREA (Ha)	T° Maxima	T° Minima	T ° Promedio
1997	LANDSAT 5	237.092867	21.03	-2.70	9.17
2001	LANDSAT 5	234.495989	20.25	-2.00	9.13
2002	LANDSAT 5	216.730264	20.33	-1.50	9.42
2003	LANDSAT 5	202.961126	21.11	-0.80	10.16
2005	LANDSAT 5	186.87663	21.08	-2.80	9.14
2007	LANDSAT 5	180.845061	20.86	-1.80	9.53
2009	LANDSAT 5	186.934676	20.10	-0.80	9.65
2011	LANDSAT 7	183.72265	20.60	-3.00	8.80
2012	LANDSAT 7	197.036916	19.54	-1.80	8.87
2013	LANDSAT 8	174.28255	20.88	-1.40	9.74
2015	LANDSAT 8	152.888207	21.79	-3.90	8.95
2017	LANDSAT 8	185.363122	23.00	-1.40	10.80

Fuente: Elaboración Propia

3.3 En el Figura n° 4 se puede apreciar que existe asociación positiva entre la variable temperatura y la longitud glaciar de la montaña Pastoruri, Ancash - 2016, según lo conjetura el análisis realizado, sin embargo cabe preciar que los datos son escasos, no obstante la tendencia es marcada según los años sometidos a análisis.

Figura 4. *Análisis Longitud / Temperatura en el nevado Pastoruri*



Fuente: Elaboración Propia

La Figura N° 4, nos muestra un comportamiento positivo en cuanto a la longitud desplazada, bajo temperaturas anuales promedio que oscilan entre 8.87 a 10.80 °C, en donde el glaciar ha presentado un pico máximo para el año 2002 - 2016, sugiriéndonos una idea que de seguir el mismo patrón conlleva a su reducción del glaciar.

Tabla 5. *Análisis Longitud / Temperatura*

AÑOS	LONGITUD DESPLAZADA	TEMPERATURA PROMEDIO °C
1997	0	9.17
2002	28.97	9.42
2007	92.44	9.53
2012	109.40	8.87
2016	151.68	10.80

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 5, recopila información de longitud desplazada a una temperatura respectiva, en donde se toma como año base a 1997 el cual es sometido a estudio, del cual los años siguientes muestran gradual desplazamiento, siendo el año 2016 con 151.68 m a una temperatura de 10.80 °C, al igual que la temperatura promedio muestra una tendencia creciente gradual que fluctúa entre 8.87 a 10.80 °C, para el periodo evaluado.

3.4 La Figura N° 5, responde a una asociación de proporcionalidad inversa, nos detalla una tendencia positiva de precipitación promedio anual, así como una tendencia negativa del área glaciar de la montaña Pastoruri, Ancash - 2016, lo cual significa que a mayor precipitación en forma de lluvia menor área de masa del glaciar, esto se fundamenta debido a que la razón principal es el incremento de las condiciones atmosféricas, generando un desbalance en cuanto al equilibrio glaciar. Ver tabla 6.

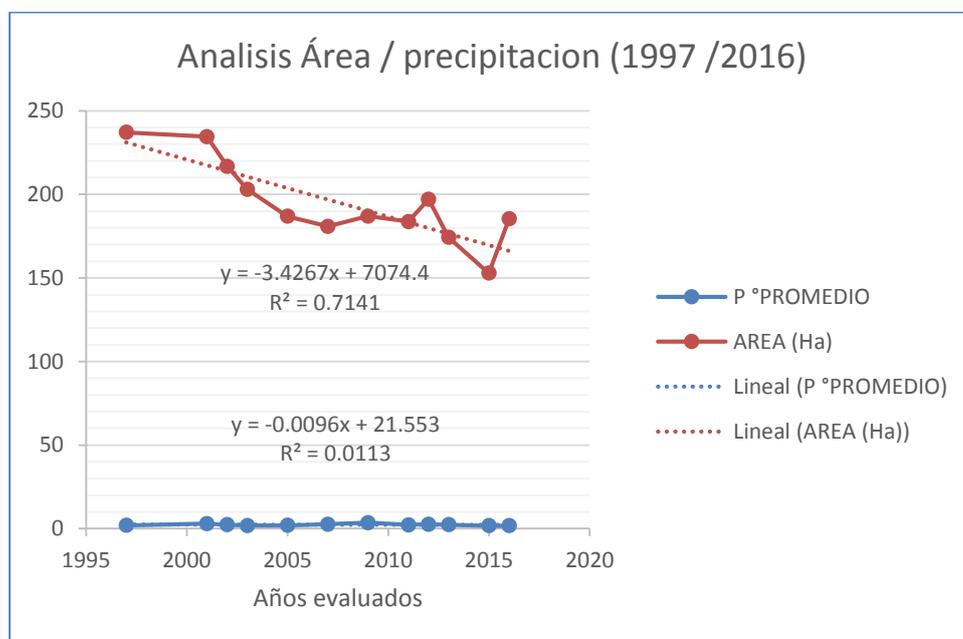
Tabla 6. *Análisis de la precipitación / Área glaciar anual*

PRECIPITACION RECUAY (mm)				
AÑOS	MINIMA	MÁXIMA	PROMEDIO	AREA (Ha)
1997	0	28.9	1.95	237.092867
2001	0	29.4	2.95	234.495989
2002	0	38.8	2.36	216.730264
2003	0	19.4	1.88	202.961126
2005	0	32.4	1.95	186.87663
2007	0	33	2.59	180.845061
2011	0	29.5	2.25	183.72265
2012	0	38.3	2.57	197.036916
2013	0	31.4	2.33	174.28255
2015	0	22.6	1.76	152.888207
2016	0	25.70	1.71	185.363122

Fuente: Elaboración Propia

Es claro apreciar la tabla 6, y contemplar datos de precipitación pluvial promedio anual que oscilan entre 0 mm como dato mínimo, y 38.8 mm como registro máximo durante el periodo 1997 al 2016, en que se evalúa el comportamiento del nevado Pastoruri.

