



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“MODELAMIENTO DE LAS ESPECIES PIONERAS TRAS EL
RETROCESO DEL GLACIAR PASTORURI MEDIANTE LA
CRONOSECUENCIA POST-GLACIAR UTILIZANDO MAXENT Y GIS”**

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

AUTOR:

Narcizo Aquilino, Angeles Palero

ASESOR:

Ing. Elmer Benites Alfaro, Mgtr. Dr.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Conservación y Manejo de la Biodiversidad

LIMA- PERÚ

AÑO 2017

PÁGINA DE JURADO

MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Elmer Benites Alfaro.

Mg. Rita Cabello Torres.

Dr. Jorge Jave Nakayo.

DEDICATORIA

A mí 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.

Angeles Palero, Narcizo A.

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 Narcizo Aquilino Angeles Palero con DNI N° 74657764, 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,..... del.....

Narcizo A. Angeles Palero.

PRESENTACIÓN

Señores miembros
del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Modelamiento de las especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri mediante la cronosecuencia post-glaciar utilizando Maxent y GIS”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Angeles Plaero, Narcizo A.

ÍNDICE

RESUMEN.....	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Realidad Problemática.....	14
1.2 Trabajos Previos.....	15
1.3 Teorías Relacionadas al Tema	25
1.3.1 Los Glaciares.....	25
1.3.1.1 Tipo de Glaciares	26
1.3.1.2 Importancia de los Glaciares	28
1.3.1.3 Los glaciares en el Contexto del Cambio Climático	28
1.3.2 Cambio Climático y Calentamiento Global.....	29
1.3.3 Caracterización de la Sucesión	31
1.3.3.1 Sucesión Vegetal	31
1.3.3.2 Sucesión Progresiva Primaria y Secundaria.....	31
1.3.3.3 Mecanismo de la Sucesión.....	32
1.3.4 Factores que Favorecen la Sucesión	32
1.4 Formulación del Problema	33
1.4.1 Problema General	33
1.4.2 Problemas Específicos	33
1.5 Justificación del Estudio.....	33
1.6 Hipótesis.....	35
1.6.1 Hipótesis General.....	35
1.6.2 Hipótesis Específicos	35
1.7 Objetivos.....	35
1.7.1 Objetivo General	35
1.7.2 Objetivos Específicos	36
II. MÉTODO.....	37
2.1 Diseño de Investigación.....	38
2.1.1 Tipo.....	38
2.1.2 Diseño	38
2.1.3 Temporalidad	38
2.1.4 Nivel.....	38
2.1.5 La Unidad de Análisis.....	39
2.2 Fases del Trabajo de Recopilación de Datos	39
2.2.1 Fase 1: Recopilación de Datos Bibliográfica.....	39
2.2.2 Fase 2: Trabajo de Campo	41
2.2.3 Fase 3: Gabinete.....	42
2.3 Variables, Operacionalización.....	44
2.4 Población, Muestra y Muestreo.....	44
2.4.1 Población	44
2.4.2 Población Accesible	45
2.4.3 Muestra.....	45

2.4.4 Selección de la Muestra	45
2.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad	47
2.5.1 Técnicas.....	47
2.5.2 Validación y Confiabilidad del Instrumento.....	48
2.6 Métodos de Análisis de Datos.....	48
III. RESULTADOS.....	49
IV. DISCUSIÓN.....	63
V. CONCLUSIÓN.	66
VI. RECOMENDACIONES.....	68
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	70
ANEXOS	78
✓ Instrumento	
✓ Validación de los instrumentos	
✓ Matriz de consistencia	

Lista de figura

Figura 1. Tipología más recurrente de la clasificación de los glaciares	27
Figura 2: codificación de los sub-cuadrantes	41
Figura 3: Distribución de las especies pioneras en el área periglacial del Pastoruri.....	50
Figura 4: Porcentaje del Retroceso Glaciar Pastoruri.....	55
Figura 5: Cobertura Vegetal en la época húmeda y seca en el Glaciar Pastoruri.	57
Figura 6: Precipitación promedio, máximo y mínimo en el Glaciar Pastoruri.	58
Figura 7: Temperatura promedio, máximo y mínimo en el Glaciar Pastoruri.	59
Figura 8: Temperatura mensual, máximo y mínimo en el Glaciar Pastoruri.....	60
Figura 9: Precipitación mensual, máximo y mínimo en el Glaciar Pastoruri.....	61
Figura 10: Observación en campo del factor biótico facilitación planta – planta.	62

Lista de tabla

Tabla 1: Información geográfica del área de estudio.	39
Tabla 2: Ubicación de las estaciones meteorológicas.....	40
Tabla 3: Información de imágenes satelitales.....	41
Tabla 4: Operacionalización de Variables.....	44
Tabla 5: Especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri.....	53
Tabla 6: Porcentaje del retroceso Glaciar Pastoruri.....	54
Tabla 7: Cobertura Vegetal en la época húmeda y seca en el Glaciar Pastoruri.....	56
Tabla 8: Temperatura y precipitación Anual en el Glaciar Pastoruri.....	57
Tabla 9: Temperatura y precipitación mensual en el Glaciar Pastoruri.	59

RESUMEN

En el presente estudio realizado en el área periglacial del Pastoruri las especies encontradas tras el retroceso del glaciar debido a la variabilidad climática que se está viviendo en las últimas décadas se dividen en dos familias que son: Asteraceae y Poaceae, contemplando en la primera las especies como: *Senecio sublutescens* Cuatrec., *Baccharis tricuneata* (L.f) Pers, *Novenia acaulis* (Benth & Hook. F. ex B.D. Jacks) S.E. Freire & F.H. Hellw, *Senecio evacoides* Sch. Bip, *Senecio serratifolius* (Meyen & Walp.) Cuatrec. , *Xenophyllum dactylophyllum* (Sch. Bip.) V.A. Funk digitatum (Wendd.) V.A. Funk. , *Senecio adenophyllum* Meyen & Walp y en la segunda familia se identificó la especie de *Calamagrostis* ef.

Asimismo se determinó el retroceso del glaciar Pastoruri tomando como base inicial el área del año 2001, hasta el 15 de abril 2017, en que se determinó que el porcentaje del retroceso con respecto al 2001 es de 20.95 %. Los glaciares en la cordillera blanca son importantes indicadores del cambio climático, tras estos cambios las especies autóctonas de los andes empiezan una migración altitudinal, algunas veces estas especies no se adaptan a los cambios y se pierde la biodiversidad en los andes.

Palabras clave: Asteraceae, Cambio Climático y Periglacial, Poaceae.

ABSTRACT

In the present study in the periglacial area of the Pastoruri species found after the retreat of the glacier due to climate variability that is living in the last decades are divided into two families which are: Asteraceae and Poaceae, contemplating the first species as: *Senecio sublutescens* Cuatrec., *Baccharis tricuneata* (L.f) Pers, *Novenia acaulis* (Benth & Hook. F. ex B.D. Jacks) S.E. Freire & F.H. Hellw, *Senecio evacoides* Sch. Bip, *Senecio serratifolius* (Meyen & Walp.) Cuatrec. , *Xenophyllum dactylophyllum* (Sch. Bip.) V.A. Funk *digitatum* (Wendd.) V.A. Funk. , *Senecio adenophyllum* Meyen & Walp and the second family identified specie of *Calamagrostis* ef.

Also determined the Pastoruri glacier receding on the initial basis area of 2001, until 15 April 2017, which determined that the percentage of the back regarding the 2001 is 20.95%. Glaciers in the cordillera blanca are important indicators of climate change, after these changes the native species of andes begin an altitudinal migration, sometimes these species are not adapted to the changes and loses biodiversity of andes.

Key words: Asteraceae, Climate Change, Periglacial and Poaceae.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

Desde los finales del siglo XX la temperatura de nuestro planeta se incrementa notoriamente debido principalmente a los gases de efectos invernadero, estos cambios acelerados se les atribuyen a la actividad antropogénica (ONDARZA, 2012). Asimismo ante esta problemática el Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014), mencionan que en los últimos años los mantos de hielo más representativos de nuestro planeta como son la Antártida y Groenlandia han ido perdiendo masa glaciaria, del mismo modo que los glaciares en todo el mundo.

BERNARD FRANCOU (2013) un especialista en glaciología menciona los glaciares de montaña son conocidos por su alta sensibilidad al cambio climático por lo cual pueden ser calificados como “centinelas del clima”, asimismo menciona que el 70 % de los glaciares tropicales se registran en el Perú, el mayor porcentaje de esto, en la Cordillera Blanca.

YONATAN TARAZONA (2012), menciona que entre los años 1999 y 2011 el glaciar Pastoruri se ha alejado 140 m, así mismo realizó una extrapolación, con la ayuda de la estadística se determinó que para el año 2050 solo se contaría aproximadamente con 500 ha del área glaciaria. Siguiendo el mismo modelo estadístico nos afirma que para el año 2064 probablemente ya no exista área glaciaria en el Pastoruri. Por otra parte el Ing. BENJAMÍN MORALES ARNAO (2012) menciona que el promedio de fluctuación del retroceso glaciario del nevado Pastoruri es 10 a 12 m por año.

Así mismo ANAÏS ZIMMER (2015) una especialista en temas ambientales afirma que tras los efectos del calentamiento global el retroceso de los glaciares alpinos y árticos con el pasar los años se acelera, dejando áreas vírgenes para que se establezca la colonización vegetal, de las cuales se plantea hipotéticamente que estas irán reemplazando las comunidades alpinas de menor altitud.

Por último KENNETH R. YOUNG (2014) del Departamento de Geografía y Medio Ambiente de la universidad de Texas, sostiene Los glaciares están experimentando un balance de masa negativa, la cual está fomentando la colonización primaria. Las investigaciones actuales y los modelos predictivos sugieren que las especies de ecosistemas de montaña de hoy en día sufrirán una reducción del hábitad esto por el aumento desmedido de la cobertura de las plantas leñosas acompañado de las actividades antropogénicas y el cambio de uso de suelos, es necesario que se lleven investigaciones de las consecuencias en la biodiversidad causado por los cambios sucesionales, para poder entender mejor el dinamismo de las especies altoandinas y tener una perspectiva de los futuros desplazamientos de los rangos de la distribución de las especies.

1.2 Trabajos Previos

ERSCHBAMER et al (2012), en el artículo de investigación titulada “Can successional species groups be discriminated based on their life history traits? A study from a glacier foreland in the Central Alps” (Puede sucesión de grupos de especies pueden discriminar en base a sus rasgos de historia de vida? Un estudio de un promontorio glaciar en los Alpes Centrales), la cual tiene como objetivo esclarecer si los grupos de la sucesión primaria podrían ser discriminados por sus rasgos de historia de vida. Se empleó el método estándar para su análisis de la historia de vida de la población, este método se aplicó en los glaciares Rotmoosferner, Obergurgl sitio (Ötztal, Tirol, Australia) se determinó que las especies pioneras pueden ser discriminadas por sus masas bajas de semillas frente a otras especies con mayores masas de semillas, las plántulas con mayor tasa de mortalidad fueron las *aizoides Saxifraga* representando un 86 -94 %, las otras especies estudiadas dieron como resultado 40 - 76 % tasas de supervivencia. Por lo tanto en el proceso de colonización y la prosperidad de la sucesión vegetal dependen muchos de las masas de semillas, el número, la persistencia, dispersión y reclutamiento de las plántulas, se considera que la disponibilidad de masas de semilla es el principal problema de que se dé la sucesión con éxito.

ZIMMER *et al* (2015), en el artículo de investigación titulada “Caracterizar la migración altitudinal de las comunidades vegetales altoandinas frente al calentamiento global mediante cronosecuencia post- glaciares recientes”, en la cual hace mención que la investigación que se llevó a cabo tuvo como objetivo de determinar si la gran velocidad del calentamiento global empeora la diseminación empobreciendo los vegetales altoandinos. Para determinar la cronosecuencia post – glacial se analizó con las imágenes satelitales, tomando una cronosecuencia de 0-38 años, las cuales se subdividió en cuatro bandas de desglaciación esto debido a eventos climáticos más específicos las cuales fueron tomadas de esta manera 0-7, 7-16, 16-30 y 30-38 años. Los glaciares de estudio fueron: Zongo, Tarija, “10” y Yanamarey (Perú), las imágenes satelitales de análisis fueron de los años 1975 – 1976, 1983, 1997, 2006 y 2011. Para poder determinar la unidad florística la metodología se basó en la utilización de cuadrantes de aluminio de 1 m² las cuales se dividieron en sub cuadrantes de 10 cm². Como resultado del estudio se determinó que los principales especies colonizadores son anemócoras, zoócoras e hidrocoras, en la banda de 0-7 años la especie anemócoras tenían una tasa representativa del 90% y en la banda de 30-38 años se reflejó que las primeras especies en colonizar eran los anemócoras.

BUYTAERT *et al* (2011), en estudio realizado que lleva por título “Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions” (Los impactos potenciales del cambio climático sobre los servicios ambientales de las regiones alpinas tropicales húmedas), en la cual hace mención que tuvo como objetivo reexaminar el estado de conciencia sobre los medio alpinos tropicales y estimar las amenazas más latentes del cambio climático sobre los principales procesos de los ecosistemas. El estudio se llevó a cabo en las zonas alpinas tropicales húmedas que se sitúa entre la línea superior del bosque y la divisoria de la nieve perenne en las regiones superiores de los Andes, el cinturón afroalpina e Indonesia y Papúa Nueva Guinea, para cumplir con los objetivos se recopiló datos, los mapas obtenidos con el modelo de circulación general del conjunto (GCM), se obtuvo a través de la distribución de los datos del IPCC, con la cuales podría visualizar las temperaturas en los años siguientes. Se tuvo como resultado que el cambio climático desplazara las franjas de los

ecosistemas y habrá una reducción notoria en las regiones alpinas tropicales con lo cual se concluye que el desplazamiento y el aislamiento de los parches que aun sigan presentes incitaran la pérdida de biodiversidad y el declive de las especies.

MICHALET *et al* (2014), en el artículo titulado “Partitioning net interactions among plants along altitudinal gradients to study community responses to climate change” (La partición de las interacciones entre las plantas netas a lo largo de gradientes altitudinales para estudiar las respuestas comunitarias al cambio climático), en la cual hace mención como objetivo de estudio averiguar el papel de las interacciones planta-planta como reguladores de las familias vegetales y como estos responden conjuntamente al cambio climático y determinar algunas especies. La metodología para la medición del tamaño de efecto se empleó el índice de la interacción relativa (IIR), para el análisis estadístico se contó con el soporte del programa MetaWin 2 y la heterogeneidad se determinó utilizando Q-statistics. Como resultado se obtuvo que los efectos en la comunidad alpina cambiaron significativamente de manera negativa a baja altura y tuvieron un cambio favorable a las alturas. Como conclusión hacen mención que el cambio global de la competencia facilita al aumentar la altitud sin embargo este patrón fue influenciado por la cantidad de investigaciones en los climas méxicos impulsado la mayor competencia en altitudes bajas con climas templados, en sistemas mediterráneos no se pudo apreciar efectos notorios en la competencia y la facilitación adquiere más presencia con disminución de la altitud.

