



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Incidencia del black carbon y la variabilidad hidrometeorológica sobre los impactos ambientales de la cordillera la Viuda y las sub-cuencas bajas, Lima-Junín, 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTORES:**

Velásquez Fernández, Roly (ORCID: 0000-0003-2269-5723)  
Yaricahua Esteban, Deysi Shirley (ORCID: 0000-0001-6868-7337)

**ASESOR:**

Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERU

2021

## **Dedicatoria**

Dedicamos esta tesis en primer lugar a Dios que fue capaz de iluminar el camino de cada uno de nosotros; seguidamente a nuestros Padres, madres y hermano; ya que sin su ayuda no estaríamos gozosos de tal logro dentro del mundo profesional, nos motivaron acompañándonos con sus desvelos y enseñanzas del día a día, por supuesto también haciendo mención a la pequeña niña que con amarguras y felicidad empujó el peso del esfuerzo hacia nuestro sueño tan anhelado. Una vez más a ustedes 6 Dios mediante les expresamos nuestro amor y eterno agradecimiento, los amamos.

## **Agradecimiento**

Reiteramos el más grande sentimiento de agradecimiento a Dios, nuestros padres, hija, hermanos y grandes amistades universitarias y de vida; por otro lado, haciendo mención de agradecimiento a todos aquellos docentes que contribuyeron en estos 5 años en nuestra formación académica - Profesional, claro poniendo en alto el nombre de nuestro asesor el Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro, también al Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez y el Mg. Alexander Quintana Paetan, ya que fueron y serán siempre nuestros mentores. Por último agradecer también a las personas profesionales que tuvieron el agrado de compartir una experiencia de investigación a nivel de campo en el desarrollo de nuestra investigación; Estimado Guía Turístico Rodolfo Orlando Mori Vidal y personal de apoyo estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental, Jordy Paolo Huiza Papa y Juan Carlos Santiago León; Daylyx Machado Huancas; a mi hermano Alberto Velásquez Fernández, gracias por compartir aquellos caminos y panoramas en las alturas de nuestro Perú a pesar de tantas complicadas variabilidades climáticas. Una vez más, Gracias.

## Tabla de contenido

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vii
Índice de gráficos .....	xii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
.II- INTRODUCCIÓN .....	1
II.- MARCO TEÓRICO .....	5
III.- METODOLOGÍA .....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	25
3.2. Variables y operacionalización .....	25
3.3. Población, muestra y muestreo .....	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	27
3.5. Procedimientos .....	28
3.6. Método de análisis de datos .....	30
3.7. Aspectos éticos .....	31
IV. RESULTADOS .....	32
V. DISCUSIÓN .....	175
VI. CONCLUSIONES .....	186
VII. RECOMENDACIONES .....	188
REFERENCIAS .....	189
ANEXOS .....	199

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Validez de fichas de Campo y gabinete .....	28
<b>Tabla 2.</b> Descripción de estaciones meteorológicas .....	36
<b>Tabla 3.</b> Monitoreo de precipitaciones del mes de Marzo del año 2021 en la estación CASAPALCA .....	37
<b>Tabla 4.</b> Monitoreo de precipitaciones del mes de Marzo del año 2021 en la estación MARCAPOMACOCHA.....	38
<b>Tabla 5.</b> Monitoreo de precipitaciones del mes de Abril del año 2021 en la estación CASAPALCA .....	43
<b>Tabla 6.</b> Monitoreo de precipitaciones del mes de Abril del año 2021 en la estación MARCAPOMACOCHA.....	44
<b>Tabla 7.</b> Monitoreo de precipitaciones del mes de Mayo del año 2021 en la estación CASAPALCA .....	49
<b>Tabla 8.</b> Monitoreo de precipitaciones del mes de Mayo del año 2021 en la estación MARCAPOMACOCHA.....	50
<b>Tabla 9.</b> Monitoreo de temperaturas Máximas y Mínimas del mes de Marzo del año 2021 en la estación CASAPALCA .....	58
<b>Tabla 10.</b> Monitoreo de temperaturas Máximas y Mínimas del mes de Marzo del año 2021 en la estación MARCAPOMACOCHA .....	59
<b>Tabla 11.</b> Monitoreo de temperaturas Máximas y Mínimas del mes de Abril del año 2021 en la estación CASAPALCA .....	64
<b>Tabla 12.</b> Monitoreo de temperaturas Máximas y Mínimas del mes de Abril del año 2021 en la estación MARCAPOMACOCHA .....	65
<b>Tabla 13.</b> Monitoreo de temperaturas Máximas y Mínimas del mes de Mayo del año 2021 en la estación CASAPALCA .....	70
<b>Tabla 14.</b> Monitoreo de temperaturas Máximas y Mínimas del mes de Mayo del año 2021 en la estación MARCAPOMACOCHA .....	71
<b>Tabla 15.</b> Registro de datos de ángulo solar del Nevado Rajuntay en los meses de Marzo, Abril y Mayo – 2021 .....	91