Figura 5. *Análisis Área / Precipitación del nevado Pastoruri*



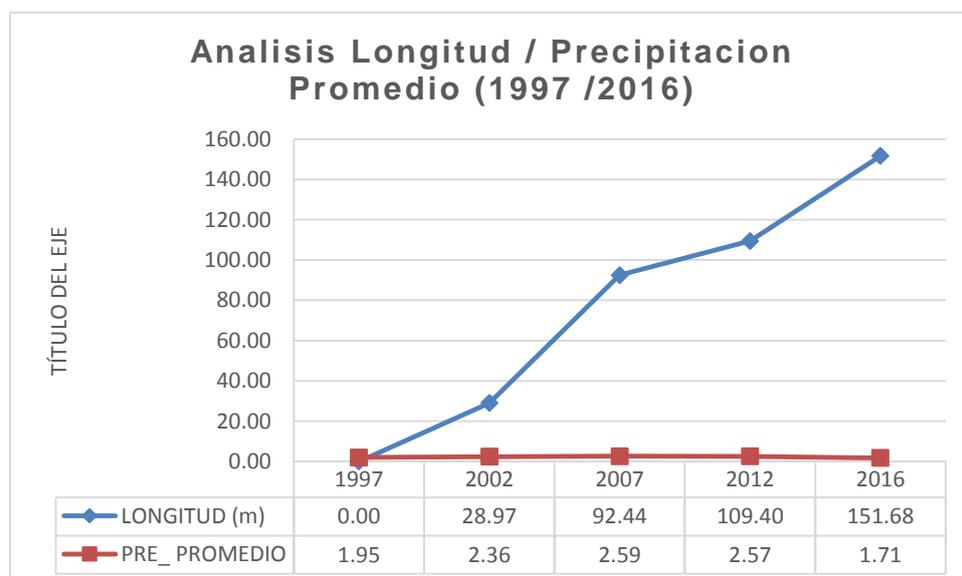
Fuente: Elaboración Propia

La figura 5, nos muestra al detalle que durante del periodo 1997 al 2016, el área del nevado Pastoruri fue decreciendo, al igual que la precipitación pluvial promedio anual oscilo entre 1.71 mm a 3.6 mm.

Las precipitaciones sobre el glaciar y mantenerlas en equilibrio deben darse en forma de nieve, sim embargo, al manifestarse en presencia de lluvias, juega en contra para su balance de masa, pues la superficie gris absorbe energía, en tanto si la cubierta es nieve, la radiación solar se refleja.(revista el Universo, pg 1).

3.5 La figura 6, responde a una asociación directa, en donde existe relación positiva entre la precipitación y la longitud desplazada del glaciar de la montaña Pastoruri, Ancash - 2016. Ello resume que el desplazamiento de la longitud de masa glaciar depende de la frecuencia en que se manifieste la precipitación pluvial, de tal manera que la precipitación alimente la zona de acumulación del glaciar en forma de nieve, manteniendo así de esta manera el equilibrio el glaciar..

Figura 6. Análisis Longitud / Precipitación del nevado Pastoruri



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7. Recopilacion de datos entre Longitud / Precipitacion

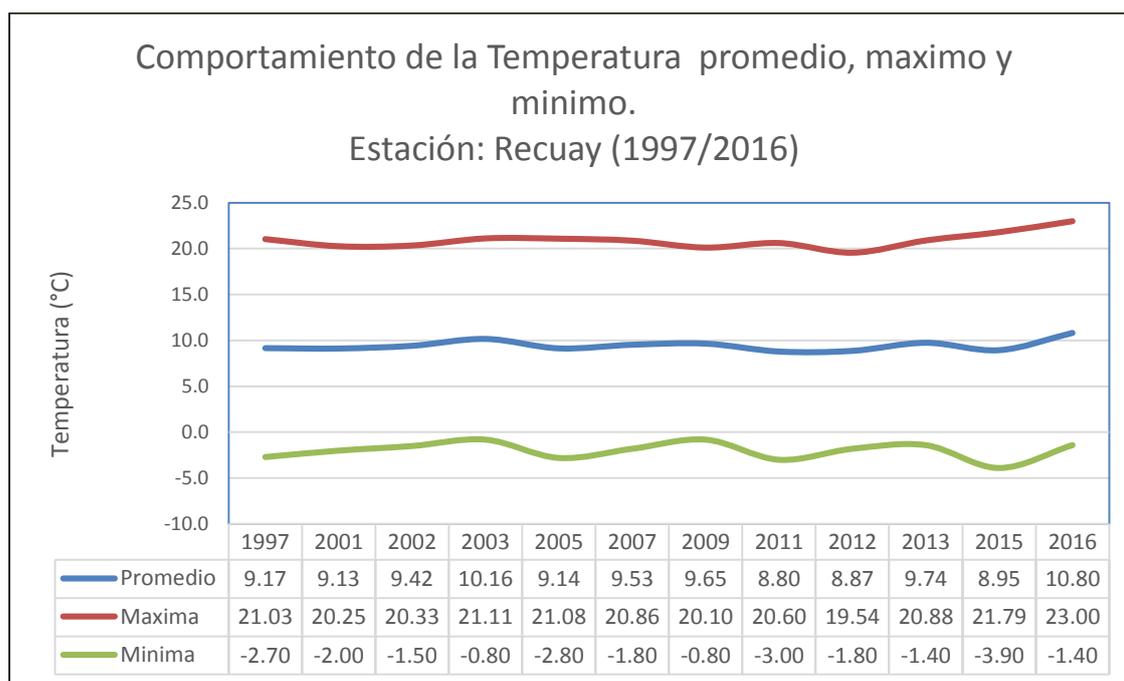
AÑOS	LONGITUD DESPLAZADA (m)	PRECIPITACION (mm)
1997	0	1.95
2002	28.97	2.36
2007	92.44	2.59
2012	109.40	2.57
2016	151.68	1.71

Fuente: Elaboración Propia

Es claro observar en la tabla 7 que del total de años evaluados durante el periodo 2012 – 2016 se manifestó un desplazamiento negativo gradual en cuanto a longitud, de un valor máximo 151.658 m para el año 2016, a una precipitación de 1.71 mm en donde se toma como base el año 1997.

3.6 El comportamiento de la temperatura promedio anual evaluados desde los años 1997 al 2016 registrados en la estación Recuay, describe una temperatura promedio anual máxima de 10.80 °C para el año 2016, una temperatura promedio anual mínima de -3.90 °C, en el año 2015, tal cual se detalla en la figura 7.