MARCANTE *et al* (2014), el artículo que se titula “HEAT tolerance of early developmental stages of glacier foreland species in the growth chamber and in the field” (La resistencia al calor de los primeros estados de desarrollo de las especies foreland glacial en la cámara de crecimiento y en el campo), en la cual el objetivo de la investigación fue determinar la existencia de las diferencias en la tolerancia de las especies de foreland glacial, que plantas se adecuan con mayor facilidad a las temperaturas máximas y cuál es su desarrollo de las plantas de la sucesión primaria cuando se exponen a temperaturas máximas del aire en los glaciares. Para realizar el trabajo de investigación se tomó 11 once especies de plantas alpinas las cuales se tomó los datos de las tres etapas de sucesión, en la pionera tenemos las siguientes especies: *aizoides Saxifraga*, *genipi Artemisia*, *digyna Oxyria*, *coerulea*

Arabis; en la sucesión temprana: *pallenscens Trifolium*, *vivípara persicaria*, *Geum reptans*, *Poa alpina*; y en la tarde: *hispidus Leontodon*, *Achillea moschata* y *Silene acaulis agg*, estas especies fueron analizadas tanto en campo como en las cámaras de crecimiento, para el experimento se contó un total de 100 semillas por especie, la cual se sembró en filas de 5 cm de ancho una fila por especie separados por 10 cm. Y en campo se utilizaron sensores para poder medir los diferentes componentes y replicar así en las cámaras de crecimiento. Para otros análisis se utilizó software como el P-Fit, para ajustar los datos de temperaturas mínimas y máximas, Statistica 6.1 e IBM Spss Statistic para los análisis estadísticos. Como resultado se obtuvo que la tolerancia al calor de las tres sucesiones eran relativamente, en la sucesión pionera *aizoides Saxifraga* tuvo la tolerancia más bajo al calor (media: 49.3 °C) y *Artemisia genipi* tuvo la más alta (55,9 °C); en la sucesión temprana la especie más tolerante fue *Persicaria vivípara* (56,5 °C), entre las plantas pioneras la especie más susceptible fue *Arabis coerulea* (46,9 °C). Dentro de las plantas de la sucesión temprana *Persicaria vivípara*, resulto ser más tolerante en campo que en la cámara de crecimiento. Se concluyó que la tolerancia al calor durante y después de la germinación no es suficiente para poder soportar las temperaturas que se pueden presentar en el verano, el calor puede explicar la alta tasa de mortalidad de las plántulas en las zonas de desglaciación reciente a nivel local las plántulas pueden beneficiar la mitigación micro ambiental de calor de la superficie de la tierra provocado por la misma geología de la zona.

YOUNG (2014), en el artículo titulado “Ecology of Land Cover Change in Glaciated Tropical Mountains” (Ecología de los cambios de cobertura del paisaje de glaciares de montañas tropicales), en la cual hace mención que la investigación tuvo como objetivo evaluar de qué manera influyen el cambio climático, socioeconómicos, uso de suelos y socio-ecológicas en el cambio ecológico. Para poder cumplir con el objetivo de la investigación se procedió a recopilarla información más relevante así mismo se fue a comprobar ha campo, toman de mucha importancia los estudios de modelos de dispersión de la poblaciones de flora alto-andina. Como resultado se hace mención que el retroceso glaciar se da por el desbalance de masa de los glaciares principalmente en las épocas secas, hay un aumento parcialmente notable de plantas leñosas. El tipo de vegetación que

predomina en los ecosistemas de montaña por debajo de la línea de nieve son los pastizales y matorrales eco-regiones así mismo es peculiar encontrar humedades y estas están dominados por juncos y plantas de crecimiento bajo, encontramos géneros tales como *Distichia* y *Plantago*. Las plantas vasculares son notoriamente bajas con hojas estrechas, en los suelos periglaciares se halló hongos *quítrido* (*Chytridiocycota*), asimismo las actividades antropogénicas influyen de una manera notoria, nuevos espacios para cultivo, pastoreo, minería, etc. la demanda de la sociedad por materia prima hace que cambie los ecosistemas de montaña. Los autores concluyen que habrán puntos de cambio especialmente cerca a los glaciares, el cambio climático que estamos viviendo hoy en día tiene una influencia directa, el aumento de parcelas con plantas leñosas es más probable que continúe, poniendo en riesgo las vegetaciones representativas de los ecosistemas de alta montaña como los matorrales y pastizales.

GONZÁLES *et al* (2016) en el artículo titulado “Doce nuevos registros de plantas vasculares para los Andes de Perú”, la cual tuvo como objetivo realizar un estudio taxonómico y florístico, ya que se cree que la alta vulnerabilidad de las regiones de los Andes frente al cambio climático podría haber un cambio en la diversidad faunística y establecer el catálogo de plantas vasculares de los Andes peruanos. El estudio se llevó en las regiones altoandinas del Norte, Centro y Sur del Perú (3900- 5700 msnm), la cual se llevó en los periodos 2008-2015, el análisis taxonómico se determinó mediante bibliografías especializadas en esta rama, las colectas de muestras se depositaron en el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (USM). Como resultado se presentó un catálogo con todo los datos más relevantes de las especies muestreadas, los doce taxones encontrados pertenecen a los géneros de: *Jalcophila*, *Senecio*, *Werneria*, *Xenophyllum* (Asteraceae), *Draba*, *Petroravenia*, *Rorippa*, *Weberbaueria* (Brassicaceae) y *Stellaria* (Caryophyllaceae). En el caso peculiar de la región Ancash se encontró la *Rorippa beckii*, su distribución esta tanto en Bolivia y Perú, se encontró en el distrito de Recuay, Catac, en suelos húmedos en los bordes de la laguna Conococha (4080 msnm). Con la cual se concluye que en el Perú el conocimiento de la riqueza y distribución de la flora en los Andes del Perú aun esta con muchos vacíos asimismo se puede hacer mención que en el grupo de las

Asteraceae, la cual muestra un mayor incremento de riqueza, dentro de las Brassicaceae el más vinculado es el género *Petroravenia*, que se reportó para el Perú por primera vez con dos especies.

MENESES *et al* (2014), en el artículo de investigación titulado “Modelando patrones geográficos de distribución de gramíneas (Poaceae) en Bolivia: Implicaciones para su conservación” (Modelando patrones geográficos de distribución de gramíneas (Poaceae) en Bolivia: Implicaciones para su conservación), la cual tiene como objetivo realizar un modelo de distribución potencial de toda las especies encontradas tras la recopilación de datos. La metodología que se empleó para dicho trabajo consiste en identificar patrones geográficos y posteriormente aplicar el algoritmo de MAXENT, se empleó una base de datos constituida por 5748 registros para 599 de gramíneas, especies nativas de Bolivia. Para dicho modelo se utilizó 19 variables bioclimáticos, modelo de elevación digital, mapa de sistema ecológico de Bolivia. De la cual como resultado del modelo se obtuvo mapas en formato *asci*, para cambiar el formato se utilizó el ArcGis 10.1, estos resultados se revisaron por SGB y RIM hasta encontrar un mapa de consenso congruente. Así mismo la base de datos corregida y verificada estaba comprendido por 5748 para 599, representando para el 71 % de las especies de reportados para el país de Bolivia. Las subfamilias introducidas fueron: *Panicoideae*, *Pooideae* y *Choridoideae* y en proporción se encontró *Bambusoideae*, *Ehrhartoideae*, *Danthonioideae* y *Arundinoideae*. El gran porcentaje de las especies competen a las zonas aledañas a los centros poblados, estaciones de energía y puestos militares (30%), cercano a las vías de comunicación y vías de aterrizaje (30%), orilla de los ríos, puertos o arroyos (14%), áreas ganaderas y áreas de cultivo (12%), a la orilla de los lagos, lagunas y áreas concesiones forestales, mineras, y centros de investigación (<3%). Por ende se concluyó una existencia de especies gramináceas en Bolivia, cuatro centros con mayor riqueza, ubicadas en la puna mesofilica, la chiquitania, valles secos interandinos, y la llanura beniano-amazónico.

ALMEIDA *at el* (2012), en el artículo de investigación titulado “Patterns and origin of intraspecific functional variability in a tropical alpine species along an altitudinal gradient” (Patrones y origen de la variabilidad intraespecífica funcional en

una especie alpinas tropicales a lo largo de un gradiente altitudinal), la cual tiene como objetivo de estudio determinar los patrones e indagar el origen variabilidad intraespecifica funcional (VIF), específicamente de una especie alpina tropical en un entorno de variaciones altitudinales. El método que se empleó para poder cumplir con los objetivos del estudio consiste en realizar un examen de las variaciones funcionales de la especie *Lasiocephalus ovatus*, el análisis se llevó tanto en dentro y fuera de la nodriza, la cual consistió en un examen minucioso en una variación altitudinal de 600 m en los Andes del Ecuador. Como resultado se observó que los rasgos conservadores típicas de la planta se hallaron en las cotas más altas. Por ende se concluyó que los estudios para determinar si los patrones de distribución altitudinal en las áreas alpinas tropicales frente al cambio climático pueden ser predecibles a raíz de los estudios realizados en las áreas de altas montañas extra tropicales.

CÁCERES *et al* (2014), en el artículo de investigación titulado “Shrubs as foundation species in a high tropical alpine ecosystem: a multi-scale analysis of plant spatial interactions” (Arbustos como las especies de cimentación en un alto ecosistema alpino tropical: un análisis multi-escala de interacciones espaciales de plantas), la cual tiene como objetivo de estudio determinar los efectos de *Hypericum laricifolium*, el arbusto se analiza en múltiples escalas de integración en el páramo andino de Venezuela. La metodología empleada para dicho estudio consistió en una comparación de cobertura vegetal, la riqueza de especies y la diversidad de Shannon, se cuantifico la relación de *Hypericum* con sus análogos, se analizó los efectos de la riqueza de la comunidad de los arbustos. Como resultado se obtuvo que la riqueza media de las especies, diversidad de Shannon, la abundancia de especies herbáceas arbustos comunes resultaron ser más altas en interior del *Hypericum* arbusto pero cabe resaltar que la *Rumex acetosella* fue la más representativa en las áreas libres. Por ello se concluye que los arbustos pueden funcionar como especies fundamentales en áreas alpino tropicales, por los resultados obtenidos es necesario analizar en múltiples escalas espaciales para poder interpretar mejor la interacción planta-planta en los ecosistemas de alpinos.

CHEN *et al* (2014), en el artículo de investigación titulado “Soil nutrient availability determines the facilitative effects of cushion plants on other plant species at high elevations in the south-eastern Himalayas” (La disponibilidad de nutrientes del suelo determina los efectos de facilitación de plantas en las elevaciones en el Himalaya del sureste), la cual tiene como objetivo determinar la secuela de enfermería de diferentes vegetación en cojín alpino y su mecanismo para ello se compararon la consecuencia de cojín del área de estudio, las cuales fueron *Potentilla articulata* y *polytrichoides arenaria*, para determinar la riqueza de la especies, se aplicó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, así mismo se determinó y se comparó la temperatura y los nutrientes del suelo de las dos especies ya anteriormente mencionadas. El resultante del dicho método aplicado reflejo que la riqueza y la diversidad de especies era altamente notorio en las especies de cojín con respecto a las áreas fuera de ellas, así mismo el *P. articulata* mostro mayor riqueza de especies, pero cabe resaltar que la temperatura y el sustrato se registró similar en los tres contextos. Por ende se puede concluir que la facilitación de la riqueza de las especies locales es notorio en cojín, la cual propicia el desarrollo de la comunidad vegetal alpino en el Himalaya oriental.

DVROSKY *et al* (2015), en el artículo de investigación titulada “Las plantas vasculares en las elevaciones extremas en el este de Ladakh, Himalaya del noreste”, en la cual tiene como objetivo de estudio especificar la vegetación subnival, así mismo analizar la relación entre el microclima, distribución y rasgo funcional de las especies. Para ello se prosiguió aplicando la siéguente metodología, se muestreo de 91 parcelas, obteniendo 481 muestra de vegetación, se evaluó 15 caracteres funcionales y la relación con la distribución de especies en las cotas de 4600 y 6150 m. como resultado se registró fluctuaciones diurnas extremas de temperatura, se identificaron 67 especies, de las cuales los hemicriptófitas eran los más resaltantes que mostraban su presencia hasta los 5600 m en los puntos más altos los más concurrentes son las plantas vasculares (6150 m), las más comunes que se pudieron observar fueron Brassicaceae, Asteraceae, Poaceae, Fabaceae y Cypereceae. De lo cual se puede concluir que la vegetación subnival de Ladakh está dominada por especies generalistas con rangos verticales anchas y no por especialistas de gran altitud.

POUTEAU *et al* (2015), en el artículo de investigación titulado “Accounting for the indirect area effect in stacked species distribution models to map species richness in a montane biodiversity hotspot” (Lo que representa el área de efecto indirecto en los modelos de distribución de especies apilados para mapear la riqueza de especies en un punto caliente de biodiversidad montano), el objetivo de la investigación es comprender la riqueza de las especies aplicando modelos de distribución de especies apiladas (S-SDM), pero se cree que podría ver una variación con la altitud es por ello que se pone en prueba para poder si los resultados que se pueden obtener son veraces. Para lo cual se prosiguió a un modelo MAXENT que constituyo a 562 especies de árboles tomando las variables ambientales y 8 de 100 m de resolución, para ambos caso el mapa que se genero fue en una escala de una hectárea para saber si el modelo es veraz se prosiguió a comparar con la riqueza de 11 inventarios de una hectáreas cada una, así mismo para tener en cuenta de la influencia del área indirecta las estimaciones de S-SDM se prosiguió el ajuste con la ecuación de Arrhenius. La predicción de S-SDM tuvo una variación de 95 a 251 especies, en el inventario de campo resulto tener desde 39 a 131 especies, de la cual se puede afirmar que el modelo S-SDM sobreestima las especies con el aumento de altitud. Por lo cual se puede concluir que la precisión del modelo S-SDM con respecto a la elevación se puede explicar por la menor disponibilidad de habitat, pero se puede hacer mención que se está teniendo un avance y mejora de diseño S-SDM.

CALABRESE *et al* (2013), en la revista de investigación titulado “Stacking species distribution models and adjusting bias by linking them to macroecological models” (Apilar los modelos de distribución de especies y el ajuste de sesgo mediante su vinculación a los modelos macro ecológicos), la cual tiene como objetivo examinar el modelo S-SDM para identificar los problemas metodológicos de su estimación, proporcionar las herramientas para mejorar el desempeño de los S-SDM juntamente con los modelos macro ecológicos (SDM), este estudio se ubica en el Mar de Barents, Europa y holandesa del Mar de Wadden. Para cumplir con el objetivo de estudio se siguió la siguiente metodología, se presentó argumento matemático para ver si el S-SDM debe ser apilado o no. El resultado que se obtuvo demuestra que el método S-SDM basada e probabilidades de ocurrencia siempre

serán sesgados, si estos son correctamente apilados se obtiene un modelo similar a los modelos macro ecológicos, ambos modelos dieron como resultado que en las zonas de pobre en especies sobreestiman y en los sitios ricos en especies subestiman. Tanto los modelos macro ecológicos y los S-SDM generan sesgos.