<b>Tabla 16.</b> Registro de datos de ángulo solar del Nevado Alcoy en los meses de Marzo, Abril y Mayo – 2021.....	97
<b>Tabla 17.</b> Monitoreo de parámetros in situ de la Laguna Pucacocha – Mes de Marzo, Abril y Mayo (Nevado Rajuntay).....	107
<b>Tabla 18.</b> Monitoreo de parámetros in situ de la Laguna Cauquismachay – Mes de Marzo, Abril y Mayo (Nevado Alcoy) .....	113
<b>Tabla 19.</b> Datos de caudal tomados de la Laguna Pucacocha en los meses de Marzo, Abril y Mayo (Nevado Rajuntay).....	117
<b>Tabla 20.</b> Datos de caudal tomados de la Laguna Cauquismachay en los meses de Marzo, Abril y Mayo (Nevado Alcoy) .....	121
<b>Tabla 21.</b> Registro del comportamiento de la cobertura Glaciar de la Cordillera La Viuda.....	124
<b>Tabla 22.</b> Registro del comportamiento de la cobertura Glaciar del Nevado Rajuntay.....	132
<b>Tabla 23.</b> Registro del comportamiento de la cobertura Glaciar del Nevado Alcoy .....	140
<b>Tabla 24.</b> Registro de datos tomados previa recolección de muestras en el Nevado Rajuntay .....	143
<b>Tabla 25.</b> Registro de datos tomados previa recolección de muestras en el Nevado Alcoy .....	162

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Especificaciones de un Modelo basado en la Tendencia.....	25
<b>Figura 2.</b> Estaciones Meteorológicas próximas al Nevado Rajuntay – Junín ..	33
<b>Figura 3.</b> Inactividad de la estación meteorológica Ticlio y vigencia de la estación Casapalca.....	34
<b>Figura 4.</b> Proximidad de estaciones meteorológicas al Nevado Alcoy .....	35
<b>Figura 5.</b> Inactividad de la Estación Meteorológica YANTAC desde el 15/03/2020 hasta la fecha.....	36
<b>Figura 6.</b> Tendencia de temperatura mínima anual dentro del área de influencia .....	55
<b>Figura 7.</b> Tendencia de temperatura máxima anual dentro del área de influencia .....	56
<b>Figura 8.</b> Tendencia de temperatura media anual dentro del área de influencia .....	57
<b>Figura 9.</b> Rosa de viento estación CASAPALCA -MARZO .....	78
<b>Figura 10.</b> Rosa de viento estación MARCAPOMACOCHA - MARZO .....	79
<b>Figura 11.</b> Rosa de viento estación CASAPALCA – ABRIL .....	80
<b>Figura 12.</b> Rosa de viento estación MARCAPOMACOCHA – ABRIL .....	81
<b>Figura 13.</b> Rosa de viento estación CASAPALCA – MAYO.....	82
<b>Figura 14.</b> Rosa de viento estación MARCAPOMACOCHA – MAYO .....	83
<b>Figura 15.</b> Radiación Solar incidente en Lima - Junín.....	85
.....	86
<b>Figura 16.</b> Radiación Solar incidente en el departamento de Lima - Callao....	86
<b>Figura 17.</b> Radiación Solar incidente en el departamento de Junín .....	87
<b>Figura 18.</b> Ángulo solar en punto de coordenadas N: 8723268 y E: 363724 en el Nevado Rajuntay (Marzo) .....	88
<b>Figura 19.</b> Ángulo solar en punto de coordenadas N: 8723119.1 y E: 364004 en el Nevado Rajuntay (Abril) .....	89

<b>Figura 20.</b> Ángulo solar en punto de coordenadas N: 8723119.1 y E: 364004 en el Nevado Rajuntay (Mayo).....	90
<b>Figura 21.</b> Ángulo solar en punto de coordenadas N: 8750868 y E: 340079 en el Nevado Alcoy (Marzo).....	94
<b>Figura 22.</b> Ángulo solar en punto de coordenadas N: 8750589.7 y E: 339538.1 en el Nevado Alcoy (Abril).....	95
<b>Figura 23.</b> Ángulo solar en punto de coordenadas N: 8750589.7 y E: 339538.1 en el Nevado Alcoy (Mayo) .....	96
<b>Figura 24.</b> Influencia Antrópica sobre el Nevado Alcoy.....	101
<b>Figura 25.</b> Influencia Antrópica sobre el Nevado Rajuntay .....	102
<b>Figura 26.</b> Medición de parámetros in situ de agua superficial en la laguna Pucacocha – Codificación SUP-01 mes de Marzo a coordenadas N: 8721989 y E: 363964 .....	104
<b>Figura 27.</b> Medición de parámetros in situ de agua superficial en la laguna Pucacocha – Codificación SUP-03 mes de Abril a coordenadas N: 8751415 y E: 341417.....	105
<b>Figura 28.</b> Medición de parámetros in situ de agua superficial en la laguna Pucacocha – Codificación SUP-06 mes de Mayo a coordenadas N: 8751415 y E: 341417 .....	106
<b>Figura 29.</b> Medición de parámetros in situ de agua superficial en la laguna Cauquismachay – Codificación SUP-02 mes de Marzo a coordenadas N: 8751415 y E: 341919.....	110
<b>Figura 30.</b> Medición de parámetros in situ de agua superficial en la laguna Cauquismachay – Codificación SUP-04 mes de Abril a coordenadas N: 8751415 y E: 341417.....	111
<b>Figura 31.</b> Medición de parámetros in situ de agua superficial en la laguna Cauquismachay – Codificación SUP-05 mes de Mayo a coordenadas N: 8751415 y E: 341417 .....	112
<b>Figura 32.</b> Medición de caudal emergente de la Laguna Pucacocha (Nevado Rajuntay) en los meses de Marzo (A), Abril (B) y Mayo (C) .....	116