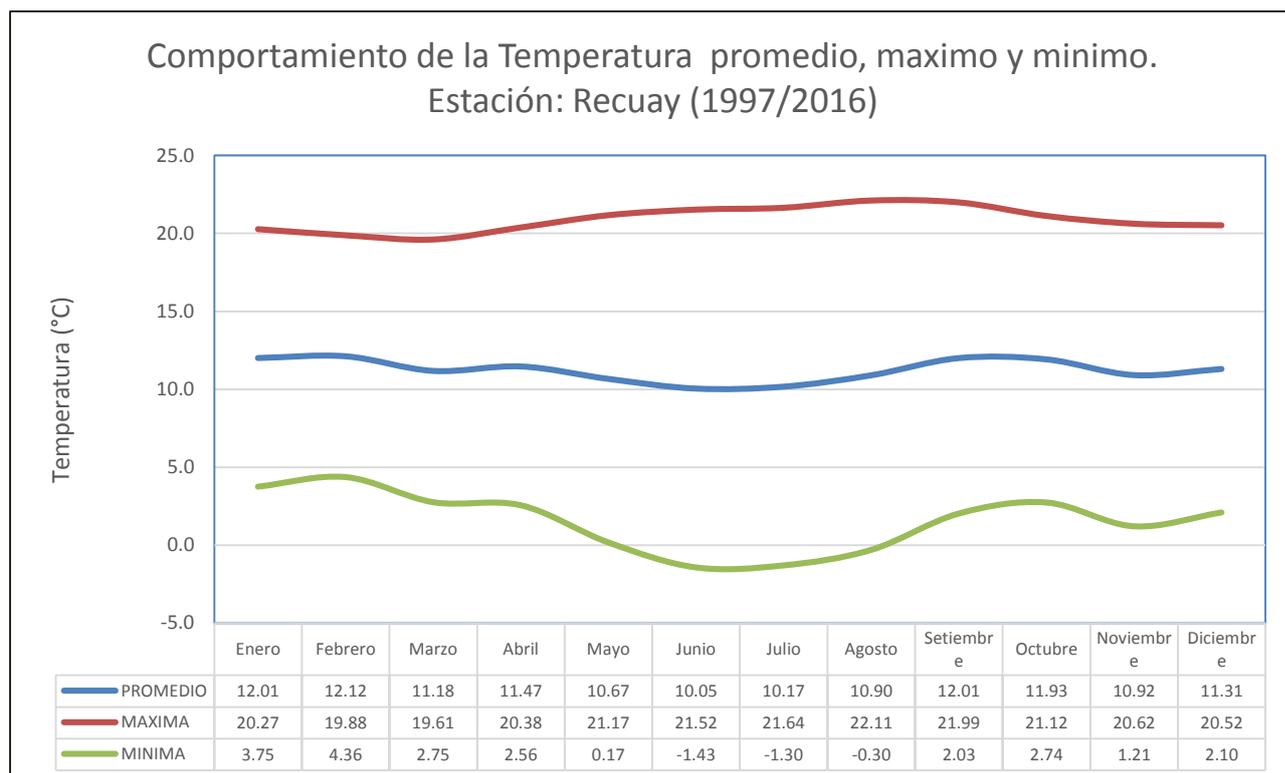
Figura 7. Comportamiento de la temperatura promedio anual (1997 / 2016)



Fuente: Elaboración Propia

3.7 Comportamiento de la temperatura promedio mensual evaluados desde los años 1997 al 2016 registrados en la estación Recuay, en donde se describe una temperatura promedio máxima de 22.11 °C en el mes de Agosto, una temperatura promedio mínima de -1.43 °C, para el mes de Junio, Julio tal cual se detalla en la figura 8.

Figura 8. Comportamiento la temperatura promedio mensual (1997 / 2016).



Fuente: Elaboración Propia

Los valores que consigna, la tabla 8, con los cuales se trabajo la investigación, es data sustraída del Senamhi, de la estación Recuay. Estacion en actividad continua y mas próxima al nevado Pastoruri. Ver tabla 8.

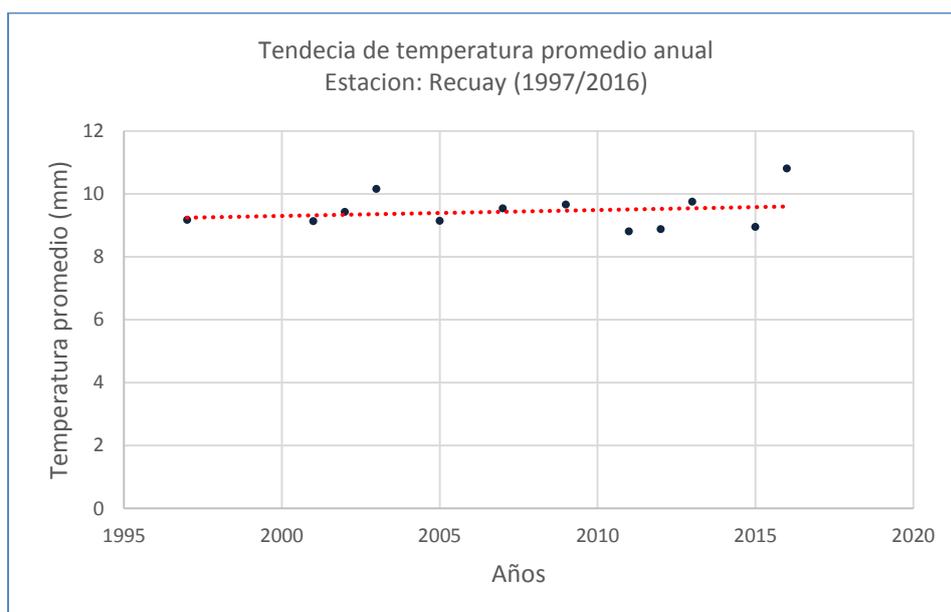
Tabla 8. Datos de temperatura recolectadas de la estación meteorológica Recuay

TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL (1997/2016)			
Meses	MAXIMA	MINIMA	PROMEDIO
Enero	20.27	3.75	12.01
Febrero	19.88	4.36	12.12
Marzo	19.61	2.75	11.18
Abril	20.38	2.56	11.47
Mayo	21.17	0.17	10.67
Junio	21.52	-1.43	10.05
Julio	21.64	-1.30	10.17
Agosto	22.11	-0.30	10.90
Setiembre	21.99	2.03	12.01
Octubre	21.12	2.74	11.93
Noviembre	20.62	1.21	10.92
Diciembre	20.52	2.10	11.31

Fuente: Elaboración Propia

3.8 La tendencia de la temperatura promedio anual, sometida a estudio durante el periodo 1997 al año 2016, muestra ser una línea creciente, en donde pone en manifiesto el incremento gradual de la temperatura, en donde los valores de temperatura oscilan entre 8.80 a 10.80 ° C, tal como lo denota el siguiente Figura 9.