D'AMÉN *et al* (2015), en el artículo de investigación titulado “Using species richness and functional traits predictions to constrain assemblage predictions from stacked species distribution models” (El uso de la riqueza de especies y rasgos funcionales predicciones para limitar las predicciones de ensamblaje de los modelos de distribución de especies apiladas), la cual tiene como objetivo de estudio modelar la distribución de especies a nivel de comunidad tras el efecto del cambio climático, para obtener predicciones más realistas la SESAM (especies especialmente explícitos de modelo de encaje), en la se sugiere que se apliquen filtros sucesivos a la piscina de fuente inicial de especie. Este estudio se llevó a cabo en Los Alpes suizos occidentales, el método que se aplicó para poder cumplir con los objetivos se aplicó dos sugerencias que hace mención la SESAM, clasificación de la probabilidad y la regla de gama rasgo. Como resultado se obtuvo la demostración de todas las restricciones contribuyen a la reducción de las especies, la clasificación de la probabilidad mejoro la predicción de la composición de la comunidad. Por ende se ha demostrado que las sugerencias de la SESAM ayudan a mejorar las limitaciones macro ecológicos de predicción S-SDM.

MEJÍA, D. (2013), en su tesis titulado “Distribución potencial del genero *Polylepis* dentro de la cuenca del rio Paute en el escenario del cambio climático”, dicha investigación tiene como objetivo identificar las áreas en donde hay todavía presencia de *Polylepis* en la cuenca del rio Paute, en la cual también se analiza la evolución de esta especie vegetal en el escenario del cambio climático, la metodología que se siguió para poder cumplir con lo mencionado, la base de datos de la presencia de esta especie *Polylepis* se tomó del museo del Global Biodiversity Information Facility (GBIF), posteriormente para los modelos de distribución potencial se utilizó el programa DIVA-GIS versión 7.5.0 que incluye la opción Maxent que calcula la distribución potencial de especie, la cual utiliza el algoritmo de máxima entropía, así mismo se contó con capas ambientales para realizar dicho

análisis. Los resultados que se obtuvieron mostraron que están ubicados en los páramos de Ecuador y Sudamérica, se obtuvo 134 ocurrencias dentro de la cuenca del río Paute, así mismo con el modelo de predicción realiza se puede mencionar que para el 2020 el género *Polylepis* será de 44100 ha teniendo un aumento del 12 % del área en el 2013. Pero para el 2050 se cree que habrá una disminución del 3 %, poblando una área de 42910 ha. En conclusión se puede decir que los modelos SIG ayudan a obtener modelos predictivos pero estas deben de emplearse de manera técnico-científico, se espera que a raíz del cambio climático la biodiversidad disminuya pero no solo es el problema que hará que esto suceda sino también los cambios de usos de suelos y la detrición de hábitat y la introducción de especies exóticas pone en riesgo la biodiversidad.

1.3 Teorías Relacionadas al Tema

1.3.1 Los Glaciares

El agua es un recurso natural de suma importancia para la existencia de la vida en el planeta tierra, está cubierta las tres cuartas partes de agua pero el 95.5% es agua salada y lo restante es agua dulce las cuales el 79 % de esta está concentrado en los polos y glaciares de montaña. Los glaciares contribuyen a las grandes reservas de agua y abastecen a ecosistemas, poblaciones y a diversos sectores económicos para el desarrollo (Greenpeace, 2011, p.8).

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) menciona que se puede definir al glaciar como volumen de hielo en desplazamiento que está constituido despojo de rocas y que tiene un balance de masa a la cual se le llama acumulación a la alimentación y ablación a la fusión (IDEAM, 2012, p. 14)

Las precipitaciones de agua en estado sólido (nieve) y la compactación por la masa acumulada con el pasar los tiempos van formando y manteniendo los glaciares. La nieve se puede depositar permanentemente si la temperatura se

mantiene por debajo de 0 °C estas condiciones se cumplen en las zonas de mayores elevaciones.

Los glaciares se forman y se mantienen, las zonas donde se acumula la masa de nieve se conoce como zona de acumulación pero por el principio de balance de materia lo que entra siempre tendrá una salida, la zona del glaciar que pierde masa se conoce como zona de ablación (derretimiento) en el cual el agua del estado sólido pasa al estado líquido. Las zonas mencionadas tienen una línea de equilibrio la cual regula la ganancia y la pérdida de la masa glaciar pero en las últimas décadas los cambios en la atmósfera están cambiando los tres puntos de localización, conllevando a un retroceso del glaciar (IDEAM, 2012, p. 16)

1.3.1.1 Tipo de Glaciares

Aunque a la percepción humana los glaciares parecen similares o homogéneos pero cada uno de ellos tiene una característica que le diferencia. Con el pasar los años los especialistas en los temas de glaciología han tratado de agruparlos utilizando distintos criterios y de los análisis observados. Se ha determinado distintas tipologías para catalogar los distintos volúmenes de hielo del mundo (IDEAM, 2012, p. 17). La siguiente figura (fig. 1) muestra la síntesis de los diferentes autores.

Figura 1. Tipología más recurrente de la clasificación de los glaciares

Parámetro de clasificación	Tipo	Descripción	
Morfología	Valle	De circo	Masas de hielo pequeñas, limitadas por paredes rocosas asentados en depresiones de forma globular o circular
		Alpinos	Masas de hielo de hasta 100km ² , compuestos por uno o más circos
		Emisarios o de salida	Similares a los glaciares alpinos, se desprenden de un casquete glaciar
		De piedemonte	Acumulaciones de hielo que se depositan al final de una vertiente y que, en ocasiones, invaden las zonas planas adyacentes al sistema montañoso del cual descienden
	Casquetes Glaciares	Enormes masas de hielo independientes del control topográfico, ubicadas sobre una plataforma continental en zonas polares y subpolares. Están condicionados por el frío extremo y la sequía	
Temperatura	Templados	La temperatura del hielo es de 0°C, existe agua entre la masa de hielo y una probabilidad más alta de deformación. Estos glaciares se desplazan sobre los flujos de agua líquida de la base	
	Fríos	Glaciares por debajo del punto de fusión, sin agua basal y poco aporte superficial	
Dinámica	Activos	Glaciares con movimiento rápido y evacuación de detritos	
	Pasivos	Glaciares que fluyen lentamente, lo cual dificulta la evacuación de rocas y la conformación de morrenas. Asociados a masas de hielo en retroceso	
	Estáticos	Glaciares que no tienen alimentación y presentan lenta fusión del hielo. Pueden considerarse como “relictos sin movimiento”	
Contenido de impurezas	Blancos	Glaciares “limpios” con cobertura superficial característica de nieve y hielo	
	De roca	Glaciares con alto contenido de rocas y detritos que cubren la superficie de la capa de hielo	
Localización	Polares	Ubicados en latitudes altas o zonas polares	
	Templados	Ubicados en latitudes medias	
	Ecuatoriales	Ubicados cerca a la línea ecuatorial	
	Intertropicales internos	Ubicados entre los trópicos y cercanos a la línea ecuatorial (por ejemplo, glaciares de Colombia y Ecuador)	
	Intertropicales externos	Ubicados entre los trópicos y alejados de la línea ecuatorial (por ejemplo, glaciares de Perú y Bolivia)	

Fuentes: Rice (1982), Leef y Judson (1997), Strahler (1981) y Marangunic (2008a)

Fuente: (IDEAM, 2012)

1.3.1.2 Importancia de los Glaciares

Tanto los glaciares y las masas de hielo concentrado en los polos son las principales reservas de agua dulce en el planeta, lo que contribuye el primordial seguro a las comunidades humanas y los ecosistemas para poder subsistir en el contexto del calentamiento global. Así mismo los glaciares son importantes reguladores del recurso hídrico y climático de las cuencas, aportan agua en la cabecera de las cuencas y napas subterráneas, por ello son reservas estratégicas de agua dulce (IDEAM, 2012, p. 38).

Los glaciares son importantes para la subsistencia de los ecosistemas anexos, ayudar a mantener cuerpos y cursos de agua que son muy importantes para la ecología de la flora y fauna. Del mismo modo ayudan a regular las temperaturas de ecosistemas como el páramo, produciendo un habitar favorable para la flora y fauna, por ello los ecosistemas son importantes para la biodiversidad de los ecosistemas de montaña.

Asimismo FRANCOU (2013) nos menciona que los glaciares son importantes porque son indicadores idóneos del cambio de los cambios en la atmosfera por la cual son llamados “centinelas del clima” (p. 2). Así mismo que se dice que el estudio de los glaciares ha permitido analizar el aire y las partículas de polen en su interior, y así lograr a determinar los climas de los tiempos pasados. También son importantes porque son elementos de cultura e identidad para distintos grupos humanos (IDEAM, 2012, p. 36)

1.3.1.3 Los glaciares en el Contexto del Cambio Climático

En las zonas altoandinas en las últimas décadas, el cambio climático ha causado cambios notorios, en los ecosistemas de montaña, lo más resaltante de este impacto negativo es muy notorio en los glaciares tropicales a la cual se denominada retroceso glaciar (ANA, 2014, p. 4). Los impactos previstos y los que ya se han sido observados en los últimos décadas del retroceso glaciar deteriora

las cuencas fluviales, el desequilibra el balance hídrico y los cambios en los ecosistemas de montaña afecta su capacidad de almacenar agua.

El cambio de estado de la masa de hielo de sólido a líquido a nivel mundial está estrechamente relacionado con el cambio climático y la variabilidad climática a diferentes escalas de tiempo estas comprendidas en meses, años, décadas y siglos (IDEA, 2012, p. 100). Los cambios en la temperatura, los vientos, y las precipitaciones alteran notoriamente el ciclo hidrológico, así mismo se ve afectado la distribución de la nieve, este conlleva a un desequilibrio en el balance de masa de los glaciares. Así mismo el retroceso de los glaciares expone los estratos rocosos (KOHLENER et al, 2014, p. 63)

Los glaciares en el Perú en los años 1970 cubrían una superficie de 2041 Km², pero 7 años después fue reducido a 1595 km², notando una pérdida de superficie en un 22 %. Desde entonces los glaciares que se encuentran en baja altitud (a menos de 5000 msnm.) se han visto afectados (SEI, 2012, p. 2). Así mismo como nos menciona BARAER *et al* (2013), que la superficie de masa glaciar en el año 1930 era de 558 km² en la cuenca del Río Santa, posteriormente en el año 2009 se redujo a 343 km² (p. 17).

Así mismo la Autoridad Nacional del Agua (2014), sostiene que el inventario de glaciares realizado de las 19 cordilleras nevadas del Perú se registró 2679 glaciares con un área superior de 1298,59 Km². La cordillera Blanca en los Andes del Norte cuenta con 755 glaciares y 527,62 Km², la cordillera de Vilcanota situado en los Andes Centrales cuenta con 374 glaciares y 279,40 Km²; y la cordillera Vilcabamba registra a 355 glaciares y un área de 129,15 Km², las cordilleras mencionadas contemplan la mayor cantidades de glaciares, en el inventario realizado se consideró a los glaciares desde una altitud mínima de 4 msnm (p. 15)

1.3.2 Cambio Climático y Calentamiento Global

En nuestro planeta la variabilidad climático siempre ha existo como consecuencia de diverso fenómenos naturales. En las últimas décadas se ha

presenciado muchas alteraciones del clima, en el último siglo la temperatura promedio aumento 0.74 °C a nivel mundial, en Europa la oscilación promedio subió hasta 1 °C.

En término científicos cuando se hace alusión al cambio climático se refiere a cualquier variabilidad del clima que se haya producido por el transcurso del tiempo ya sea de manera natural o a causa de la actividad humana, esta es la definición utilizada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (FERNÁNDEZ, 2014, p. 36). Pero en el Artículo 1 de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el cambio climático se define como un cambio de clima causado por las actividades del hombre, ya sea que estas afecten de manera directa o indirectamente a la variabilidad climática natural (VERGARA, 2011, p. 25).

En general cuando se hace alusión al aumento de temperatura se llama “calentamiento global”, la cual solo implica el aumento de la temperatura en la superficie del planeta y en los océanos, pero no explica los demás fenómenos que se dan en el suelo, en la atmosfera y el agua (Fernández, 2014, p. 36). VERGARA Karla (2011), hace mención que el cambio climático engloba al calentamiento global, esto debido que no solo toma la temperatura sino toma otros parámetros más como precipitación, elevación del nivel del mar, etc. (p. 26).

Así mismo el calentamiento global, en general se atribuye como causante a los gases de efecto invernadero que con el pasar el tiempo se han acumulado en la atmosfera de la Tierra. Esto se debido que la luz proveniente del sol pasa con facilidad todo los gases que constituyen la atmosfera y al momento de del regreso de la luz infrarroja el vapor de agua y el CO₂ irradian parte de ella de regreso a la Tierra, manteniendo el calor, a esto se le llama el efecto invernadero. Pero el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) aumentan la irradiación y así también el calentamiento de la Tierra (OTTERBACH, 2013, p. 85).

1.3.3 Caracterización de la Sucesión

1.3.3.1 Sucesión Vegetal

Las transiciones en la composición vegetal son más evidentes cuando un área es afectado por un fenómeno natural que elimina la vegetación existente, estos fenómenos pueden ser: inundaciones, incendios forestales, el retroceso glaciar, etc. Es en ese momento cuando nuevas especies de vegetación colonizan (especies pioneras) los espacios alterados, estos con el pasar de los años serán sustituidos por otras especies. Estos cambio en la composición de las especies se llama sucesión vegetal (ONDARZA, 2012, p. 32).

La sucesión vegetal es propio de la dinámica del ecosistema de las relaciones ecológicas interespecificas, son los principales causantes. Los cambios que estos experimentan puede darse de la siguientes frecuencia: áreas desnudas, líquenes, helechos, hierbas arbustos y matorrales, esto a grandes rasgos (CÁRDENAS, 2013, p. 82). Así cambio los ecosistemas, las especies pioneras son las que acondicionan el suelo y con los cambios de clima que se vive con el pasar los tiempos estas áreas seden a nuevas especies.

1.3.3.2 Sucesión Progresiva Primaria y Secundaria

En la clasificación práctica de la sucesión podemos diferenciar la sucesión primaria y la secundaria. La sucesión primaria se hace presente en lugares inhóspitos y áreas desnudas, es la fase donde hacen su aparición las llamadas especies pioneras.

Se conoce como sucesión secundaria cuando ocurre una restauración del ecosistema biótico que no ha sido alterado completamente. Estas sucesiones mencionadas anteriormente son parte de la maduración del ecosistema, cuando un ecosistema alcanza una maduración completa se dice que está en la etapa del climax (Cárdenas, 2013, p. 82), en esta etapa las comunidades maduras o adultas tienen una mayor estabilidad y relación con el medio físico.

1.3.3.3 Mecanismo de la Sucesión

Facilitación planta-planta es la interacción positiva entre las plantas, la presencia de una planta beneficia a otra vecina en términos de la germinación, supervivencia o crecimiento. La facilitación es un proceso ecológico que ocurre en las comunidades vegetales de todo el mundo, es particularmente importante para para mantener la biodiversidad. En las condiciones severas ambientales áridos, las especies benefactoras, también llamadas especies de enfermería, por lo general regulan las temperaturas extremas, humedad, irradiación y disponen de mayor disponibilidad de agua para las especies beneficiarias (RODRIGUEZ-ECHEVERRIA *et al*, 2013, pág. 2)

Muchas veces las especies tolerantes, quienes se acondicionan al ambiente del área son las que triunfan en la sucesión, en las últimas décadas tras los cambios climáticos que se están presentando muchas de las especies se están adaptando y algunas no, estas son desplazadas por otras especies que se adaptan con facilidad, pero a raíz de esto se pierde la biodiversidad de las zonas específicas (ODUM y WARRETT, 2006, pág. 340).