<b>Figura 33.</b> Medición de caudal emergente de la laguna Cauquismachay (Nevado Alcoy) en los meses de Marzo (A), Abril (B) y Mayo (C).....	120
<b>Figura 34.</b> Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Rajuntay en el año 1985 (2.24 km <sup>2</sup> ).....	127
<b>Figura 35.</b> Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Rajuntay en el año 2010 (0.59 km <sup>2</sup> ).....	127
<b>Figura 36.</b> Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Rajuntay en el año 2016 (1.59 km <sup>2</sup> ).....	129
<b>Figura 37.</b> Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Rajuntay en el año 2021 (0.67 km <sup>2</sup> ).....	130
<b>Figura 38.</b> Comparación de la evolución de las áreas del Nevado Rajuntay en diferentes épocas desde 1985, 2010, 2016 y 2021 .....	131
<b>Figura 39.</b> Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Alcoy en el año 1985 (2.0 km <sup>2</sup> ).....	135
<b>Figura 40.</b> Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Alcoy en el año 2010 (1.05 km <sup>2</sup> ).....	136
<b>Figura 41.</b> Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Alcoy en el año 2016 (0.92 km <sup>2</sup> ).....	137
<b>Figura 42.</b> Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Alcoy en el año 2021 (1.02 km <sup>2</sup> ).....	138
<b>Figura 43.</b> Comparación de la evolución de las áreas del Nevado Alcoy en diferentes épocas desde 1985, 2010, 2016 y 2021 .....	139
<b>Figura 44.</b> Monitoreo de la velocidad del viento (m/s) y temperatura ambiental (°C) por cada expedición realizada en el Nevado Rajuntay.....	142
<b>Figura 45.</b> Toma de muestras de superficie glaciar en el Nevado Rajuntay a codificación SUP-RU01 con coordenadas N: 8723268 y E: 363724 mes de Marzo .....	145
<b>Figura 46.</b> Toma de muestras de superficie glaciar en el Nevado Rajuntay a codificación SUP-RU02 con coordenadas N: 8723119.1 y E: 364004 mes de Abril .....	146

<b>Figura 47.</b> Toma de muestras de superficie glaciar en el Nevado Rajuntay a codificación SUP-RU03 con coordenadas N: 8723119.1 y E: 364004 mes de Mayo .....	147
<b>Figura 48.</b> Proceso de filtración aplicado a cada muestra obtenida del Nevado Rajuntay por 03 meses, para la obtención de sedimentos representativos ....	148
<b>Figura 49.</b> Reconocimiento de carbón mineral VITRENO o VITRINITA componentes microscópicos de una muestra .....	149
<b>Figura 50.</b> Identificación de carbón por medio de VITRODENTRINITA naciente de la VITRINITA.....	150
<b>Figura 51.</b> Grafito libre en “C” y sus cambios morfológicos.....	150
<b>Figura 52.</b> Caracterización de 02 coloraciones diferentes en la muestra de código SUP-RU01 .....	151
<b>Figura 53.</b> Caracterización de 02 coloraciones diferentes en la muestra de código SUP-RU02.....	152
<b>Figura 54.</b> Caracterización de 02 morfologías diferentes en la muestra de código SUP-RU03 .....	153
<b>Figura 55.</b> Patrón estándar de Black Carbon para determinación por espectro de IR .....	154
<b>Figura 56.</b> Monitoreo de la velocidad del viento (m/s) y temperatura ambiental (°C) por cada expedición realizada en el Nevado Alcoy .....	161
<b>Figura 57.</b> Toma de muestras de superficie glaciar en el Nevado Alcoy a codificación SUP-AL01 con coordenadas N: 8750868 y E: 340079 mes de Marzo .....	164
<b>Figura 58.</b> Toma de muestras de superficie glaciar en el Nevado Alcoy a codificación SUP-AL02 con coordenadas N: 8750589.7 y E: 339538.1 mes de Abril .....	165
<b>Figura 59.</b> Toma de muestras de superficie glaciar en el Nevado Alcoy a codificación SUP-AL03 con coordenadas N: 8750589.7 y E: 339538.1 mes de Mayo.....	166
<b>Figura 60.</b> Proceso de filtración aplicado a cada muestra obtenida del Nevado Alcoy por 03 meses, para la obtención de sedimentos representativos .....	167

<b>Figura 61.</b> Caracterización de 02 morfologías diferentes en la muestra de código SUP-AL01 .....	168
<b>Figura 62.</b> Caracterización de 01 morfología particular en la muestra de código SUP-AL02 .....	169
<b>Figura 63.</b> Caracterización de 01 morfología particular en la muestra de código SUP-AL03 .....	170