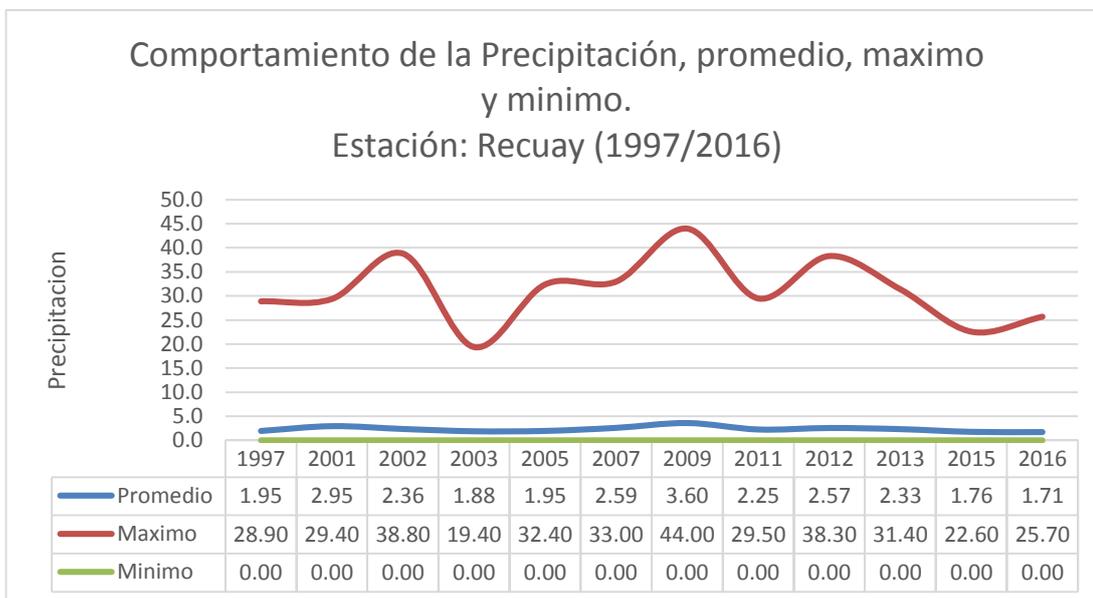
Figura 9. Tendencia de la temperatura promedio anual en el nevado Pastoruri



Fuente: Elaboración Propia

3.9 Comportamiento pluviométrico registrada en la estación Recuay, denotado con los promedios anuales evaluados desde los años 1997 al 2016, en donde se describe una precipitación máxima de 44 mm, una precipitación mínima de 0 mm, durante el periodo sometido a evaluación, tal cual se detalla en la figura 10. Al igual que dicho comportamiento nos indica que hubo mayor precipitación durante el año 2009, e índice de precipitación escasa para el año 2003.

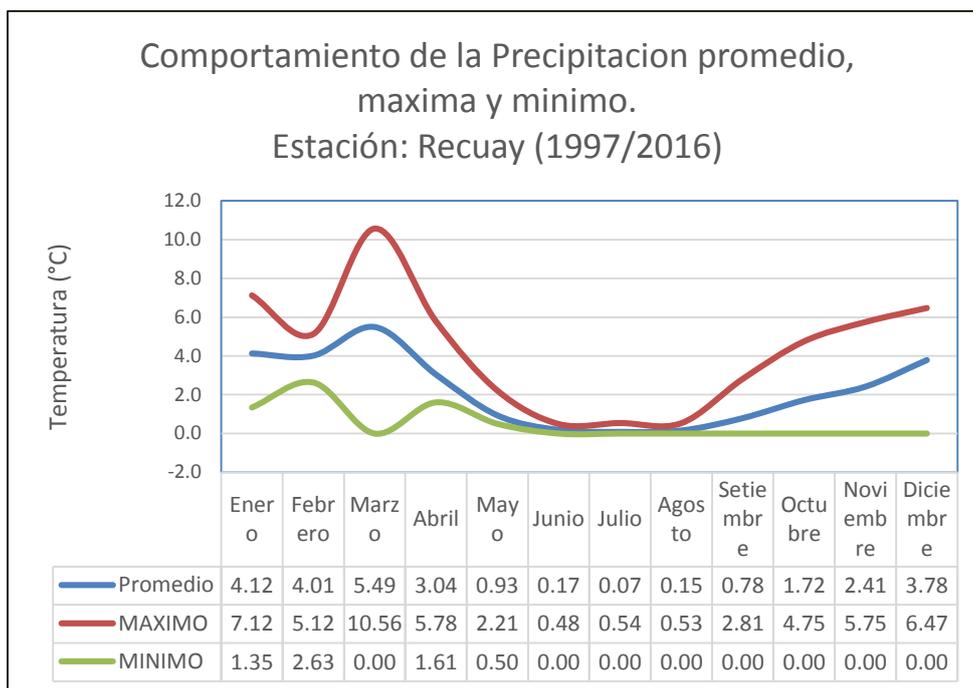
Figura 10. Comportamiento pluviométrico promedio anual (1997 / 2016).



Fuente: Elaboración Propia

3.10 En la figura 11, El comportamiento pluviométrico registrada en la estación Recuay, denotado con los promedios anuales evaluados desde los años 1997 al 2016, en donde se describe una precipitación acumulativa mensual máxima para el mes de marzo, para luego ir disminuyendo gradualmente hasta llegar a una precipitación mínima para el mes de Junio, Julio, y Agosto, para luego nuevamente ir incrementándose gradualmente en el mes de Septiembre en adelante.

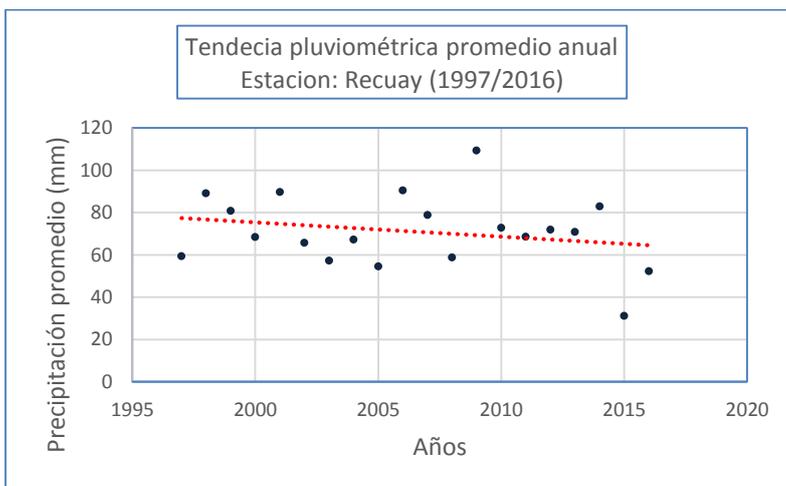
Figura 11. *Tendencia pluviométrica promedio anual (1997 / 2016).*



Fuente: Elaboración Propia

3.11 La tendencia pluviométrica promedio anual, muestra una línea decreciente, lo cual significa una disminución gradual en cuanto a la precipitación en función a los años sometidos a estudio, el cual consigna el periodo 1997 al 2016. Ver figura 12.