1.3.4 Factores que Favorecen la Sucesión

Cuando un nuevo territorio queda libre para ser colonizado, las especies pioneras son las que acondicionan el espacio para las futuras especies de vegetación que empezaran a poblar hasta una etapa terminal o madura denominada clímax. La etapa de la sucesión inicial se denomina etapa pionera y se caracteriza por especies de plantas de pioneras de sucesión temprana, las cuales presentan tasas elevadas de crecimiento, tamaño pequeño, margen de vida breve y producción de gran número de semillas de fácil dispersión. Para que se lleve la sucesión ecológica depende de muchos factores bióticos y abióticos, estos ayudan que se desarrolle con facilidad en los espacios libres. Las diversas condiciones climáticas y fisiográficas son muy relevantes para los cambios en la vegetación y para su desarrollo de las diferentes especies de plantas (ODUM y WARRETT, 2006, pág. 339).

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema General

- ¿Cómo el retroceso del glaciar Pastoruri propicia la aparición de las especies pioneras, Ancash - 2017?

1.4.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es el tipo de vegetación altoandina que predomina tras el retroceso glaciar Pastoruri, Ancash - 2017?
- ¿Cuál es el tipo de sucesión vegetal que se encuentra tras retroceso glaciar Pastoruri, Ancash - 2017?
- ¿Cuáles son los factores abióticos que favorecen la aparición de especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri, Ancash - 2017?
- ¿Cuáles son los factores bióticos que favorecen la aparición de especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri, Ancash - 2017?

1.5 Justificación del Estudio

La investigación que se lleva a cabo se dará a conocer la colonización de las especies pioneras tras el retroceso glaciar del Pastoruri, en el contexto del cambio climático, como influye al cambios en los ecosistemas de montaña. A raíz de esta investigación tendremos una perspectiva de lo que puede pasar años más adelante, la investigación promueve el uso las tecnologías para el ámbito ambiental. En los últimos siglos la tecnología ha hecho aportes muy importantes para el desarrollo de las actividades humanas, aplicar estas herramientas para tomar las mejores decisiones para la conservación de la biodiversidad es de suma importancia, es por ello que esta investigación trata de promover las tecnologías que tenemos para poder realzar simulaciones.

Social

La investigación tendrá un aporte social porque brindara un conocimiento de los posibles cambios en los ecosistemas de montaña, así mismo contribuirá para la toma de decisiones para conservación de la biodiversidad de especies endémicas. Teniendo las simulaciones de los posibles cambios en el ecosistema del área de estudio los pobladores podrán tener una perspectiva para poder tomar decisiones y afrontar los cambios, el cambio climático es un problema que con pasar los años está tomando mucha importancia para la investigadores es por ello que esta investigación está centrado en el retroceso glaciar y la aparición de las especies pioneras en el contexto del cambio climático, así mismo servirá como antecedente para las futuras investigaciones.

Ambiental

Con la investigación se podrá determinar los posibles cambios de los ecosistemas de montaña, como estas áreas con el cambio climático están teniendo cambios repentinos, con los datos de recolección de campo se determinara si las especies que están colonizando las áreas libres dejado por los glaciares son autóctonas o introducidas.

Económico

La investigación planteada promueve el uso de tecnologías para realizar simulaciones y entender de los posibles cambios de los ecosistemas en los próximos años. El área de estudio está situado en una Área Natural Protegido (ANPs), los presupuestos de conservación de la biodiversidad a raíz de esta investigación pueden ser distribuidos más eficientemente.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

- El modelamiento de especies pioneras, mediante la cronosecuencia post-glacial utilizando MAXENT y GIS, permitirá identificar las áreas de sucesión primaria.

1.6.2 Hipótesis Específicos

- Las especies pioneras, tras el retroceso del glaciar Pastoruri, son nativas y/o endémicas de los Andes peruanos; especialmente pertenecientes a la familia Asteraceae, Ancash – 2017.
- El tipo de sucesión vegetal que se encuentra tras el retroceso del glaciar Pastoruri, es primaria, Ancash – 2017.
- Los factores abióticos que favorecen la aparición de especies pioneras son: la temperatura y la precipitación, Ancash – 2017.
- El factor biótico que favorece la aparición de especies pioneras es la facilitación planta-planta, Ancash – 2017.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

- Realizar el modelamiento de las especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri mediante la cronosecuencia post-glacial utilizando Maxent y GIS, Ancash – 2017.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Determinar el tipo de vegetación altoandina que predomina tras el retroceso glaciar Pastoruri, Ancash – 2017.
- Determinar el tipo de sucesión vegetal que se encuentra tras el retroceso glaciar Pastoruri, Ancash – 2017.
- Determinar los factores abióticos que favorecen la aparición de especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri, Ancash – 2017.
- Determinar los factores bióticos que favorecen la aparición de especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri, Ancash – 2017.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de Investigación

2.1.1 Tipo

El presente estudio se considera de tipo aplicada, pues depende de los descubrimientos y avances de las investigaciones antecesoras a este, se enriquece de ellos.

2.1.2 Diseño

El presente estudio es de diseño no experimental porque los datos recolectados no fueron manipulados y se recolectaron tal como se observó los fenómenos en su contexto natural, para luego ser analizados (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 152). Los datos obtenidos en campo se procesaron sin ninguna modificación, asimismo los datos que se tomaron son confiables y verídicas.

2.1.3 Temporalidad

El presente estudio por su temporalidad es de diseño longitudinal o también llamada evolutiva, esto debido que la recolección de datos se dará en diferentes momentos con el propósito de describir las variables y analizar su incidencia e interrelación. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 154). Asimismo, en coberturas vegetales con estacionalidad climática marcadas se realizar mínimo dos evaluaciones: uno en periodo seco y otro en el periodo húmedo (Ministerio del Ambiente, 2015, p. 28).

2.1.4 Nivel

La presente investigación alude a un nivel exploratorio ya que se buscó conocer un conjunto de variables en un momento específico inicial poco conocido (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 155).

Las investigaciones que se han llevado en el glaciar Pastoruri son principalmente de la evolución del glaciar, con respecto a su ecosistema de montañas que alberga, la flora y fauna y su modelamiento de estos no se tiene vestigio en ninguna investigación.

2.1.5 La Unidad de Análisis

Ambiente de trabajo: área periglacial del glaciar Pastoruri.

- Geográficas:

Tabla 1: Información geográfica del área de estudio.

Coordenadas	260635 E, 8902454 N
Altitud	5.240 msnm
Sierra	Cordillera Blanca
Cordillera	Andes
Provincia	Bolognesi
Departamento	Ancash

Fuente: Elaboración propia, los datos fueron recolectados del ANA

- Temporales: se tuvo una duración de cuatro meses para los resultados.

2.2 Fases del Trabajo de Recopilación de Datos

2.2.1 Fase 1: Recopilación de Datos Bibliográfica

- Los datos meteorológicos se recopilaron de la base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Se tomó los datos de las 3 estaciones más cercanas al área de estudio son las siguientes:

Tabla 2: Ubicación de las estaciones meteorológicas

Estación	Coordenadas		Altitud (msnm)	Provincia	Departamento
	Este	Norte			
CHIQUIAN	264426	8877224	3350	BOLOGNESI	ANCASH
CHAVIN	261280	8939624	3151	CHAVIN DE HUANTAR	ANCASH
RECUAY	230797	8923557	3431	RECUAY	ANCASH

Fuente: Elaboración propia, (los datos fueron recolectados del SENAMHI)

Posteriormente se pasó a realizar la extrapolación con la ayuda del IDW, una función del Arc Toolbox, que es el componente del ArcGis el cual se basa en el método de distancia inversa ponderada. Es así que consiguió un mapa digital de temperatura y precipitación en formato raster. Estos mapas se utilizaron como capas base para poder realizar el modelamiento de la distribución de las especies pioneras. Los datos de precipitación y temperatura se tomaron de las estaciones de Recuay, Chavin y Chiquian.

- Los mapas cartográficos se obtuvieron del Instituto Geográfico del Perú (IGN), la cual está en una escala de 1:100000, esto, son muy importantes para determinar el área de estudio y realizar el modelamiento de la dispersión de las especies pioneras en el glaciar Pastoruri.
- Para el análisis del retroceso glaciar mediante la cronosecuencia post-glacial se adquirió las imágenes satelitales de los años: 2001, 2003, 2005, 2007, 2009, 2011, 2013, 2015 y 2017.

Tabla 3: Información de imágenes satelitales

Año	Satélite	Bandas	Fecha
2001	Landsat 5	6 Bandas	22 de junio
2003	Landsat 5	6 Bandas	11 de julio
2005	Landsat 5	6 Bandas	01 de junio
2007	Landsat 5	6 Bandas	22 de mayo
2009	Landsat 5	6 Bandas	28 de junio
2011	Landsat 7	6 Bandas	2 de junio
2013	Landsat 8	8 Bandas	9 de julio
2015	Landsat 8	8 Bandas	1 de septiembre
2017	Landsat 8	8 Bandas	15 de abril

Fuente: Elaboración propia, los datos fueron recolectados de la imagen satelital Landsat TM.

2.2.2 Fase 2: Trabajo de Campo

- Para el trabajo de campo se contó con un cuadrante de 1m x 1m, el cual estuvo dividida en sub-cuadrantes de 10 cm², este material ayudo a determinar la cobertura vegetal, asimismo se contó para la identificación de las especies pioneras que están poblando las áreas descubiertas por el hielo perenne. El cuadrante tuvo una codificación tal como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 2: codificación de los sub-cuadrantes

1-A	1-B	1-C	1-D	1-E	1-F	1-G	1-H	1-I	1-J
2-A	2-B	2-C	2-D	2-E	2-F	2-G	2-H	2-I	2-J
3-A	3-B	3-C	3-D	3-E	3-F	3-G	3-H	3-I	3-J
4-A	4-B	4-C	4-D	4-E	4-F	4-G	4-H	4-I	4-J
5-A	5-B	5-C	5-D	5-E	5-F	5-G	5-H	5-I	5-J
6-A	6-B	6-C	6-D	6-E	6-F	6-G	6-H	6-I	6-J
7-A	7-B	7-C	7-D	7-E	7-F	7-G	7-H	7-I	7-J
8-A	8-B	8-C	8-D	8-E	8-F	8-G	8-H	8-I	8-J
9-A	9-B	9-C	9-D	9-E	9-F	9-G	9-H	9-I	9-J
10-A	10-B	10-C	10-D	10-E	10-F	10-G	10-H	10-I	10-J

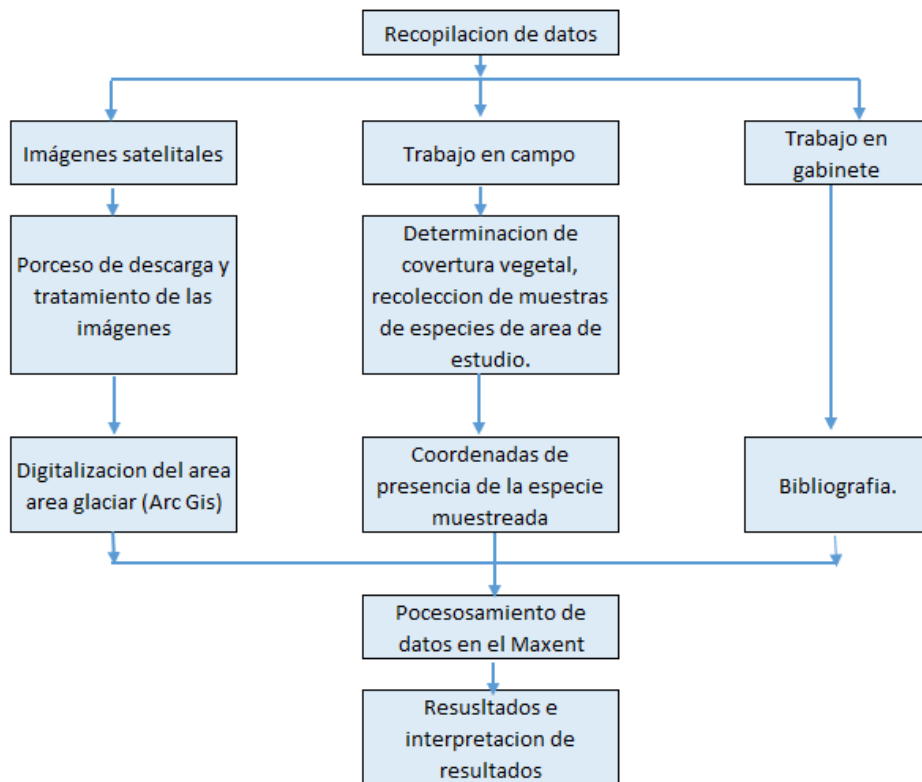
Fuente: Adaptado de ZIMMER *et al* (2015)

- Las áreas donde se realizaron los trabajos de campo con el sub-cuadrante se tomaron las coordenadas (UTM), lo cual es de suma importancia para poder llevar los datos de campo a datos digitales, estas coordenadas se tomaron para la localización de los puntos, realizar el modelamiento y los mapas respectivos de cada una de las informaciones.
- Para determinar la precipitación se utilizó los datos de la estación de Recuay, cuyos datos fueron brindados por el SENAMHI.

2.2.3 Fase 3: Gabinete

- Los datos obtenidos (coordenadas) de campo fueron digitalizados en el Excel 2013, la cual fue guardado en un formato CSV (delimitado por comas) esto debido que el Maxent solo reconoce ese tipo archivos. Se creó archivos para cada una de las especies encontradas en el área del retroceso del glaciar Pastoruri.
- Los datos ya completamente digitalizados fueron ingresados al software Maxent, el cual realizo el modelamiento. Este software es un programa para modelamiento de la distribución geográfica de las especies en base a la máxima entropía. Para el modelamiento de la distribución de las especies pioneras se tomó como capa base la temperatura máxima, mínima y precipitación.
- Para el diseño de los mapas respectivos obtenidos del Maxent se utilizó el ArcGis 10.3, con la ayuda de este software se cambió de formato y se podrá realizar el diseño adecuado para la representación de los mapas resultados del modelamiento de las especies pioneras tras el retroceso glaciar.

Figura 3: Flujograma del proceso realizados para la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3 se muestra las etapas realizadas en la investigación así como los programas utilizados para realizar el modelamiento de la distribución de las especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri.