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1.</b> Precipitación máxima (mm/hora) durante el mes de Marzo del 2021 registrada por la estación meteorológica CASAPALCA.....	40
<b>Gráfico 2.</b> Precipitación máxima (mm/hora) durante el mes de Marzo del 2021 registrada por la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA .....	41
<b>Gráfico 3.</b> Precipitación máxima (mm/hora) durante el mes de Abril del 2021 registrada por la estación meteorológica CASAPALCA.....	46
<b>Gráfico 4.</b> Precipitación máxima (mm/hora) durante el mes de Abril del 2021 registrada por la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA.....	47
<b>Gráfico 5.</b> Precipitación máxima (mm/hora) durante el mes de Mayo del 2021 registrada por la estación meteorológica CASAPALCA.....	52
<b>Gráfico 6.</b> Precipitación máxima (mm/hora) durante el mes de Mayo del 2021 registrada por la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA .....	53
<b>Gráfico 7.</b> Comportamiento de la temperatura (°C) durante el mes de Marzo del 2021 registrada por la estación meteorológica CASAPALCA.....	61
<b>Gráfico 8.</b> Comportamiento de la temperatura (°C) durante el mes de Marzo del 2021 registrada por la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA. ....	62
<b>Gráfico 9.</b> Comportamiento de la temperatura (°C) durante el mes de Abril del 2021 registrada por la estación meteorológica CASAPALCA.....	67
<b>Gráfico 10.</b> Comportamiento de la temperatura (°C) durante el mes de Abril del 2021 registrada por la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA. ....	68
<b>Gráfico 11.</b> Comportamiento de la temperatura (°C) durante el mes de Mayo del 2021 registrada por la estación meteorológica CASAPALCA.....	73
<b>Gráfico 12.</b> Comportamiento de la temperatura (°C) durante el mes de Mayo del 2021 registrada por la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA. ....	74
<b>Gráfico 13.</b> Monitoreo trimestral de Potencial Hidrógeno (pH) en agua superficial de la Laguna Pucacocha (Nevado Rajuntay) .....	108
<b>Gráfico 14.</b> Monitoreo trimestral de temperatura (°C) en agua superficial de la Laguna Pucacocha (Nevado Rajuntay).....	109

<b>Gráfico 15.</b> Monitoreo trimestral de Potencial Hidrógeno (pH) en agua superficial de la Laguna Cauquismachay (Nevado Alcoy).....	114
<b>Gráfico 16.</b> Monitoreo trimestral de temperatura (°C) en agua superficial de la Laguna Cauquismachay (Nevado Alcoy) .....	115
<b>Gráfico 17.</b> Comportamiento del caudal estimado en la Laguna Pucacocha por 03 meses de monitoreo (Marzo, Abril y Mayo) .....	119
<b>Gráfico 18.</b> Comportamiento del caudal estimado en la Laguna Cauquismachay por 03 meses de monitoreo (Marzo, Abril y Mayo) .....	123
<b>Gráfico 19.</b> Seguimiento de la pérdida de masa glaciar en la Cordillera La Viuda en el periodo de 1962 – 2017.....	125
<b>Gráfico 20.</b> Seguimiento de la pérdida de masa Glaciar del Nevado Rajuntay desde 1985 – 2021 .....	133
<b>Gráfico 21.</b> Seguimiento de la pérdida de masa Glaciar del Nevado Alcoy desde 1985 – 2021 .....	141
<b>Gráfico 22.</b> Comportamiento de la velocidad del viento (m/s) previa toma de muestras en el Nevado Rajuntay .....	144
<b>Gráfico 23.</b> Comportamiento de la temperatura ambiental (°C) previa toma de muestras en el Nevado Rajuntay .....	144
<b>Gráfico 24.</b> Espectro IR de los sedimentos marrones de la muestra SUP-RU01 .....	155
<b>Gráfico 25.</b> Espectro IR de los sedimentos negros de la muestra SUP-RU01 .....	156
<b>Gráfico 26.</b> Espectro IR de los sedimentos negros de la muestra SUP-RU02 .....	157
<b>Gráfico 27.</b> Espectro IR de los sedimentos plomos de la muestra SUP-RU02 .....	158
<b>Gráfico 28.</b> Espectro IR de los sedimentos negros de la muestra SUP-RU03 .....	159
<b>Gráfico 29.</b> Espectro IR de los sedimentos plomos de la muestra SUP-RU03 .....	160

<b>Gráfico 30.</b> Comportamiento de la velocidad del viento (m/s) previa toma de muestras en el Nevado Alcoy.....	163
<b>Gráfico 31.</b> Comportamiento de la temperatura ambiental (°C) previa toma de muestras en el Nevado Alcoy.....	163
<b>Gráfico 32.</b> Espectro IR de los sedimentos de la muestra SUP-AL01 .....	171
<b>Gráfico 33.</b> Espectro IR de los sedimentos de la muestra SUP-AL02 .....	172
<b>Gráfico 34.</b> Espectro IR de los sedimentos claros de la muestra SUP-AL03.	173
<b>Gráfico 35.</b> Espectro IR de los sedimentos oscuros de la muestra SUP-AL03 .....	174

## RESUMEN

La presente investigación, buscó hallar la presencia de Black Carbon (hollín) en los nevados Rajuntay y Alcoy en la Cordillera La viuda – Yauli, Junín. Se realizó un trabajo exploratorio en dichos lugares para recolectar información al no existir investigaciones sobre el tema en particular. Se realizó expediciones hacia los nevados para obtener muestras y data significativa, validándola con datos meteorológicos en tiempo real proporcionados por el SENAMHI. El estudio se llevó a cabo en los meses de marzo, abril y mayo del 2021, recolectándose 3 muestras de cada nevado en 3 oportunidades y fueron analizadas por método microscópico a una visión ocular de tornillo micrométrico 10X y con una escala de 20:1; Asimismo, se empleó el método de espectroscopía determinando el patrón de espectro IR de las muestras y contrastándolo con lo caracterizado con el microscopio. Como resultado se logró identificar la presencia del Black Carbon en ambos nevados de acuerdo a la frecuencia de onda características del contaminante en mención; en la muestra del nevado Rajuntay se encontró entre 3250 a 3490  $\text{cm}^{-1}$  para el grupo funcional Hidroxilo, 1580 $\text{cm}^{-1}$  para el grupo funcional del compuesto aromático y de 1340 $\text{cm}^{-1}$  para el grupo funcional carboxilo; por otra parte en el Nevado Alcoy se obtuvo las frecuencias de onda de 3390  $\text{cm}^{-1}$  para el Hidroxilo, de 1610 $\text{cm}^{-1}$  para el compuesto aromático y 1310 $\text{cm}^{-1}$  para el carboxilo.