Figura 12. *Tendencia pluviométrica promedio anual (1997 / 2016).*



Fuente: Elaboración Propia

IV. DISCUSSION

En la presente investigación se han utilizado herramientas SIG (ArcGIS) y datos cartográficos, así como también imágenes satelitales, con la finalidad de estudiar la evolución u comportamiento de la montaña glaciar Pastoruri, nevado situado en la Cordillera Blanca, sometiendo a estudio el periodo 1997 hasta el año 2016.

Así mismo pongo en conocimiento, la aplicación de estas técnicas de información geográfica han hecho posible reconocer la relación que coexiste entre los factores ambientales del cambio climático y la dinámica de la montaña glaciar Pastouri, denotado en la variación en superficie, y el comportamiento de dicho glaciar.

En la investigación realizada por ABUDU S, et al, 2012. Se sostiene que la temperatura es uno de los principales factores ambientales del cambio climático que dominan el proceso de deshielo de un glaciar. De manera que en esta investigación, se determinó, la asociación que existe entre la temperatura y el área glaciar de la montaña Pastoruri, para el periodo 1997 al 2016, sin embargo es débilmente positiva en términos estadísticos, al ser tomado datos anuales cada 5 años, en donde someto a evaluación la temperatura como variable independiente, así mismo el área como variable dependiente, el resultado obtenido, es una asociación inversamente proporcional, en donde los valores de temperatura oscilan entre 8.80 a 10.80°C, y el área glaciar del nevado Pastoruri, presenta una pérdida de alrededor de 51.730 ha, en el periodo 1997 -2016.

La investigación realizada por GIACCONE E, et al, 2015. En donde sostiene que la temperatura afecta directamente la dinámica evolutiva del glaciar, el cual se manifiesta a través de un aumento de ablación y la entrada reducida de nieve, de igual modo, en la presente investigación se determinó que, la asociación que existe entre la temperatura y la longitud desplazada del glaciar en la montaña Pastoruri, para el periodo 1997 al 2016, es positiva y es reflejada en los cambios que ha sufrido, para lo cual se sometió a evaluación datos anuales cada 5 años, entendiéndose la temperatura como variable independiente, en donde sigue una tendencia creciente tomando valores promedio anuales que fluctúan entre 8.80 a 10.80°C, y se tiene como variable dependiente la longitud desplazada, al igual que la temperatura el cual también sigue una tendencia positiva, tomando como inicio

el año 1997, al 2016 se desplazó un promedio de 151.68 m, el cual fue gradual y bien marcada, lo cual nos alude que a mayor temperatura mayor será la longitud desplazada del glaciar.

Se determinó que, la asociación que existe entre la variable precipitación y el área glaciar es inversamente proporcional, siendo la primera independiente y la segunda dependiente, en el que se aprecia, un retroceso gradual del área glaciar del nevado Pastoruri, para el periodo 1997 al 2016, en tanto la precipitación pluvial promedio anual oscilan entre 0 mm como dato mínimo, y 38.8 mm como registro máximo, en el periodo evaluado, de tal manera que el área va en descenso, mientras que la precipitación va ligeramente en aumento, cuyos valores promedios anuales oscilan entre 1.71 mm a 3.6 mm, siendo el primero, registro para el año 2016, y el último para el año 2009.

Así mismo, se pone en conocimiento, la investigación realizada por MENG F, et al, 2016. En donde sostiene que las variaciones evolutivas de los glaciares estudiados son resultado de la incidencia tanto de las precipitaciones como la radiación solar influenciada por el cambio climático, así mismo es pertinente considerar que los ajustes topográficos conllevan a una relación en cuanto a la captación y alimentación del glaciar y responder a los procesos de reflexión en las variaciones climáticas.

La investigación realizada por JIAN-PING Y, et al, 2016, sostiene que los glaciares de las montañas de China presentan vulnerabilidad al cambio climático con una tendencia decreciente, así mismo, las continuas variaciones en cuanto a las precipitaciones son un patrón crucial que incide directamente en la vulnerabilidad de los glaciares frente al cambio climático. De manera que es cierto, y el glaciar Pastoruri también sigue dicha tendencia, puesto que se determinó que, la asociación que existe entre la precipitación y la longitud desplazada en glaciar de la montaña Pastoruri, para el periodo 1997 al 2016, se manifestó un desplazamiento negativo gradual en cuanto a longitud, de un valor máximo 151.658 m para el año 2016 considerando 1997 el año referencial, a una precipitación promedio de 1.71 mm, conllevando a un desbalance del equilibrio glaciar.

V. CONCLUSIONES

La presente investigación se ha centrado en analizar la montaña glaciar del Pastoruri, situada en la Cordillera Blanca cuyos resultados han permitido interpretar de forma cuantitativa el estado actual de dicho glaciar y su evolución histórica desde el año 1997 periodo al 2016. En definitiva, las principales conclusiones derivadas del presente estudio son las siguientes:

De acuerdo al objetivo general se concluye que:

En el presente trabajo obtenemos como resultado que si existe asociación entre los factores ambientales del cambio climático y la dinámica de la montaña glaciar Pastoruri, habiéndose tomado para el caso de estudio la temperatura y precipitación, como variables independientes, y el área así como la longitud desplazada respecto al glaciar como variables dependientes,

Partiendo de la delimitación de la montaña glaciar Pastoruri, fue calculada y comparada sus áreas en función a los años sometidos a evaluación. Los resultados arrojan que la superficie de masa glaciar en el primer año de estudio 1997 contaba con un alrededor de 237.092867 (ha). En tanto con lo que respecta al año 2016, la montaña glaciar Pastoruri alberga una superficie de masa glaciar 185.363122 (ha). Lo cual equivale al 78 % de área del año 1997, lo cual quiere decir que se ha perdido el 22 % de área restante, a lo largo de estos 19 años transcurridos.