2.3 Variables, Operacionalización

Tabla 4: Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Independiente: Retroceso Glaciar	¹ Se conoce como retroceso al ascenso altitudinal de la línea inferior de las nieves de alta montaña, en muchos casos se le atribuye al deshielo o fusión glaciar.	Es la variación a las cotas más altas de las masas del hielo, esto debido a un desequilibrio en el balance de masas de nieve. Para el análisis del retroceso glaciar se tomara sus características físicas y el clima de la zona.	Climática	Temperatura	°C
				Precipitación	mm anual
			Características físicas	Área de retroceso glaciar.	ha
				Longitud del retroceso glaciar.	m
Dependiente: Aparición de Especies Pioneras	² Primeras especies que inician la colonización de los espacios alterados dando inicio a la sucesión ecológica.	Son las primeras especies que colonizan o invaden un área alterado por cualquier fenómeno, por lo cual se analizara la sucesión, los tipos de especies altoandinas, y los factores bióticos y abióticos.	Vegetación altoandina	Especies endémicas.	ind/m ²
				Especies introducidas.	ind/m ²
				Cobertura vegetal	%/m ²
			Sucesión	Sucesión primaria.	ind/m ²
				Facilitación.	ind/m ²
				Tolerancia.	ind/m ²
				Inhibición.	ind/m ²
			Factores bióticos	Facilitación (planta-planta).	ind/m ²
Factores abióticos	Temperatura.	°C			

Fuente: Elaboración Propia

¹Definiciones sustraídas de IDEAM (2012)

²Definiciones sustraídas de ONDARZA (2012)

2.4 Población, Muestra y Muestreo

2.4.1 Población

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en el Inventario de Glaciares y Lagunas del 2014, hace mención que en la Cordillera Blanca que se encuentra

en los Andes del Norte del Perú, se registran un total de 755 glaciares con una superficie total de 527.62 Km² (ANA, 2014, p. 21).

La población que se consideró para esta investigación fue el área total del retroceso del glaciar Pastoruri del año 2001 al 2017, con un total de 49.14 ha. (Ver anexo)

2.4.2 Población Accesible

La población se encuentra accesible ya que está dentro del Parque Nacional Huascarán, es un área natural protegida (ANP). Según D.S. N° 010-2015- MINAM en el Artículo 1 hace mención las investigaciones en las áreas naturales protegidas son de interés nacional, los documentos para que se lleve a cabo la investigación fueron de tramites gratuitos y se realizó el trámite en el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el estado (SERNANP), institución encargada de emitir la autorización.

2.4.3 Muestra

La muestra tomada fue objetiva y directa, contando con el área total del retroceso del glaciar del año 2001 al año 2017 de 49.14 ha, de lo cual la muestra tomada para el tema de cobertura vegetal fue de 10 parcelas de un área de un 1 m², para el estudio de la vegetación altoandina este cuadrante de dichas dimensiones es considerada como área representativa de la diversidad de las comunidades herbáceas (ZIMMER *et al*, 2014, p. 16). Para la recopilación de las coordenadas de donde se evidencio la especie muestreada se recorrió las partes accesibles del área periglaciar norte del glaciar Pastoruri, una área aproximada de 3 ha.

2.4.4 Selección de la Muestra

Muestreo no probabilístico: los elementos no dependen de la probabilidad, si no se toman con las características de la investigación o del propósito del

investigador. El procedimiento de la selección no es mecánico ni basados en las fórmulas de probabilidad (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 176). La selección de la muestra se tomó por convicción y por la facilidad de acceso.

2.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad

2.5.1 Técnicas

Observación

El propósito de la técnica de la observación son las siguientes (HERNÁNDEZ *et al*, p. 399):

- Explorar y describir ambientes, zonas de vida, aspectos de la vida, observar los cambios y los actores que generan dicho cambio.
- Observar y comprender los procesos vinculados con las personas y sus actividades, experiencias o circunstancias, los eventos y los patrones que se desarrollan en dicha área.
- Identificar y describir problemas sociales.
- Generar hipótesis para las siguientes investigaciones.

Recolección bibliográfica

Esta técnica básicamente se enfoca en la revisión de documentos bibliográficos para poder cumplir con los objetivos de investigación (HERNÁNDEZ *et al*, p. 416).

Se recurrió a esta técnica para poder identificar las especies que se encuentren en el área de estudio, los datos se registraran (Ver Anexo 5), si la especie pionera no es identificada en campo la muestra tomada se trasladara al herbario del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).

2.5.2 Validación y Confiabilidad del Instrumento

La validación de instrumento se realizó por tres expertos, obteniendo un promedio en la calificación de 93.33 % (Ver anexo G), asimismo la prueba de confiabilidad de esta 0.857 (Ver anexo j) la cual califica al instrumento de la investigación como aceptable.

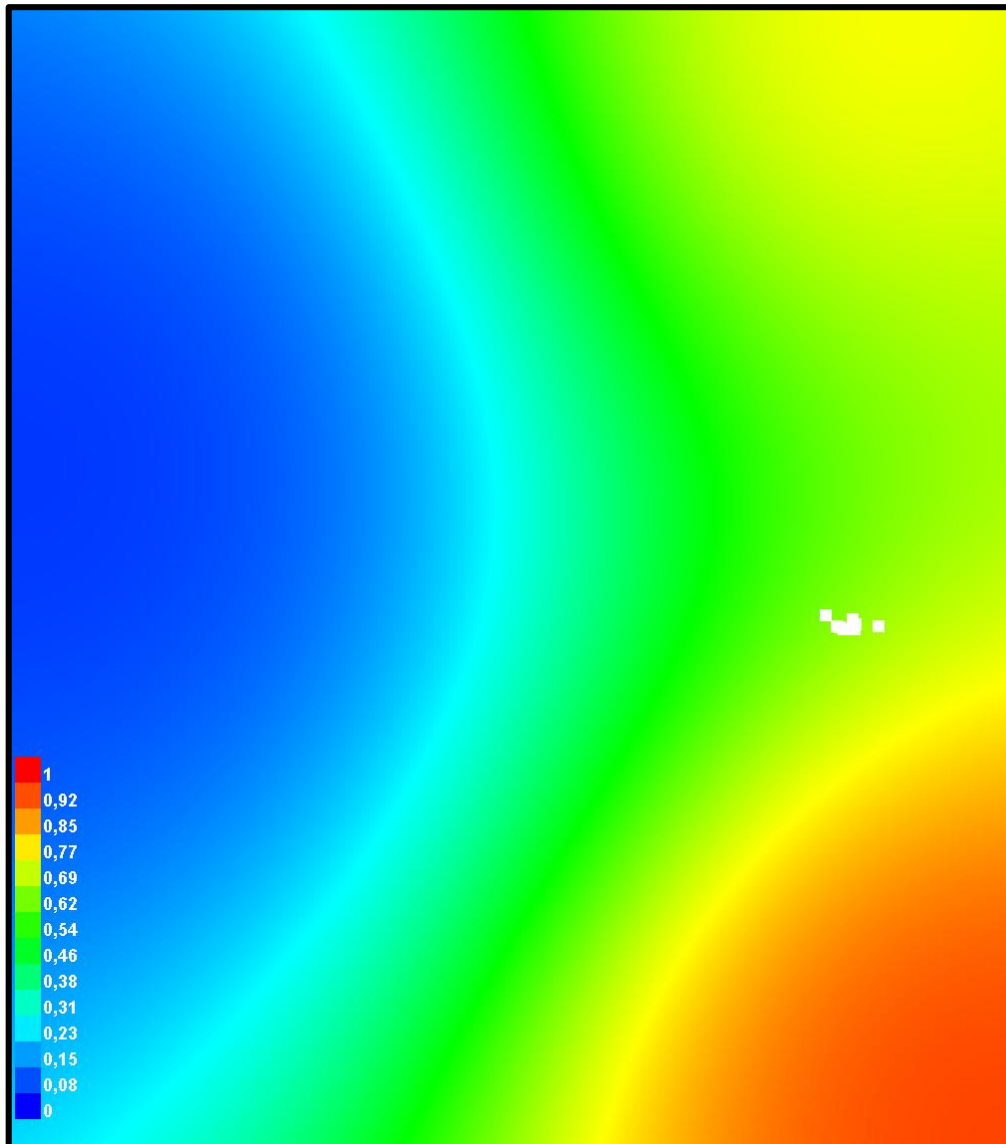
2.6 Métodos de Análisis de Datos

Los datos fueron evaluados e interpretados según sean cualitativas o cuantitativas como muestran los instrumentos empleados.

III. RESULTADOS

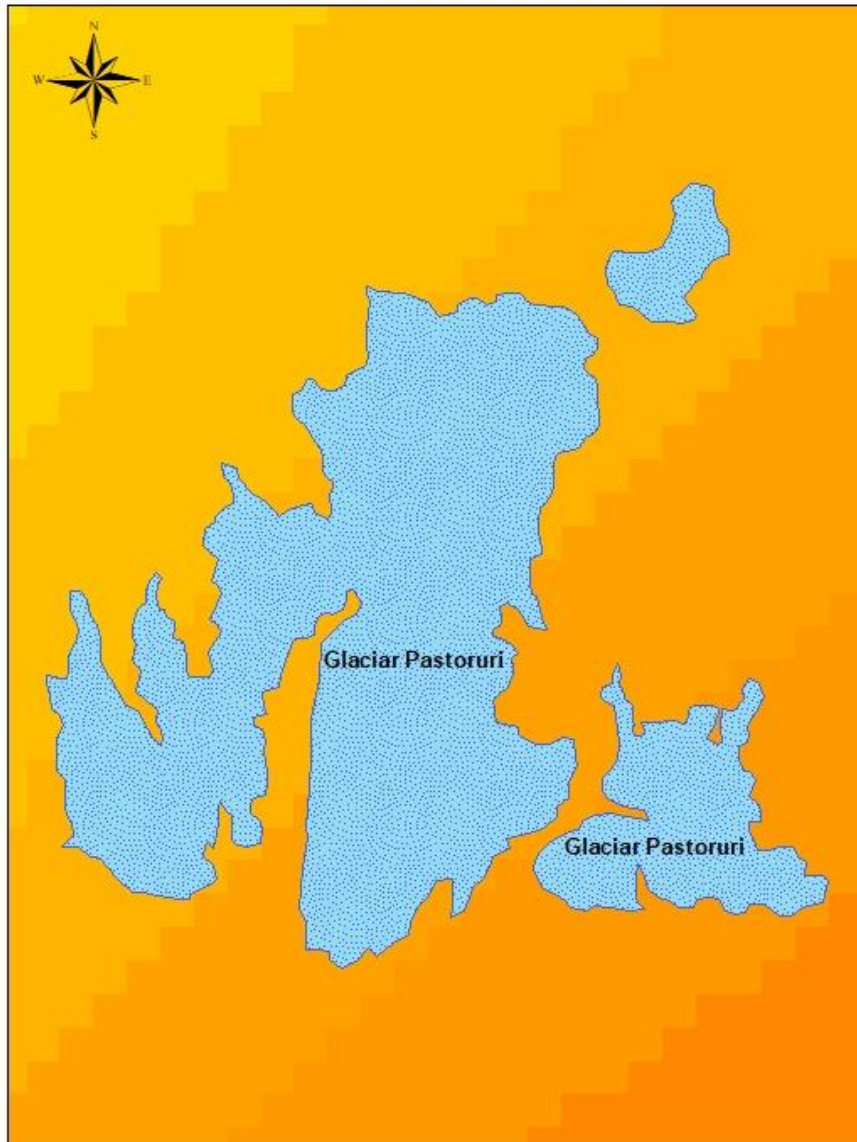
3.1 El modelamiento de las especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri mediante la cronosecuencia post-glacial utilizando Maxent y GIS.

Figura 4: Distribución de las especies pioneras en el área periglacial del Pastoruri.



La figura 4 muestra el rango de oscilación de la presencia de la distribución de las especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri, los valores de color azul denotan una ausencia de la especie y la coloración de degradación naranja-rojizo una probabilidad de 0.85 de encontrar la especie en dicho área.

Figura 5: Ubicación en la escala de degradación de la coloración de la figura (4) anterior.

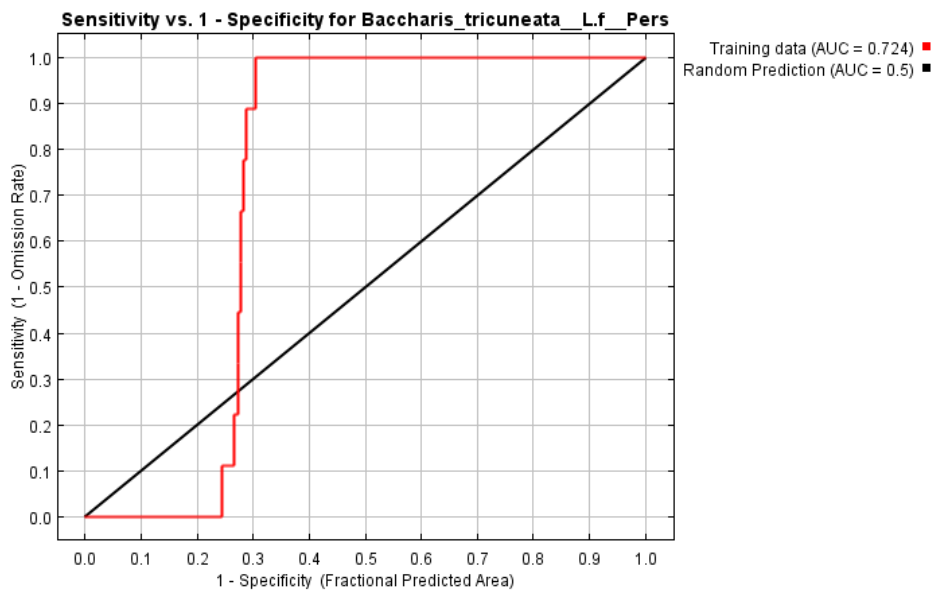


Fuente: Elaboración propia.

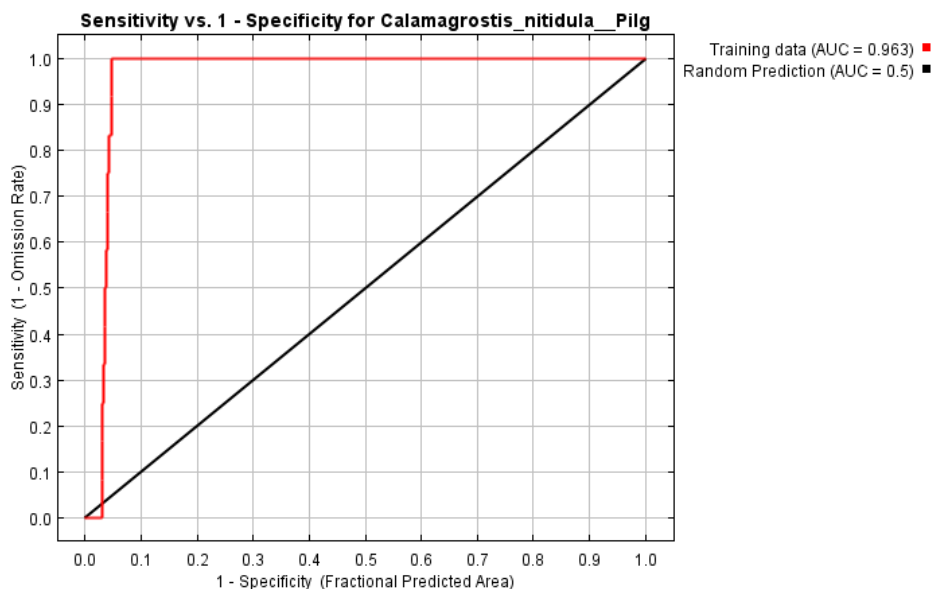
La figura 5 se observa una coloración naranja-amarillenta la cual indica una probabilidad de encontrar las especies pioneras entre un rango de 0,77 a 0,85 en el área periglacial del pastoruri. Asimismo en la siguiente figura se mostrara la confiabilidad del modelo de la distribución de las especies.