**Palabras clave:** Black carbon, contaminación de nevados, Rajuntay, Alcoy.

## ABSTRACT

The present investigation sought to find the presence of Black Carbon (soot) in the Rajuntay and Alcoy snow-capped mountains in the Cordillera La Viuda - Yauli, Junín. An exploratory work was carried out in these places to collect information since there was no research on this particular subject. Expeditions were made to the snow-capped mountains to obtain samples and significant data, validating it with real time meteorological data provided by SENAMHI. The study was carried out in the months of March, April and May 2021, collecting 3 samples from each snow-capped mountain on 3 occasions and were analyzed by microscopic method at a 10X micrometer screw eye view and with a scale of 20:1; Also, the spectroscopy method was used to determine the pattern of IR spectrum of the samples and contrasting it with what was characterized with the microscope. As a result, it was possible to identify the presence of Black Carbon in both mountains according to the characteristic wave frequency of the contaminant in question; in the sample of the Rajuntay mountain it was found between 3250 to 3490  $\text{cm}^{-1}$  for the hydroxyl functional group, 1580 $\text{cm}^{-1}$  for the functional group of the aromatic compound and 1340 $\text{cm}^{-1}$  for the carboxyl functional group; On the other hand, wave frequencies of 3390  $\text{cm}^{-1}$  for the hydroxyl, 1610 $\text{cm}^{-1}$  for the aromatic compound and 1310 $\text{cm}^{-1}$  for the carboxyl were obtained in the Nevado Alcoy.

Key words: Black carbon, snow contamination, Rajuntay, Alcoy.

## I.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Cambio climático ha generado variaciones geográficas de gran magnitud global, evidenciando parte de estos daños adversos en los Nevados y glaciares; estas alteraciones se han dado por la aparición de diversos factores antrópicos influyentes, así mismo, se debe hacer mención al Black Carbon (Hollín). El Perú no ha sido ajeno a este acontecimiento, debido a que ha presentado problemas en sus estrategias de reserva hídrica, que han sido contribuyentes para diversas actividades (ganadería, agricultura, industrias, energía, sostenibilidad humana y otros), nacientes desde las zonas altas, medias y costeras ([INAIGEM, 2019](#)).

Esta problemática no es un acontecimiento reciente, su determinación se ha dado por medio de estudios histórico – temporales, con resultados cuantitativos y cualitativos, que expresan la disminución y decaimiento de un 53% de cobertura glaciar en el Perú, durante los últimos 54 años. Además, cabe la necesidad de conocer la variabilidad hidrometeorológica conjuntiva con las actividades antrópicas, reconociendo de esta manera que los indicadores de precipitación e incidencia de radiación solar aledañas a la Cordillera la Viuda, han variado en el mismo espacio temporal (54 años) que el decaimiento de los porcentajes de cobertura glaciar; sumando a todo esto el factor exponencial de producción de Black carbon (Hollín) transportado por el medio aéreo natural desde las Sub-cuencas bajas costeras, hacia las partes alto andinas que albergan a dicha Cordillera puesta en materia de estudio.

Bajo la problemática antes mencionada nace la necesidad de tomar en cuenta que se estimó una población de 2'971,974 personas, las cuales se encuentran en las áreas colindantes a la extensión total de las cordilleras a nivel nacional; con un posible incremento en los próximos 15 años, así mismo una proporción de aproximadamente 50% de habitantes (1.4 millones), vive de la agricultura; teniendo dicha cantidad una alta significancia a que constituye poco más del 60% de agricultores a nivel nacional ([INEI, 2014](#)); puesto que la siguiente situación demanda una mayor necesidad de transporte y maquinaria en las zonas de alta cordillera, creando así una proximidad entre el Black Carbon (Hollín) y los Glaciares; añadiendo a esto las grandes cantidades de este compuesto provenientes de las zonas costeras. Por otra parte, se debe tener en mención

prioritaria el incremento de la tendencia de radiación solar en la zona y la disminución en la tendencia cronológica de las precipitaciones ([Lavado, 2020](#)).

Dentro de las consideraciones anteriormente mencionadas el principal fundamento de la presente investigación está dirigido a la presencia de Black Carbon (Hollín) y su conjunción con la variabilidad hidrometeorológica en el proceso de aceleración de la pérdida de masa glaciaria en la Cordillera la Viuda y el consecuente impacto que se dará en las sub-cuencas bajas abastecidas por dicha cordillera.

Luego de plasmar la realidad problemática que aqueja la Cordillera la Viuda y a las sub-cuencas bajas se plantea el siguiente problema general: ¿Cómo determinar la incidencia del Black Carbon (Hollín) y la variabilidad hidrometeorológica sobre los impactos ambientales de la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021?; con los problemas específicos: ¿Cómo realizar los métodos de análisis microscópico y espectroscopía IR para determinar la presencia de Black carbon (Hollín) sobre la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021?; ¿Cómo Identificar las consecuencias socio-ambientales en los cuerpos de agua situados sobre la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021?; ¿Para qué examinar el comportamiento de las precipitaciones registradas por los 03 meses de Monitoreo en la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021?; ¿Cómo observar el comportamiento de la incidencia de la radiación solar sobre la aceleración de la pérdida de masa glaciaria de la Cordillera la Viuda afectando las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021?.