De acuerdo a los objetivos específicos se concluye que:

Si existe asociación entre las variables temperatura y área del glaciar, así como también lo es al ser tratada con la longitud desplazada, ya que se someten a un mismo comportamiento, siendo la primera variable independiente y las últimas dependientes, lo cual se traduce de manera directamente proporcional, a un incremento de temperatura gradual, el glaciar dará como respuesta una mayor área de retroceso, así como una mayor longitud desplazada, en donde para ambos escenarios se trabaja con la temperatura promedio anual cuyos valores fluctúan entre 8.80 a 10.80°C durante el periodo 1997 al 2016,

Si existe asociación entre las variable precipitación y área del glaciar, así como también lo es al ser tratada con la longitud desplazada, ya que se someten aun mismo comportamiento, siendo la primera variable independiente y las últimas dependientes, lo cual se traduce de manera directamente proporcional, a un descenso de precipitación gradual, el glaciar dará como respuesta una mayor área de retroceso., así como una mayor longitud desplazada, en donde para ambos escenarios se trabaja con la precipitación promedio anual cuyos valores fluctúan entre 1.71 a 3.6 mm durante el periodo 1997 al 2016,

Por otro lado la tendencia de la temperatura promedio anual, sometida a estudio durante el periodo 1997 al año 2016, es una línea creciente, en donde pone en manifiesto el incremento gradual de la temperatura, cuyos valores de temperatura oscilan entre 8.80 a 10.80 ° C, así mismo, el comportamiento de la temperatura promedio anual registrados en la estación Recuay, describe una temperatura promedio anual mínima de -3.90 °C, en el año 2015, así como también se cuenta con valores promedio mensuales en donde se describe una temperatura promedio máxima de 22.11 °C en el mes de Agosto, una temperatura promedio mínima de -1.43 °C, para el mes de Junio.

Así mismo la tendencia de la precipitación promedio anual, sometida a estudio durante el periodo 1997 al año 2016, es una línea decreciente, en donde pone en manifiesto el descenso gradual, cuyos valores de precipitación oscilan entre 0 mm como dato mínimo a 44 mm, cabe señalar, el comportamiento del promedio anual registrados en la estación Recuay, describe una precipitación promedio mensual mínima de 0 mm para los meses de Junio, Julio, Agosto, y de hoy en adelante tiende a equilibrarse.

VI. RECOMENDACIONES

La investigación llevada a cabo, de ser posible debe tomar el aporte de muchos mas parámetros en cuanto a los factores ambientales, como incluir las variables gases de efecto invernadero (GEI), incertar el tema del hollín, debido a que solo se esta considerando para esta presente investigacion, la temperatura, precipitación, por motivos de factibilidad económica, asi como también por ser proyecto de corta duración.

En el tema de investigación relacionado a glaciares es importante recabar información y evaluar su comportamiento por un largo periodo, es importante tomar en cuenta el análisis de balizas, con los cuales se realiza un monitoreo que nos describe el comportamiento del glaciar. Asi mismo ello nos brinda información para identificar la línea de equilibrio glaciar, la zona de ablación, asi como también la zona de acumulación.

Asi mismo es importante contar con imágenes satelitales secuenciales, de ser posible cada 5 años, el por que radica en que gracias a ello se podrá observar los cambios evolutivos que surgen en un glaciar de manera muy marcada, la cuestión subyace en que a mayor data recolectada, mas eficiente será el resultado que se busca obtener.

En cuanto a la adquisición de las imágenes satelitales, es importante reconocer el área de estudio, de tal manera que es imprescindible saber las temporadas de lluvia asi como también las temporadas secas, y es esta última la mas importante, puesto que en dicha temporada no habrá presencia de nubes, que puedan interferir y opacar la imagen satelital que se busca obtener de un determinado área de trabajo.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA:

Autoridad nacional del agua (ANA). Inventario de glaciares del Perú [en línea].Peru:2014 disponible en

<http://www.ana.gob.pe/media/981508/glaciares.pdf>

Application of snowmelt runoff model (SRM) in mountainous watersheds: A review by Shalamu Abudu, [et al]. *Journal Water Science and Engineering* [en línea]. June 2012, n. °002. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674237015301897>

ISSN: 1674-2370

BERNAL, Cesar. Metodología de la investigación, [en línea]. Colombia: 2010 [fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016], disponible en

<https://docs.google.com/file/d/0B7qpQvDV3vxvUFpFdUh1eEFCSU0/edit>

BERNEX, Nicole y Tejada Manuel. Cambio climático, retroceso glaciar y gestión integrada de los recursos hídricos. Proyecto de Investigación. Pontificie Universidad Católica del Perú. 2010. 130pp.

BURNS, Patrick, and NOLIN, Anne. Using atmospherically-corrected Landsat imagery to measure glacier area change in the Cordillera Blanca, Peru from 1987 to 2010. *Journal Remote Sensing of Environment*, [en línea]. January 2014, n. °026. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425713002848>

ISSN: 0034-4257

CAMPOS Oset, Néstor. Glacier evolution in the South West slope of Nevado Coropuna. (Cordillera Ampato, Perú). Tesis (Magister en Tecnologías de la Información Geográfica). Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2012.

Disponible en

http://eprints.ucm.es/19889/1/MASTER_THESIS_NestorCampos.pdf

CEGARRA, José. Metodología de la investigación científica y tecnológica [en línea]. Madrid: 2011 [fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016], disponible en https://books.google.com.pe/books?id=XG4KMFNnP4C&pg=PA13&dq=metodolog%C3%ADa+dela+investigaci%C3%B3n+aplicada+y+basica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiki93Wu7_PAhVPIpAKHXdJAP8Q6AEIPzAH#v=onepage&q=metodolog%C3%ADa%20dela%20investigaci%C3%B3n%20aplicada%20y%20basica&f=false
ISBN: 9788499690278

COLONIA Ortiz, Daniel F y Torres Castillo Judith E. Disponibilidad hídrica glaciar en la subcuenca Quillcay, teniendo en cuenta el retroceso glaciar y el cambio climático, 1970-2013-2050. Proyecto de investigación, Áncash: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo 2013. 48 pp.