Figura 6: curvas ROC (area bajo la curva) para las especies **(a)** *Baccharis tricuneata* (L.f) Pers y **(b)** *Calamagrostis nitidula* Pilg.

(a)



(b)



Fuente: Elaboración propia.

La figura 6 muestra la curva ROC (area bajo la curva), lo cual muestra la confiabilidad del modelo, la figura a presenta un AUC de 0.724 y b 0.96, los dos valores son aceptables la confiabilidad del modelo aplicado para la posible distribución de las especies ya que su probabilidad (AUC) es cercano a 1.

3.1.1 Tipo vegetación alto-andina que predomina tras el retroceso glaciar Pastoruri.

La siguiente tabla muestra los puntos de muestreo en el área periglacial de Pastoruri asimismo en el anexo j se muestra el mapa de los puntos de muestreo.

Tabla 5: Especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri.

Código de Campo	Nombre Científico	Familia
PA-01	<i>Senecio sublutescens</i> Cuatrec.	Asteraceae
PA-01	<i>Senecio adenophyllus</i> Meyen & Walp.	Asteraceae
PA-04 Muestra 1	<i>Baccharis tricuneata</i> (L.f) Pers.	Asteraceae
PA-04 Muestra 2	<i>Calamagrostis nitidula</i> Pilg.	Poaceae
PA-04 Muestra 3	<i>Novenia acaulis</i> (Benth & Hook. F. ex B.D. Jacks) S.E. Freire & F.H. Hellw	Asteraceae
PA-04 Muestra 4	<i>Senecio evacoides</i> Sch. Bip.	Asteraceae
PA-06	<i>Senecio serratifolius</i> (Meyen & Walp.) Cuatrec.	Asteraceae
PA-07	<i>Xenophyllum dactylophyllum</i> (Sch. Bip.) V.A. Funk digitatum (Wendd.) V.A. Funk.	Asteraceae

Fuente: José Ricardo Campos De La Cruz.

En la tabla 5 se muestra las especies de vegetaciones encontradas, de lo cual familia la familia predominante es Asteraceae. Las dos familias de vegetación encontrada son típicas de las zonas alto andinas tal como nos afirma Kahn *et al* (2016), en altitudes de 4000 a 4800 msnm, es peculiar que en los andes peruanos se encuentren las familias de vegetación tales como: *Alstroemeriaceae*, *Apiaceae*, *Aspleniaceae*, *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Cactaceae*, *Poaceae*, etc.

3.1.2 El tipo de sucesión vegetal que se encuentra tras retroceso glaciar Pastoruri.

Tabla 6: Porcentaje del retroceso Glaciar Pastoruri.

Año	Área en ha	% del área glaciar	% del retroceso
2001	234,495989	0,00 %	100,00 %
2003	202,961126	86,55 %	13,45 %
2005	186,87663	79,69 %	20,31 %
2007	180,845061	77,12 %	22,88 %
2009	186,934676	79,72 %	20,28 %
2011	183,72265	78,35 %	21,65 %
2013	174,28255	74,32 %	25,68 %
2015	152,888207	65,20 %	34,80 %
2017	185,363122	79,05 %	20,95 %

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 se puede observar el porcentaje del retroceso del glaciar Pastoruri, tomando como base al área del año 2001. El retroceso con pasar los años es más notorio debido a los cambios climatológicos que se está presentando en las últimas décadas.

Figura 7: Porcentaje del Retroceso Glaciar Pastoruri.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 7 se muestra la tendencia del área del retroceso del glaciar Pastoruri. Estas nuevas áreas que deja el glaciar tras su retroceso son posteriormente pobladas por las especies de vegetación llamadas especies pioneras. En el área de estudio las familias encontradas son Asteraceae y Poaceae, comprendiendo un total de 8 especies (Tabla 6).

Asimismo tal como nos menciona Ondarza (2012), las transiciones en la composición vegetal son más evidentes cuando un área es afectado por un fenómeno natural que elimina la vegetación existente, estos fenómenos pueden ser: inundaciones, incendios forestales, el retroceso glaciar, etc. Colonizando primeramente las especies llamadas pioneras, así dando el origen a la sucesión primaria.

3.1.3 Factores abióticos que favorecen la aparición de especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri.

Para poder llegar a una conclusión de cuál de los factores (temperatura o precipitación) tiene una mayor incidencia en la aparición de la especies pioneras se realizó el muestreo de la cobertura vegetal en el área periglacial del Pastoruri, en la siguiente tabla se muestra los puntos de muestreo.

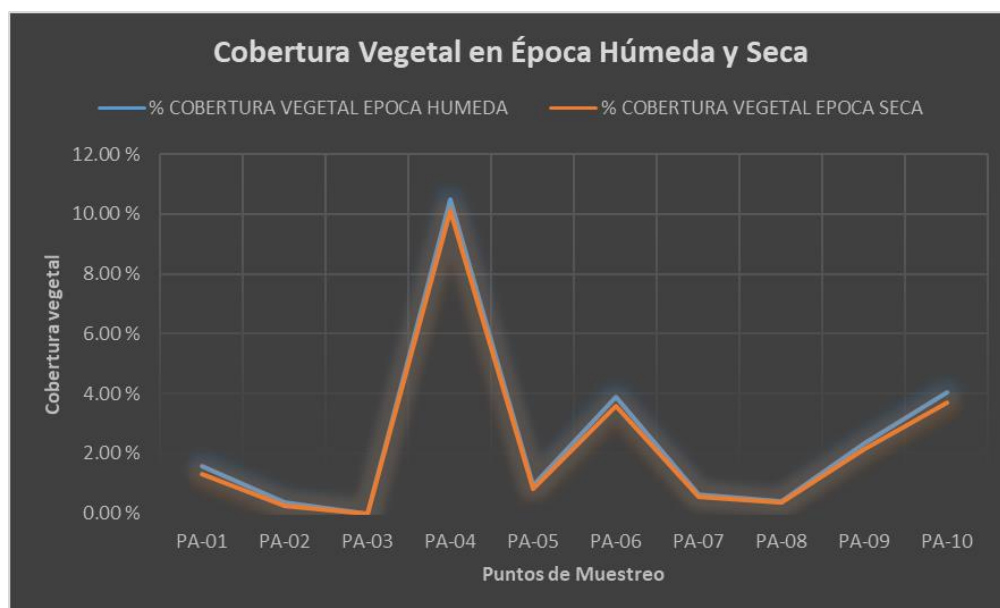
Tabla 7: Cobertura Vegetal en la época húmeda y seca en el Glaciar Pastoruri.

Sub-parcelas	Coordenadas		Altitud	% Cobertura vegetal época húmeda	% Cobertura vegetal época seca
	Este	Norte			
PA-01	260583	8903233	4997 msnm	1,58 %	1,30 %
PA-02	260572	8903276	5002 msnm	0,36 %	0,25 %
PA-03	260440	8903226	4988 msnm	0,00 %	0,00 %
PA-04	260506	8903519	4473 msnm	10,48 %	10,10 %
PA-05	260260	8903360	4985 msnm	0,95 %	0,82 %
PA-06	260164	8903417	4979 msnm	3,90 %	3,60 %
PA-07	260787	8903473	4993 msnm	0,62 %	0,56 %
PA-08	260777	8903579	4979 msnm	0,40 %	0,35 %
PA-09	261070	8903597	4980 msnm	2,32 %	2,16 %
PA-10	261015	8903820	4956 msnm	4,05 %	3,70 %

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7 se muestra los puntos de muestreo, cada uno con sus coordenadas y altitudes respectivas. Las muestras se tomaron y se transportaron como mencionan las siguientes normativas: Guía de inventario de la flora y vegetación Resolución Ministerial N° 059 – 2015 – MINAM y Protocolo para la colección de ejemplares botánicos en procesos de supervisión forestal, Resolución Presidencial N° 052-2015-OSINFOR. Asimismo en las cuales hace mención para que la muestra sea representativa mínimo se debe realizar el muestreo en las épocas más marcadas tales como en época húmeda y la otra en seca.

Figura 8: Cobertura Vegetal en la época húmeda y seca en el Glaciar Pastoruri.



Fuente: Elaboración propia.

La figura 8 se muestra la tendencia de variación entre las dos épocas muestreadas. Se puede observar una variación en cuanto al porcentaje de cobertura vegetal, en la época humedad la cobertura es relativamente mayor que la época seca. Esta diferencia de coberturas se debe a la gran diferencia de la variabilidad climática entre las dos épocas mencionadas.

Tabla 8: Temperatura y precipitación Anual en el Glaciar Pastoruri.

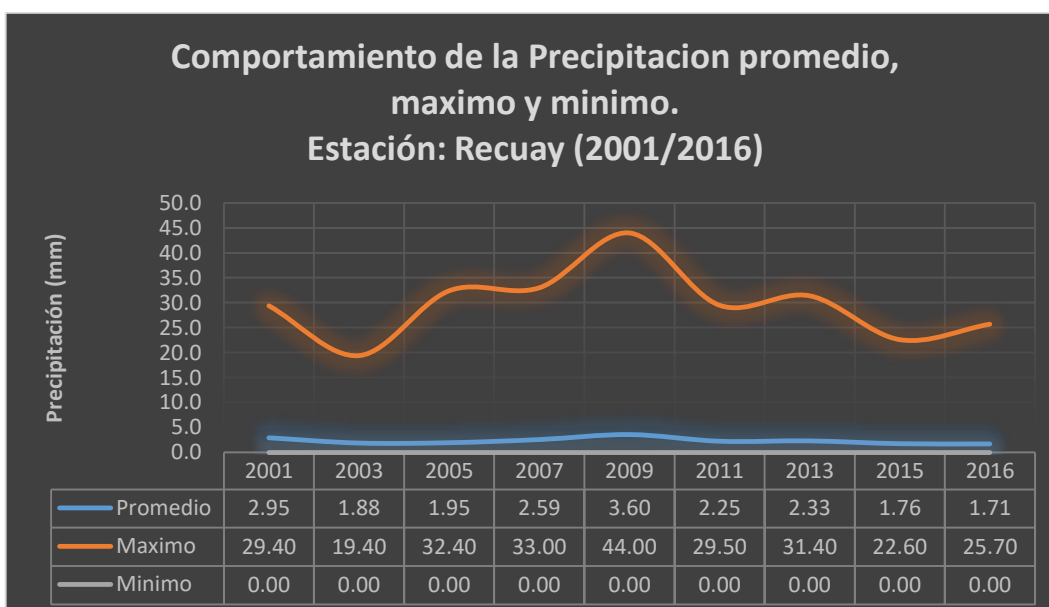
Años	Temperatura (° C)			Precipitación (mm/año)		
	Máxima	Mínima	Promedio	Promedio	Máximo	Mínimo
2001	20.25	-2.00	12.28	2.95	29.40	0.00
2003	21.11	-0.80	12.73	1.88	19.40	0.00
2005	21.08	-2.80	12.34	1.95	32.40	0.00
2007	20.86	-1.80	12.54	2.59	33.00	0.00
2009	20.10	-0.80	12.69	3.60	44.00	0.00
2011	20.60	-3.00	12.38	2.25	29.50	0.00
2013	20.88	-1.40	12.76	2.33	31.40	0.00
2015	21.79	-3.90	12.59	1.76	22.60	0.00
2016	23.00	-1.40	13.82	1.71	25.70	0.00

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 8 se muestra la precipitación promedio, máximo y mínimo del año 2001 al 2017, los cuales fueron considerados en la investigación. Al igual que la temperatura, los datos se obtuvieron de las estaciones del SENAMHI. La temperatura máxima es de 23 ° C correspondiente al año 2016, la temperatura mínima fue de -3.90 que se registró en el año 2015.

Asimismo en la tabla anterior se muestra la precipitación máxima de 44 mm/año en el 2009 y la precipitación mínima se considera cero, lo cual indica una ausencia de precipitación.

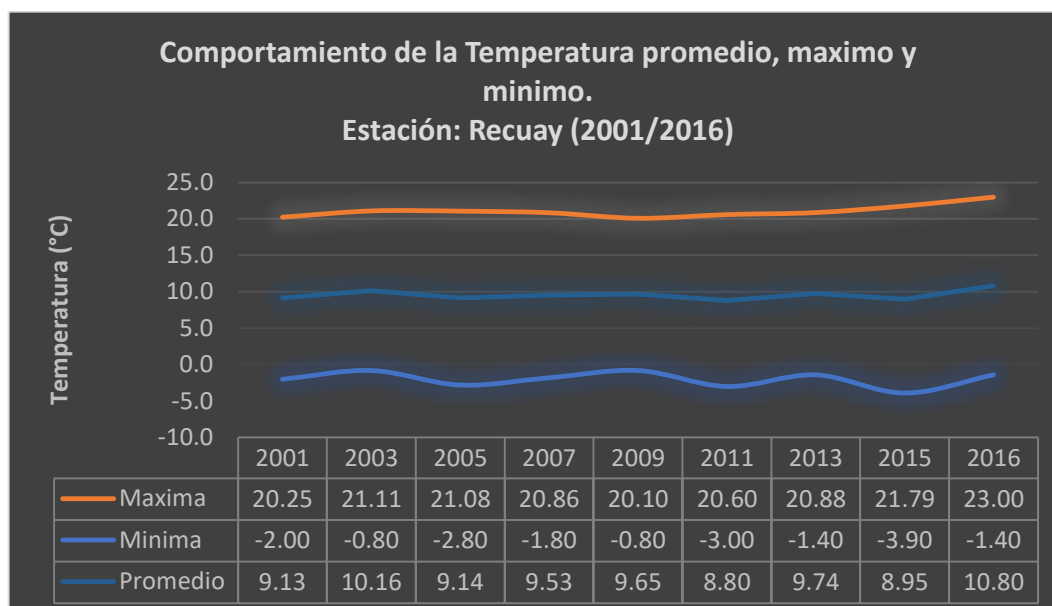
Figura 9: Precipitación anual promedio, máximo y mínimo en el Glaciar Pastoruri.



Fuente: Elaboración propia

La figura 7 se muestra la oscilación de la precipitación, en donde se observa el pico más alto de variación fue en el año 2009 tanto en precipitación promedio anual y máximo. Asimismo se puede observar que el año 2016 registra menor precipitación promedio de 1.71 mm/año.

Figura 10: Temperatura anual promedio, máximo y mínimo anual en el Glaciar Pastoruri.



Fuente: Elaboración propia

La figura 8 se muestra la oscilación de la temperatura, en donde se observa el pico más alto de variación en el año 2016 tanto en temperatura promedio anual y máximo. Asimismo se puede observar que el año 2015 se registró la temperatura mínima de todos los años de estudio.