En base a las problemáticas planteadas, es preciso justificar la investigación utilizando un sustento enfocado en la variabilidad hidrometeorológica y la fusión de esto con la incidencia que se da mediante el Black Carbon (Hollín), e identificar cuáles son los impactos negativos provenientes de este fenómeno de carácter antrópico-natural; en este sentido se plantea brindar la importancia que acredita el mérito de la Cordillera la Viuda dentro del funcionamiento ecosistémico, espacial y sostenible para las poblaciones de las sub-cuencas bajas. Cabe mencionar que uno de los objetivos más importantes y relevantes es demostrar que en la cordillera puesta en mención existe la presencia de Hollín, el cual de manera desfavorable ayuda a capturar la incidencia de la

radiación solar, acelerando el proceso de pérdida de masa glaciar que por consecuencia futura arrastrará daños ecosistémicos irreversibles. De esta manera se busca trabajar con data real y sistemática de entidades dedicadas a estos acontecimientos, para dar cabida al interés de las nuevas generaciones en el ámbito de la preservación de recursos hídricos, debido a que son la mayor fuente de vida que se encuentra en riesgo constantes, ejemplificando un acontecimiento proyectado que indica una teoría de que para el año 2050 existirán un promedio de 250 lagunas más que en la actualidad, no obstante la pérdida de masa glaciar se encontrará en su máximo apogeo ([ANA, 2014](#)).

Es necesario justificar con un enfoque ambiental, la significancia de evaluar un lugar por los impactos que constantemente está recibiendo, tanto de forma directa como indirecta, comprobando y evidenciando la relación negativa que se presenta entre las actividades antrópicas y los ciclos constantes de la naturaleza (C. Hidrológico y la Dinámica Glaciar); sumar importancia y referir intereses futuros hacia un componente principal en el abastecimiento hidrológico de la cuenca costera de Lima Norte, es contribuir con una investigación que tendrá alto impacto ambiental en una consideración de 50 años a futuros; induciendo el crecimiento poblacional exponencial que se proyecta hasta esa fecha, sumando el incremento del parque automotor, mayor demanda del recurso hídrico, disminución de las precipitaciones, incremento de la radiación solar, pérdida de masa glaciar entre muchos otros factores que aparecerán con el avance tecnológico. Así mismo deben referir el área con gran valor y aporte natural, hacia las entidades de interés público, con la finalidad de confinarlas como Áreas Naturales Protegidas (ANP).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general; Determinar la incidencia del Black Carbon (Hollín) y la variabilidad hidrometeorológica sobre los impactos ambientales de la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021; por otra parte con la finalidad de tener un mejor enfoque, se plantearon los siguientes objetivos específicos; realizar los métodos de análisis microscópico y espectroscopía IR para determinar la presencia de Black carbon (Hollín) sobre la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021; Identificar las condiciones socio-ambientales en los cuerpos de agua situados sobre la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021;

Examinar el comportamiento de las precipitaciones registradas por los 03 meses de Monitoreo en la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021; Observar el comportamiento de la incidencia de la radiación solar sobre la aceleración de la pérdida de masa glaciar de la Cordillera la Viuda afectando las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021.

Con el fin de responder a las interrogantes plasmadas en la problemática se plantean las siguientes hipótesis; Se Determinará una relación entre la incidencia del Black Carbon (Hollín) y la variabilidad hidrometeorológica sobre los impactos ambientales de la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021; por otra parte con la finalidad de tener un mejor enfoque, se plantearon los siguientes hipótesis específicas; Tomando muestras se podrá realizar los métodos de análisis microscópico y espectroscopía IR para determinar la presencia de Black carbon (Hollín) sobre la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021; Recolectando datos espaciales se podrá Identificar las consecuencias socio-ambientales en los cuerpos de agua situados sobre la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021; Con software especializados se logrará examinar el comportamiento de las precipitaciones registradas por los 03 meses de Monitoreo en la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021; Mediante el modelamiento espacial se podrá observar el comportamiento de la incidencia de la radiación solar sobre la aceleración de la pérdida de masa glaciar de la Cordillera la Viuda afectando las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2021.

## II.- MARCO TEÓRICO

El tema debe ser abordado de forma trascendental y apoyado en sustentos teórico-prácticos realizados en los marcos internacionales, nacionales y locales, de tal manera que se puedan interrelacionar la variabilidad hidrometeorológica con la incidencia del Black carbón (Hollín), en el fenómeno de pérdida de masa glaciar y los aspectos socio ambientales que esta problemática demanda hacia las sub-cuencas bajas dependientes de la Cordillera la Viuda; en este sentido se sumarán a la investigación los siguientes aportes internacionales:

Según [HALL, S. \(2020\)](#), manifiesta que el río Colorado en un futuro muy cercano está en peligro de quedar totalmente seco y esto generara una gran problemática debido que esto abastece hidrológicamente a más de 40 millones de personas; así mismo explica que no solo afectara a las personas sino a las centros agrícolas y especies de fauna que ahí habitan. Para lograr determinar este estudio se basó en el modelamiento de observar como la variabilidad climática ha causado el incremento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones.

[RECIO, C. \(2019\)](#), planteo dentro de su investigación el objetivo de analizar una proyección de balance de masa de los glaciares Hurd y Johnson situados en la isla Livingston, una pequeña isla que posee la suficiente altitud y topografía para albergar glaciaciones en la Península de Antártica. La relación analítica dentro del marco metodológico aplicado, está basado en el seguimiento evolutivo de los glaciares desde una perspectiva climatológica sectorial; cabe mencionar que para identificar cuáles son las variaciones, se debe ampliar la visión a glaciares aledaños, con la finalidad de ubicar un numero representativo de indicadores morfológicos evidenciando cambios en las estructuras; se recomienda que la información, necesariamente debe ser actualizada para evitar replicar los escenarios pasados, de tal forma que los cambios en las superficie glaciar sea calculada en áreas.