DE LA CALLE, Martin. Evolución reciente de los glaciares de la vertiente sur del nevado Salcantay (Perú). Tesis (Magister en Tecnologías de la Información Geográfica). Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Geografía y ordenación de Territorio 2014. Disponible en <https://cryoperu.files.wordpress.com/2014/12/martc3adn-de-la-calle-2014-el-salcantay-tfm.pdf>

Geomorfología de la micro cuenca Pastoruri-Cordillera Blanca por David Durand [et al]. Revista Investigaciones Sociales. Noviembre 2009, n° 23.[Fecha de consulta: 29 de setiembre 2016]. Disponible en <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sociales/article/view/7223>
ISSN: 1818-4758

ESCOBAR, Marisa [et al]. Assessment of the Impacts of Climate Change on Mountain Hydrology: development of a methodology through a case study in the andes of peru Revista SEI [en línea].2011 [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <https://www.sei-international.org/publications?pid=2117>
ISBN: 978-0-8213-8663-7

GARCÍA Gutiérrez, Eduardo. Evolución Glaciar del cuadrante noroeste del Nevado Coropuna. Tesis (Magister en Geografía).Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2013. Disponible en

http://eprints.ucm.es/23671/1/TFM_EduardoGarciaGutierrez.pdf

GIRÁLDEZ Míner, Claudia. Glacier evolution in the South West slope of Nevado Hualcán (Cordillera Blanca, Perú). Tesis (Master en Tecnologías de la Información Geográfica). Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2011. Disponible en

http://eprints.ucm.es/14013/1/MASTER_PROJECT_ClaudiaGiraldez.pdf

GIACCONE, Elisa, COLOMBO, Nicola and ACQUAOTTA, Fiorella. Climate variations in a high altitude Alpine basin and their effects on a glacial environment (Italian Western Alps). *Journal Atmosfera* [en línea]. April 2015, n. °002. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187623615300047>

ISSN: 0187-6236

Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos, y Baptista Lucio, Pilar. Metodología de la investigación. 6.^a ed. Mexico:Mc Graw Hill education., 2014. 600pp. ISBN: 9781456223960

Integrating a glacier retreat model into a hydrological model – Case studies of three glacierised catchments in Norway and Himalayan región by HONG Li [et al].

Journal of Hydrology [en línea]. August 2015, n. °017. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169415003674>

ISSN: 0022-1694

HUGGEL, Christian, et al. Metodologías para la formulación de Líneas de Base y Medidas de Adaptación al Cambio Climático en Ecosistemas de Alta Montaña. Zurich: 2013 disponible en

http://www.geo.uzh.ch/~chuggel/files_download/andesplus/AndesPlus_Producto5_Final.pdf

IPCC. Cambio Climático 2014: Informe de Síntesis [en línea]. Dinamarca: 2014 [fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016], disponible en https://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
ISBN: 9789291693436

Vulnerability of mountain glaciers in China to climate change by YANG Jian-Ping [et al]. *Journal Advances in Climate Change Research* [en línea]. September–December 2015, n. °003. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674927815000842>
ISSN: 1674-9278

Climate change impact on glacier and snow melt and runoff in Tamakoshi basin in the Hindu Kush Himalayan (HKH) región by Dibesh Khadka [et al]. *Journal of Hydrology* [en línea]. April 2014, n. °005. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169414000109>
ISSN: 0022-1694

The Himalayan cryosphere: A critical assessment and evaluation of glacial melt fraction in the Bhagirathi basin by Abul Khan [et al]. *Journal of Geoscience Frontiers* [en línea]. January 2016, n. °009. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674987116000062>
ISSN: 1674-9871

Recent glacier retreat and climate trends in Cordillera Huaytapallana, Peru by López, J [et al]. *Journal Global and Planetary Change*, [en línea]. January 2014, n. °010. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818113002385>
ISSN: 0921-8181

Recesion de glaciares y recursos hídricos en la Cordillera Blanca del Perú por Michel BARAER [et al]. *Revista Glaciología* [en línea]. June 2012, n. °207. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en http://eps.mcgill.ca/~mckenzie/reprint/Baraer_et_al_2012_spanish.pdf
ISSN: 1727-5652

pacts of recent climate change on the hydrology in the source region of the Yellow River basin by Fanchong Meng [et al]. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, [en línea]. June 2016, n. °003. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221458181630012X>
ISSN: 2214-5818

MORALES Arnao, Benjamín. Cambios climáticos: Investigaciones glaciológicas en la cordillera de Huallanca y la cordillera Blanca glaciares de Chaupijanca y Pastoruri. Investigación glaciológica. Lima: Universidad Agraria La Molina, Departamento de Ingeniería Ambiental Física y Meteorología, 2012, 92 pp.

NIJHAWAN, Rahul, GARG, P, THAKUR P. Monitoring of glacier in Alaknanda basin using remote sensing data. *Journal Science Direct* [en línea]. September 2016, n. °081. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213020916301033>
ISSN: 2213-0209

NEPAL, Santos. Impacts of climate change on the hydrological regime of the Koshi river basin in the Himalayan región. *Journal of Hydro-environment Research* [en línea]. March 2016, n. °001. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570644315000805>
ISSN: 1570-6443

PAN, Hu-lin. Evaluating the Vulnerability of the Water Resources System of Yarkent River Basin under the Background of Accelerating Glacier Melt in the Future. *Journal Procedia Environmental Sciences*, [en línea].September 2011, n. °062. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187802961100257X>
ISSN: 1878-0296

Regional representation of glacier s in Chandra Basin region, western Himalaya, India by Pratima Pandey [et al]. *Journal of Geoscience Frontiers* [en línea]. July 2016, n. °006. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674987116300627>
ISSN: 1674-9871

PAZ, María. Glaciares Andinos: Recursos Hídricos y Cambio Climático [en línea].Chile:2011 [fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016], disponible en <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/handle/minam/1687>
I.S.B.N.: 9789567889464

PÉREZ Gonzales, Daniel. Análisis del registro del cambio climático en el último avance de los glaciares en la vertiente norte de la cordillera Pariaqaqá (andes centrales occidentales de Perú).Tesis (Magister en tecnologías de la información geográfica). Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Geografía y ordenación de Territorio 2014. Disponible en <https://cryoperu.files.wordpress.com/2014/12/pc3a9rez-2014-elas-pariaqaqa-tfm.pdf>

Future hydrological regimes and glacier cover in the Everest region: The case study of the upper Dudh Koshi basin by Andrea Soncini [et al].*Journal Science of the Total Environment*, [en línea].June 2016, n. °138. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716310683>
ISSN: 0048-9697

TARAZONA, Coronel, Yonatan. Aplicación de la teledetección como una herramienta para el análisis multitemporal del retroceso glaciar en el nevado Pastoruri debido al cambio climático. Tesis (ingeniería Geográfica) Perú: UNMSM, 2012 45 pp.