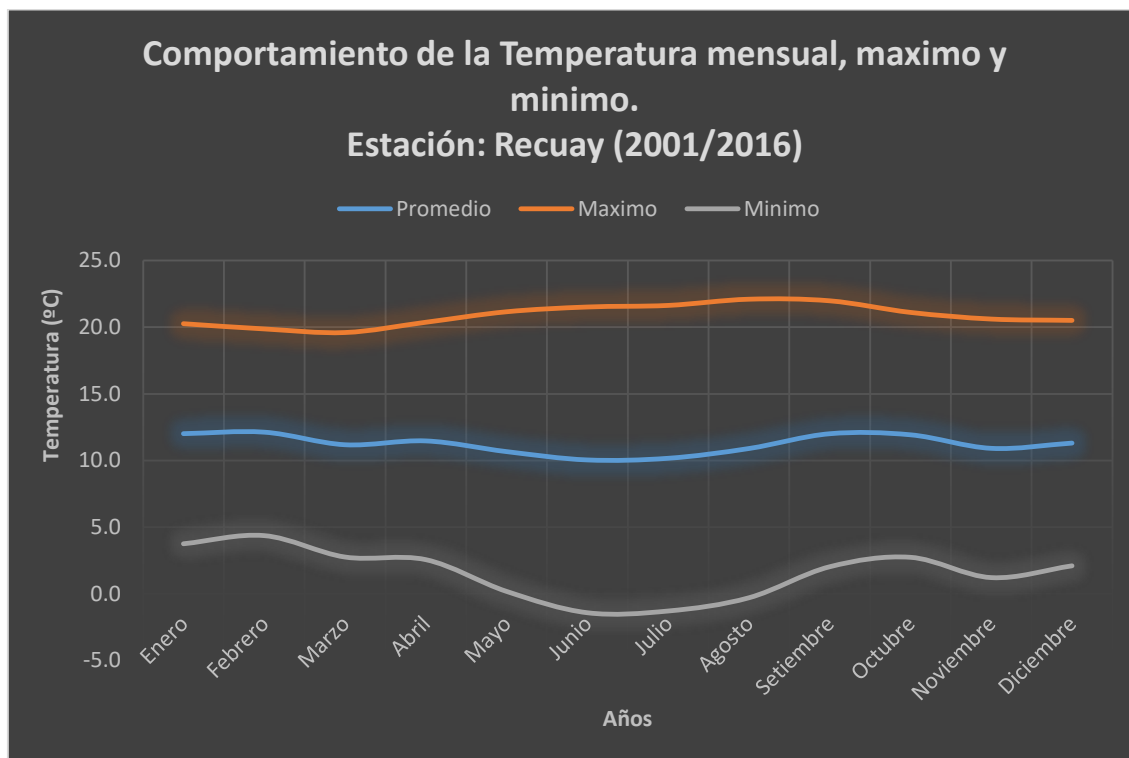
Tabla 9: Temperatura y precipitación mensual en el Glaciar Pastoruri.

Meses	Temperatura (° C)			Precipitación (mm/mensual)		
	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo
Enero	12.01	20.27	3.75	4.22	7.12	1.35
Febrero	12.12	19.88	4.36	3.84	5.12	2.63
Marzo	11.18	19.61	2.75	6.03	10.56	0.00
Abril	11.47	20.38	2.56	3.08	5.78	1.61
Mayo	10.67	21.17	0.17	1.03	2.21	0.53
Junio	10.05	21.52	-1.43	0.15	0.46	0.00
Julio	10.17	21.64	-1.30	0.10	0.54	0.00
Agosto	10.90	22.11	-0.30	0.19	0.53	0.00
Setiembre	12.01	21.99	2.03	0.76	2.81	0.00
Octubre	11.93	21.12	2.74	1.93	4.75	0.00
Noviembre	10.92	20.62	1.21	2.35	5.75	0.00
Diciembre	11.31	20.52	2.10	3.22	5.23	0.00

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9 se muestra la precipitación y temperatura mensual, en las que se puede resaltar que los meses con menos temperatura son junio y julio, asimismo la presentación en el mes de mayo fue de 1.03 representando el mes promedio con menor precipitación.

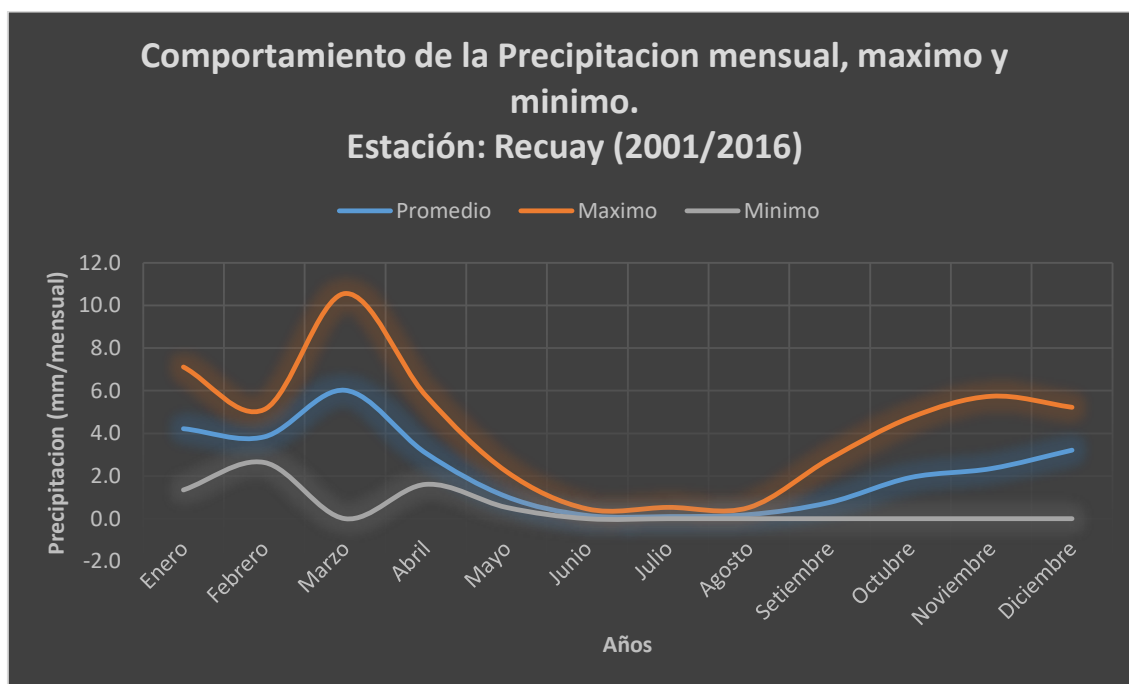
Figura 11: Temperatura mensual, máximo y mínimo en el Glaciar Pastoruri.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 11 se puede observar la variación de temperatura mensual desde el año 2001 hasta el 2016, el mes con mayor temperatura es el mes de agosto registrando un valor máximo de 22.11 °C, temperatura mínima se registra en el mes de junio de -1.43 °C.

Figura 12: Precipitación mensual, máximo y mínimo en el Glaciar Pastoruri

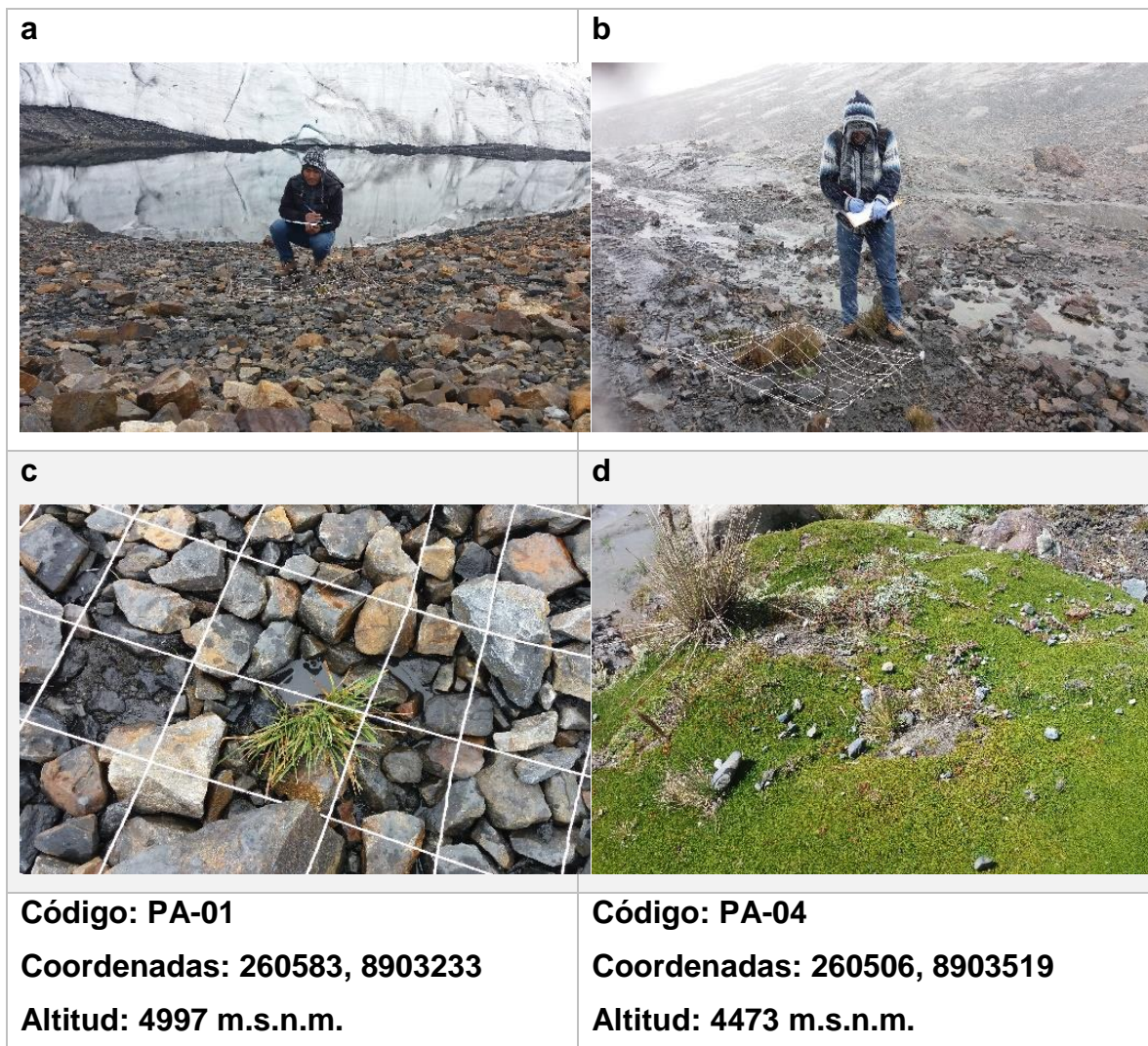


Fuente: Elaboración propia

La figura 12 representa la variación de precipitación en el área del glaciar Pastoruri. Donde claramente se puede diferenciar la época seca y húmeda, la primera comprende los meses de mayo, junio, julio y agosto; en la segunda época están los meses de setiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril e inicios de mayo.

3.1.4 Factores bióticos que favorecen la aparición de especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri.

Figura 13: Observación en campo del factor biótico facilitación planta – planta.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 13 se puede observar que el factor biótico facilitación planta solo se da en las partes ya ganadas **(d)** por las especies pioneras **(a)**. Asimismo cabe resaltar que la especie de *Pycnophyllum brioides* (yareta), familia de las juncáceas se acondiciona en áreas donde el agua tiene contacto con ellos ya que estas son como esponjas y pueden almacenar agua y nutrientes. **(c)** las especies pioneras están muy cerca a las masas de hielo, asimismo se **(b)** acondicionan a climas extremas y a la geografía del área periglacial.

IV. DISCUSIÓN

En este trabajo de investigación se tuvo como objetivo general realizar el modelamiento de las especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri mediante la cronosecuencia post-glacial utilizando Maxent y GIS, asimismo determinar el tipo de vegetación altoandina que predomina tras el retroceso glaciar, el tipo de sucesión vegetal que ese encuentra tras el retroceso, los factores abióticos y bióticos que favorecen la aparición de la especies pioneras s tras el retroceso del glaciar Pastoruri. Una vez mostrado los resultados, podemos pasar a contrastar con las investigaciones aproximadas a esta investigación.

En la investigación realizada por MARCANTE et al (2014) en la que la tolerancia al calor durante y después de la germinación no es suficiente para poder soportar las temperaturas que se pueden presentar en el verano, el calor puede explicar la alta tasa de mortalidad de las plántulas en las zonas de desglaciación reciente a nivel local las plántulas pueden beneficiar la mitigación micro ambiental de calor de la superficie de la tierra provocado por la misma geología de la zona. Se puede contrastar con la investigación ya se encontró una diferencia en la cobertura vegetal en la época húmeda y seca. La precipitación ayuda que las especies puedan poblar con mayor facilidad las áreas del retroceso glaciar, en la época seca hay una notoria variación debido a la alta tasa de mortalidad debido a la temperatura y escasa humedad del suelo a raíz de la escasa precipitación.

Tal como GONZÁLES et al (2016) en las regiones alto andinas del norte, centro y sur del Perú (3900 – 5700 m.s.n.m.) los doce taxones encontrados pertenecen a las los géneros de: *Jalcophila*, *Senecio*, *Werneria*, *Xenophyllum* (Asteraceae), *Draba*, *Petroravenia*, *Rorippa*, *Weberbaueria* (Brassicaceae) y *Stellaria* (Caryophyllaceae). Lo cual coincide con los resultados obtenidos de la identificación de las especies en el área periglacial del Pastoruri. Se identificó dos familias Asteraceae y Poaceae, la primera familia tiene la predominancia en riqueza de especie y se encontró más cerca al área glaciar del Pastoruri.

DVROSKY et al (2015), hace mención que las familias más comunes que se pueden observar en el área subnival fueron Brassicaceae, Asteraceae, Poaceae, Fabaceae y Cyperaceae. Las cuales son consideradas especies especialistas de

gran altitud. La cual se puede contrastar con las familias Asteraceae y Poaceae encontradas en el área periglacial del Pastoruri, las condiciones climáticas son similares al área subnival del Himalaya.

Asimismo la investigación realizada por MICHALET et al (2014), hace mención que la competencia y la facilitación adquiere más presencia con disminución de altitud la cual puede ser contrastada en la investigación que se llevó en el área periglacial del Pastoruri, se pudo observar que en el punto de monitoreo PA-01 con una altitud de 4997 m.s.n.m. la presencia de una sola especie a diferencia del punto e monitoreo PA-04 con un altitud de 4473 m.s.n.m. Donde se observó la presencia de la familia juncacea, el género *Distichia* es peculiar de los bofedales que brinda una facilitación planta – planta y actúa como planta enfermera. La presencia de este género es principalmente en los bofedales donde hay presencia de humedad y agua, por lo cual se puede encontrar con mayor presencia cada vez que se disminuye de altitud.

V. CONCLUSIÓN.

El modelamiento de la distribución de las especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri tiene un rango de confiabilidad de 0,77 a 0,85 lo cual nos indica en el área bajo la curva (ROC), del análisis del realizado por el programa Maxent por la máxima entropía, asimismo se puede hacer mención que el modelo de la distribución de las especies es confiable y se puede concretar la presencia de las familias de las especies encontradas en dicha investigación.

El tipo de sucesión altoandina que se refleja en el área periglacial del Pastoruri es la sucesión primaria esto debido que el retroceso del glaciar deja áreas libres para colonizar. Las especies que llegan a colonizar primero toman el nombre de especies pioneras.