Según [SOTO, J. y DEL CASTILLO, G. \(2019\)](#), atribuyen el cambio climático a las actividades antrópicas, que comúnmente son productoras de emisiones, atmosféricas, sólidas y líquidas; que conforman parte de una carga negativa al

medio ecosistémico; manifestándose de tal manera que la constante térmica climática es alterada, evidenciando sus consecuencias en la variabilidad de las masas de hielo y la continuidad de las precipitaciones características de cada sector departamental y local; así se pueden conformar las cadenas de vulnerabilidad en un ciclo cerrado, es decir, la problemática generada por el hombre, regresa al hombre, con un decrecimiento en la productividad agrícola, incremento de desastres naturales y posibles temporadas de escasez del recurso hídrico, que lograría ser posible manejar mediante un proceso de gestión basado en términos de preparación, transformación y adaptación.

Así mismo [GÓMEZ, D. y GÓMEZ, M. \(2018\)](#), adicionan que mediante un seguimiento temporal, a raíz de la década de los 70 se comenzaron a percibir los daños en el componente climático dados por el incremento de las actividades productivas y la industrialización a nivel mundial. Para estos escenarios adversos la visión del siglo XXI debe estar direccionada en busca de una reducción y manejo de los gases de efecto invernadero producido paralelamente a la satisfacción de la necesidad humana. Por otra parte la sostenibilidad es una terminología que va de la mano con ciclos retroalimentados de su propia producción inicial además de recursos inaprovechables para la generación de un proceso escalonado e incremento de durabilidad; para finalmente conformar la iniciativa de producción amigable con el medio ambiente en busca de la prolongación del proceso de cambio climático.

Sumando [VIÑUALES, V. \(2018\)](#), hace referencia a la economía y los problemas severos que presentará en su funcionamiento futuro ante los efectos adversos del cambio climático; se le atribuye el nombre de transición económica a la mejora del tesoro público de la mayoría de países desde la década de los 90'; no obstante, existe la presencia de un compuesto químico denominado carbono o Black carbon, que al igual de la economía, su incidencia se ha dado cada vez en mayores proporciones, dañando de manera sincronizada los ecosistemas de montaña, y opacando la vida de mucha diversidad de especies, como también alterando los estándares normalizados de salud en todos los seres humanos. Para lograr una eficiente mejora se deben trabajar como mínimo un par de décadas para notar la diferencia, cambiando leyes, operatividad de las tecnologías y

modificando la serie de hábitos que hoy en día posee el ser humano y son adversos a las condiciones de estabilidad climática.

Por otra parte [IVANOVA, Y. et. al., \(2018\)](#), indican que el cambio climático debe ser punto naciente de reformas en los modelos hidrológicos que se tenían previstos sin escenarios de variabilidad climática constante, En este sentido los cambios deben iniciar en la gestión del recurso hídrico, sumando a esto, rigurosos protocolos de monitoreo que difieran en un corto plazo temporal para registrar un seguimiento, estableciendo tendencias y dificultades para contrarrestarlas. Cabe mencionar, que de registrarse problemas en el ciclo hidrológico del territorio, se disminuirán las acumulaciones del recurso en las partes altas (formación de lagunas, solidificación en glaciares, etc.), lo que conllevará al decrecimiento en la presencia del caudal en las partes bajas de la cuenca completa; causa probable de obstáculos en los cuerpos de agua, es el exceso de una huella hídrica gris y sus vertimientos sobre la cuenca del Río influyente.

Según [VICTORIANO, A. \(2018\)](#), en su estudio sobre del método de integración para lograr caracterizar las cuencas hidrológicas de las montañas, explica que es un caso especial, debido a su gran complejidad que presenta ya que durante las estaciones del año el cambio climatológico y meteorológico es constante. Sin embargo, observo que las cuencas tienen la capacidad de poder adaptarse a las precipitaciones, pero esto tiene un límite determinado de caudal y esto se debe a los cambios que ha presentado la mano antrópica y la ausencia de cobertura vegetal.

[SUGATRI, R. et. al. \(2017\)](#), en su investigación sobre los residuos de carbón negro a partir de la industria de los neumáticos, determino mediante los análisis infrarrojos por transformada de Fourier se puede evidenciar presencia de carbón, pero para eso se basó en una frecuencia de onda de carbón negro estándar inicial, el cual tiene los valores de frecuencia característica de un pico conglomerado  $3450.65 \text{ cm}^{-1}$ , donde obtuvo una nivelación alcanzando un pico de onda característico de otro tipo de compuestos carboxílicos, lo cual no caracteriza que sea carbón negro por ende no se toma en cuenta en base a la

frecuencia de su onda, sin embargo existe otro pico de onda dentro de un conglomerado lineal donde se puede ubicar una caracterización de hasta 1585.49  $\text{cm}^{-1}$  y seguidamente alcanza dentro de su comportamiento bajando así a 1381.03  $\text{cm}^{-1}$ , por consiguiente manifiesta que eso es el patrón espectro infrarrojo inicial de un black carbon, por ende este patrón será el principal identificador para cualquier black carbon que se encuentre en otro tipo de muestra lo cual puede ser un indicador de la determinación cualitativa.