TIWARI, Sarita, Sarat, C.Kart y Bhatla R. Snowfall and Snowmelt Variability over Himalayan region in InterAnnual Timescale. *Journal International conference on water resources, coastal and ocean engineering (ICWRCOE 2015)* [en línea]. February 2015, n. °118. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716310683>
ISSN: 2214-241X

VERGARA, Rodriguez, Karla. Variabilidad climática, percepción y estrategia de adaptación de la comunidad campesina de conucos, Ancash. Tesis (Bachiller). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Letras y Ciencias humanas, 2011. Disponible en http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1240/VERGARA_RODRIGUEZ_KARLA_VARIABILIDAD.pdf;jsessionid=998A8D47F5870DA66DC8564A856F9BFD?sequence=1

YANG, Daqing, SHI, Xiaogang and MARSH, Philip. Variability and extreme of Mackenzie River daily discharge during 1973-2011, *Journal Quaternary International* [en línea]. September 2015, n. °023. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618214006715>
ISSN: 1040-6182

XU, Baorong [et al]. Glacier changes and their impacts on the discharge in the past half-century in Tekes watershed, Central Asia. *Journal Physics and Chemistry of the Earth Research* [en línea]. March 2015, n. °003. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2016]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474706515000273>
ISSN: 1474-7065

VIII. ANEXOS

Anexo 1

Parámetros estadísticos de la temperatura en Pastoruri

TEMPERATURA / ESTACION RECUAY			
AÑOS	MINIMA	T MÁXIMA	PROMEDIO
1997	15	24.8	21.03
2001	15.2	24.2	20.25
2002	15	24.8	20.33
2003	15	24.5	21.11
2005	14.5	24.5	21.08
2007	15.8	24.6	20.86
2009	12.8	25.2	20.1
2011	11	24.8	20.6
2012	14.8	24.6	19.54
2013	12.6	25.5	20.88
2015	14	24.6	21.79
2016	16	30	23

Fuente. Elaboración propia, los datos serán tomados del SENAMHI, y se pasara a procesar la tabla.

Anexo 2

Parámetros estadísticos de la Precipitación y humedad relativa en Pastoruri

PRECIPITACION / ESTACION RECUAY (mm)			
AÑOS	MINIMA	MÁXIMA	PROMEDIO
1997	0	59	29.5
2002	0	66	33
2007	0	79	39.5
2012	0	72	36
2016	0	52	26

Fuente. Elaboración propia, los datos fueron tomados del SENAMHI, y se pasara a procesar la tabla.

Anexo 3

Información de imágenes satelitales

Año	Satélite	N° Bandas	Fecha
1997	Landsat 5	06	27 de junio
2002	Landsat 5	06	17 de junio
2007	Landsat 5	06	22 de mayo
2012	Landsat 7	08	12 de junio
2016	Landsat 8	08	15 de abril

Fuente: Elaboración propia, las imágenes tomadas serán Landsat TM, y se pasara a procesar la tabla.

Anexo 4

Recopilación de datos para la determinación del área glaciar Pastoruri

Años	fecha	Imagen satelital	Área (Ha)	% Evolutivo	% del retroceso
1997	27 de junio	Landsat 5	237,092867	0,00 %	100,00 %
2002	17 de junio	Landsat 5	216,730264	91,41 %	8,59 %
2007	22 de mayo	Landsat 5	180,845061	76,28 %	23,72 %
2012	12 de junio	Landsat 7	197,036916	83,11 %	16,89 %
2016	15 de abril	Landsat 8	185,363122	78,18 %	21,82 %

Fuente. Elaboración propia, los datos serán tomados de la imagen Landsat TM, y se pasara a procesar la tabla.

Anexo 5

Recopilación de datos para la determinación de longitud del glaciar

Imagen			
Años	fecha	satelital	Longitud (m)
1997	27 de junio	Landsat 5	0
1997-2002	17 de junio	Landsat 5	28.97
1997-2007	22 de mayo	Landsat 5	92.44
1997-2012	12 de junio	Landsat 7	109.40
1997-2016	15 de abril	Landsat 8	151.68

Fuente. Elaboración propia, los datos serán tomados de la imagen Landsat TM, y se pasara a procesar la tabla.

Anexo 7

Ficha técnica- Mediciones de la longitud glaciar

Mediciones de la longitud glaciar	
Nombre de la metodología	Mediciones de la longitud glaciar
Objetivo	Monitoreo del glaciar Pastoruri y determinar cambios en su longitud
Marco de aplicación	Monitoreo del glaciar Pastoruri para determinar cambios e impactos por el cambio climático.
Referencias	Existen evidencias en cuanto a la aplicación del instrumento en estudios realizados en los andes siendo el caso de Uruashraju, medición de fluctuaciones de longitud glaciar sudamericano por WGMS en el 2008 (Huggel, et al, 2013, p 295).
Protocolo metodológico	El método que se aplica se sustenta según el proyecto de adaptación al impacto del retroceso acelerado de glaciares en los andes tropicales (PRAA), quien sugiere apto para este tipo de estudios.
Limitaciones y ventajas	El parámetro frente glaciar se logra determinar de manera sencilla, sin embargo la información con respecto al cambio del frente glaciar es limitado con respecto a determinar el estado y dinámica del glaciar

Fuente. Adaptada de (Huggel, et al, 2012).

Anexo 8

Ficha técnica- Determinación del área glaciar y detección de cambios en el área glaciar

Determinación del área glaciar y detección de cambios en el área glaciar	
Nombre de la metodología	Mediciones del área glaciar y detección de cambios en el área glaciar.
Objetivo	Determinación de la cobertura del glaciar Pastoruri y cambios en ella
Marco de aplicación	Monitoreo del glaciar Pastoruri para determinar cambios e impactos por el cambio climático.
Referencias	Existen inventarios primarios de glaciares, Bolivia en 1991-2011, Perú 1988, Ecuador 1999-2010, en cuanto a la aplicación del instrumento en estudios realizados en los andes, en donde Bolivia es el único país que cuenta con delineaciones digitales de glaciares individuales (Huggel, et al, 2013, p 299).
Protocolo metodológico	El método que se aplica se sustenta según el proyecto de adaptación al impacto del retroceso acelerado de glaciares en los andes tropicales (PRAA), quien sugiere apto para este tipo de estudios. Determinación del área y detección de cambios del área glaciar.
Limitaciones y ventajas	Los cambios en la superficie glaciar se denotan como un indicador de precisión moderada en cuanto al análisis de la dinámica glaciar, en donde es importante trabajar con imágenes satelitales.

Fuente. Adaptada de (Huggel, et al, 2012).