Las especies pioneras identificadas en las áreas de la sucesión primaria tras el retroceso del glaciar Pastoruri son pertenecientes a dos familias Asteraceae esta a su vez comprende las siguientes especies: *Senecio sublutescens* Cuatrec, *Senecio adenophyllus* Meyen & Walp, *Baccharis tricuneata* (L.f) Pers, *Novenia acaulis* (Benth & Hook. F. ex B.D. Jacks) S.E. Freire & F.H. Hellw, *Senecio evacoides* Sch. Bip, *Senecio serratifolius* (Meyen & Walp.) Cuatrec, *Xenophyllum dactylophyllum* (Sch. Bip.) V.A. Funk *digitatum* (Wendd.) V.A. Funk y *Calamagrostis nitidula* Pilg, esta última especie perteneciente a la familia Poaceae.

El factor abiótico más resaltante para la cobertura vegetal fue la precipitación ya que se evidenció una variabilidad en las 10 parcelas muestreadas una ligera disminución de cobertura vegetal en la época seca. La precipitación y la humedad del suelo favorecen la aparición de las especies, estas a su vez se acondicionan a los extremos factores climáticos.

No se logró identificar ningún factor biótico cerca al frente glaciar del Pastoruri que este sujeto con las especies pioneras, en menores altitudes se pudo observar una facilitación planta principalmente en las familias de las juncáceas que son especies representativas de los bojedales de los ecosistemas de montaña, asimismo son especies conocidas como “esponjas” debido que almacenan agua y nutrientes. Esta familia de especie mencionada solo se observó en áreas donde había acumulación y estancamiento de agua.

VI. RECOMENDACIONES

7.1 Recomendaciones

- El espacio temporal de estudio debe ser con más datos histórico sobre todo en los temas climatológicos, ya que estos son factores muy importantes para determinar el área del retroceso del glaciar y el comportamiento en el tiempo de este. La estación de Recuay que fue considerada para este estudio no posee en su totalidad los datos climatológicos, existen algunos parches debido que no pudo registrar los datos por que desconocemos. Teniendo esta observación se puede optar por tomar más datos de estaciones cercanas al área de estudio.
- Para analizar mejor los de factores biológicos se debe tener un estudio más minucioso, evolutivo, y realizar experimentos en campo con las especies encontradas en este estudio. En los cuales se puede tomar en cuenta la temperatura de la disposición de las especies en cámaras de cultivos.
- Para poder determinar los factores abióticos también se debe tener en cuenta los nutrientes del suelo donde empiezan a poblar las especies pioneras. La humedad también es un factor importante e interfiere en la germinación de las semillas de las especies pioneras y de otras que llegan a poblar las áreas ya acondicionadas.
- para realizar el modelamiento de las especies pioneras tras el retroceso de los glaciares, se debe considerar áreas extensas para poder realizar un modelo con los escenarios del cambio climático, ya que esta información se encuentran en escalas mayores.

VII. BIBLIOGRAFÍA

ACCOUNTING for the indirect area effect in stacked species distribution models to map species richness in a montane biodiversity hotspot por Robin Pouteau [et al]. *Global Ecology and Biogeography* [en línea]. Setiembre 2015, n° 21. [Fecha de consulta: 19 de setiembre de 2016]

Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ddi.12374/full>

ISSN: 1472-4642

ALMEIDA, Juan, MONTÚFAR, Rommel y ANTHELME, Fabien. Patterns and origin of intraspecific functional variability in a tropical alpine species along an altitudinal gradient. *Plant Ecology & Diversity* [en línea]. Junio 2012, n° 20. [Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2016].

Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17550874.2012.702137>

ISSN: 1755-0874

A role for below-ground biota in plant–plant facilitation por Susana Rodriguez-Echeverria [et al]. *Journal of Ecology* [en línea]. Noviembre, n° 6. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2016]

Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2745.12159/full>

ISSN: 1365-2745

BUYTAERT, Wouter, CUESTA-CAMACHO, Francisco y TOBON, Conrado. Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* [en línea]. Junio 2011, n° 20. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2016].

Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1466-8238.2010.00585.x/epdf>

ISSN: 1466-8238

CÁCERES, Yolanda, LLAMBÍ, Luis y RADA, Fermín. Shrubs as foundation species in a high tropical alpine ecosystem: a multi-scale analysis of plant spatial interactions. *Plant Ecology & Diversity* [en línea]. Junio 2014, n° 2. [Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2016].

Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17550874.2014.960173?src=recsys>

ISSN: 1755-0874

CÁRDENAS, Erazo. Ecología: impacto de la problemática ambiental actual sobre la salud y el ambiente. Colombia: Ecoe Ediciones, 2013. 248 pp.

ISBN: 9789586488297

Decreto Supremo N° 010-2015- MINAM. Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 23 de septiembre de 2015.

<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/Decreto-Supremo-N%C2%B0-010-2015-MINAM.pdf>

DOCE nuevos registros de plantas vasculares para los Andes de Perú por Paúl Gonzáles [et al]. *ARNALDOA* [en línea]. Junio 2016, n° 23. [Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2016].

Disponible en <http://journal.upao.edu.pe/Arnaldoa/article/view/239>

ISSN: 2413-3299

ERSCHBAMER, Brigitta y MAYER, Roland. Can successional species groups be discriminated based on their life history traits? A study from a glacier foreland in the Central Alps. *Plant Ecology & Diversity* [en línea]. Febrero 2012, n° 4. [Fecha de consulta: 9 de septiembre de 2016].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.1080/17550874.2012.664573>

ISSN: 1755-1668

EVALUACIÓN de los impactos del cambio climático en la hidrología de montaña: Desarrollo de una metodología a través de un estudio de caso en los Andes del Perú [en línea]. [Fecha de consulta: 29 de Setiembre de 2016]

Disponible <https://www.sei-international.org/mediamanager/documents/Publications/Climate/sei-pb-2012-glaciares.pdf>

FERNÁNDEZ Delgado, Javier. El Cambio Climático y los efectos Económicos y Financieros en el largo plazo en Latinoamérica. Tesis (Doctor en Contabilidad y Finanzas). Perú: Universidad de San Martín de Porres, 2014. 148 pp.

FRANCOU, Bernard. El rápido retroceso de los glaciares en los Andes tropicales: Un desafío para el estudio de la dinámica de los ecosistemas de alta montaña. *Ecología en Bolivia* [en línea]. Septiembre 2014, n° 2. [Fecha de consulta: 8 de septiembre de 2016].

Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282013000200001&script=sci_arttext

ISSN: 2075-5023

GRUPO Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambio climático 2014 informe de síntesis [en línea]. Suiza: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2015, [fecha de consulta: 14 de septiembre de 2016].

Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf

ISBN: 978-92-9169-343-6

HEAT tolerance of early developmental stages of glacier foreland species in the growth chamber and in the field por Silvia Marcante [et al]. *Plant Ecology* [en línea]. Julio 2014, n° 215. [Fecha de consulta: 11 de septiembre de 2016].

Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11258-014-0361-8>

ISSN: 1573-5052

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. México: MC Graw Hill Education, 2014. 600 pp.

ISBN: 9781456223960

INVENTARIO de glaciares y lagunas. Recursos en internet [en línea]. Perú: Web de Autoridad Nacional Del Agua (ANA). [Fecha de consulta: 21 de setiembre de 2016]

Disponible <http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/11/2013/10/Inventario-de-Glaciares-y-Cuenca.pdf>

CONTRIBUCIÓN a la flora altoandina del distrito de Oyón, región Lima, Perú por Francis Kahn [et al]. Revista Peruana de Biología [en línea]. Enero 2016, n° 23. [Fecha de consulta: 10 de Junio de 2017].

Disponible en <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/11836>

ISSN: 1727-9933

KOHLER, Thomas, WEHRLI, André y JUREK Matthias. Las Montañas y el Cambio Climático [en línea]. Lima: Centro para el Desarrollo y el Medio Ambiente (CDE), 2014, [fecha de consulta: 29 de Setiembre de 2016].

Disponible en: http://www.mountainpartnership.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/SP_LOW_fullversion_Mountain_CC.pdf

ISBN: 978-3-905835-39-7

LOS impactos del cambio climático global en las áreas naturales protegidas y sus zonas de influencia: El caso del Parque Nacional Huascarán y la cuenca del Rio Santa [en línea]. [Fecha de consulta: 29 de setiembre de 2016]

Disponible http://liberalarts.utexas.edu/_files/polkmh/SERNANP_Bulletin_TARN_2013.pdf

MEJÍA Coronel, Danilo. Distribución potencial del genero *Polylepis* dentro de la cuenca del rio Paute en el escenario del cambio climático. Tesis (Maestría en geomántica con mención en ordenamiento territorial). Ecuador: Universidad del Azua y instituto de estudios de régimen seccional del Ecuador (IERSE), 2013. 54 pp.

Ministerio del Ambiente. Guía de inventario de flora y vegetación. Lima: Ministerio del Ambiente, 2015, 50 pp.

ISBN: 2015 – 12519.

MODELANDO patrones geográficos de distribución de gramíneas (Poaceae) en Bolivia: Implicaciones para su conservación por Rosa Meneses [et al]. *Ecología en Bolivia* [en línea]. Abril 2014, n° 1. [Fecha de consulta: 13 de septiembre de 2016].

Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282014000100002&script=sci_arttext&tIng=en

ISSN: 2075-5023

ONDARZA, Raúl. Ecología: el hombre y su ambiente. 3ª ed. México: Trillas, 2012. 264 pp.

ISBN: 9789682483813

ODUM, Eugene y BARRETT, Gary. Fundamentos de Ecología. 5.ª ed. México: Thomson, 2006. 599 pp.

ISBN: 0534420664

OTTERBACH, Dieter. Energía y Calentamiento Global: ¿Cómo asegurar la supervivencia de la humanidad? México: Patria, 2013. 143 pp.

ISBN: 9786074386257

PARTITIONING net interactions among plants along altitudinal gradients to study community responses to climate change por Richard Michalet [et al]. Functional Ecology [en línea]. Febrero 2014, n° 28. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2016].

Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2435.12136/full>

ISSN: 1365-2435

POR qué necesitamos una ley de protección de glaciares. Recursos internet [en línea]. Chile: Web de Greenpeace. [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2016].

Disponible en http://www.greenpeace.org/chile/Global/chile/Fotos/Clima%20y%20Energia/2014/republicaglaciar/debemos_cuidar_glaciares.pdf

SOIL nutrient availability determines the facilitative effects of cushion plants on other plant species at high elevations in the south-eastern Himalayas por Jiangou Chen [et al]. Plant Ecology & Diversity [en línea]. Abril 2014, n° 1. [Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2016].

Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17550874.2013.872206?src=recsys>

ISSN: 1755-0874

STACKING species distribution models and adjusting bias by linking them to macroecological models por Justin Calabrese [et al]. *Global Ecology and Biogeography* [en línea]. Agosto 2013, n° 23. [Fecha de consulta: 19 de setiembre de 2016]

Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/geb.12102/full>

ISSN: 1472-4642

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-Mención en Geomática y Ordenamiento Territorial). Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2012. 45 pp.

USING species richness and functional traits predictions to constrain assemblage predictions from stacked species distribution models por Manuela D'Amen [et al]. *Global Ecology and Biogeography* [en línea]. Febrero 2015, n° 42. [Fecha de consulta: 19 de setiembre de 2016]

Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jbi.12485/full>

ISSN: 1365-2699

YOUNG, Kenneth. Ecology of Land Cover Change in Glaciated Tropical Mountains. *Revista peruana de biología* [en línea]. Diciembre 2014, n° 3. [Fecha de consulta: 11 de setiembre de 2016].

Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v21n3/a09v21n3.pdf>

ISSN: 2075-5023

YOUNG, Kenneth. Ecology of Land Cover Change in Glaciated Tropical Mountains. *Revista Peruana de Biología* [en línea]. Diciembre 2014, n° 21. [Fecha de consulta: 16 de setiembre de 2016].

Disponible en <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/10900> en

ISSN: 1561-0837

VERGARA Rodríguez, Karla. Variabilidad Climática, percepción Ambiental y estrategias de adaptación de la comunidad Campesina de Conchucos, Ancash. Tesis (Licenciada en Geografía y Medio Ambiente). Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011. 202 pp.

VASCULAR plants at extreme elevations in eastern Ladakh, northwest Himalayas por Miroslav Dvorský [et al]. *Plant Ecology & Diversity* [en línea]. Marzo, n° 1. [Fecha de consulta: 16 de Setiembre de 16]

Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17550874.2015.1018980?scroll=top&needAccess=true>

ISSN: 1755-0874

ZIMMER, Anaïs. Caracterizar la migración altitudinal de las comunidades vegetales altoandinas frente al calentamiento global mediante cronosecuencias post-glaciales recientes. *Ecología en Bolivia* [en línea]. Diciembre 2014, n° 3. [Fecha de consulta: 1 de septiembre de 2016].

Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282014000300004&script=sci_arttext

ISSN: 2075-5023

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 8: Datos de la imagen satelital

Año	Satélite	Bandas	Fecha
2001	Landsat 5	6 Bandas	22 de junio
2003	Landsat 5	6 Bandas	11 de julio
2005	Landsat 5	6 Bandas	01 de junio
2007	Landsat 5	6 Bandas	22 de mayo
2009	Landsat 5	6 Bandas	28 de junio
2011	Landsat 7	6 Bandas	2 de junio
2013	Landsat 8	8 Bandas	9 de julio
2015	Landsat 8	8 Bandas	1 de septiembre
2017	Landsat 8	8 Bandas	15 de abril

Fuente: Elaboración propia (Las imágenes tomadas serán Landsat TM, y se pasara a procesar la tabla)

Anexo 2

Tabla 9: determinación del área del retroceso glaciar de Pastoruri.

Año	Imagen satelital	Fecha de toma	Área (ha)	% del retroceso
2001	Landsat 5	22 de junio	234,495989	100,00 %
2003	Landsat 5	11 de julio	202,961126	13,45 %
2005	Landsat 5	01 de junio	186,87663	20,31 %
2007	Landsat 5	22 de mayo	180,845061	22,88 %
2009	Landsat 5	28 de junio	186,934676	20,28 %
2011	Landsat 7	2 de junio	183,72265	21,65 %
2013	Landsat 8	9 de julio	174,28255	25,68 %
2015	Landsat 8	1 de septiembre	152,888207	34,80 %
2017	Landsat 8	15 de abril	185,363122	20,95 %

Fuente: Elaboración propia, (Los datos serán tomados de la imagen Landsat TM, y se pasara a procesar la tabla))

Anexo 3

Tabla 10: Datos de Precipitación en el glaciar Pastoruri.

Precipitación			
Año	Precipitación Máxima (mm/año)	Precipitación Mínima (mm/año)	Precipitación Promedio (mm/año)
2001	89,6	259,1	0,0
2003	57,3	163,5	0,0
2005	54,6	200,8	0,0
2007	78,8	224,6	0,0
2009	109,4	327,5	0,0
2011	68,6	162,1	1,2
2013	70,8	223,2	1,2
2015	31,0	146,1	0,0

Fuente: Elaboración propia. (Los datos fueron tomados del SENAMHI, y se pasara a procesar la tabla)

Anexo 4

Tabla 11: Datos de Temperatura en el glaciar Pastoruri.

Año	Temperatura		
	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Promedio (°C)
2001	8,52	4,29	6,40
2003	21,03	4,36	12,69
2005	15,82	4,05	9,94
2007	20,85	4,24	12,55
2009	20,08	5,30	12,69
2011	20,52	4,17	12,34
2013	20,87	4,69	12,78
2015	12,70	4,14	8,42

Fuente: Elaboración propia. (Los datos fueron tomados del SENAMHI, y se pasara a procesar la tabla)