Según [BELMONTE, A. \(2017\)](#), explica que los glaciares deben ser estudiados siempre, debido a su importancia ya que se encuentran presentes desde años pasados y tienen diferentes condiciones morfogenéticas que lo hacen especial, se sabe que aun principio cubrían gran parte de muchos territorios a diferencia de hoy, que a causa del cambio climático se han perdido extensiones de glaciares. Dando origen a las formaciones de nuevas lagunas es por eso que es importante estudiar y trabajar en función del retroceso glaciario.

[POZO, A. et al. \(2017\)](#), explican que las aguas provenientes de los efluentes mineros contienen metales pesados en diferentes concentraciones. Así mismo indica que estas aguas en las zonas bajas son consumidas por animales y personas que viven alrededor de estos lugares, cabe mencionar que existe la presencia de cobalto, cobre, hierro, manganeso, níquel, plomo, zinc y sulfato. Sin embargo, lo que más resalta es la presencia del hierro, debido a que se encuentra con normalidad en los efluentes en una de 435mg por litro, causando una inestabilidad en el agua. Por otra parte, indica que el método de la oxidación del hierro es un mecanismo que va a depender de una u otra manera del pH, por lo que se debe monitorear consecutivamente, con la finalidad de poder introducir algún tipo de agente microbiano que contribuya en la descontaminación. También manifiesta que el ion ferroso tiende a la oxidación, por lo que según la termodinámica esto puede ser favorable con respecto a la estabilidad del pH menor a 4, lo que implica un alto nivel de acidez que favorece a las bacterias que trabajan con oxidantes, esto tiene un efecto sobre el agua que cambia su coloración a un tono pardo (óxido).

Añade [NEPAL, S. \(2016\)](#), que el apogeo e importancia deben estar dirigidos hacia un recurso científicamente clasificado como finito; de esta manera se propone el estudio riguroso de los sistemas climáticos con la finalidad de encontrar tendencias capaces de predecir o perseguir acontecimiento de manera muy próxima, evitando problemas con mayores implicancias, se ha demostrado que la temperatura en las cordilleras y nevados se ha incrementado durante el último siglo, encontrando una variabilidad térmica sobre la microcuenca del Rio Koshi oscilante entre 0.058 °C/año en temporadas de verano y 0.014 °C/año en temporadas de invierno; arrastrando consigo diversos problemas climatológicos.

Así [MOLINA, F. \(2016\)](#), indica que la conservación de las características particulares de los nevados bolivianos (Nevado Illimani), se puede dar en tal sentido que se pueden trasladar muestras a un lugar que posea las cualidades para conservar dichos parámetros (Antártida), sepultados a más de 8 metros de la superficie glaciar a una temperatura de -50°C aproximadamente. Este método particular está basado en mantener el recurso hídrico sólido en estado puro, con la finalidad de evitar cualquier tipo de contacto con agentes externos y/o contaminantes presentes en los nevados a causa de la minería, incremento del parque automotor, entre otros.

[REYES, Y. et al. \(2016\)](#), explica que la contaminación de cuerpos de agua por metales pesados se da en diferentes características y una de estas es la transformación en la coloración de los cauces nacientes de un cuerpo de agua. Expresa que no necesariamente una coloración marrón o turbia indica la presencia de hierro, sino también puede ser de diferentes metales pesados como el zinc, mercurio, cobre, plomo y cadmio. Así mismo menciona que todos estos metales son capaces de presentarse en grandes concentraciones en los cuerpos de agua, el cual tiene efecto negativo en las actividades antrópicas que se empleen. Estas aguas con normalidad que vienen de las zonas altas, sirven para regar plantaciones agrícolas, alimentación de especies cárnicas, sirve como habitad de peces y como consumo humano. Por lo que realizaron un análisis más complejo en el cual determinaron que en todos los factores mencionados anteriormente existe presencia de metales pesados, incluso en los seres humanos, en diferentes proporciones almacenados.

Por otra parte, [CAMPOS, D. \(2015\)](#), Indica que en la ciudad de México existe una alta percepción ante la variabilidad climatológica sobre todo en el parámetro fisicoquímico de la temperatura que va de la mano con la pérdida de las precipitaciones naturales del área, variando así las proporciones medias anuales. Para reafirmar las hipótesis planteadas se realizó un análisis general de 30 estaciones pluviométricas de la ciudad de México por un periodo determinado, de esta manera se encontró que 2 estaciones pluviométricas presentan claras tendencias decrecientes mediante un seguimiento en proporciones históricas, afirmando la variabilidad climática en base a incremento de temperaturas y pérdidas de precipitaciones.

Suman [CHÁVEZ A. y GONZÁLES D., \(2015\)](#), que el crecimiento demográfico actual implica el mayor requerimiento de recurso hídrico, sin contar con el déficit que este experimenta a nivel mundial. A esta problemática se le atribuye el nombre de variabilidad en la estabilidad climática por agentes antrópicos. Las zonas rurales de España, aquejan un déficit de abasto debido a la falta de gestión e interés, no obstante, la implementación de reservorios, canales de regadío y planes de gestión pueden ser un factor de regulación y abastecimiento autosuficiente para cubrir todo tipo de requerimientos.

Según [FERRER, V. y TORRERO, M. \(2015\)](#), explica que en Argentina se encuentra una cuenca hidrológica que oscila entre 2500 a 3000 km<sup>2</sup>, el cual cumple con un manejo sostenible y un marco legal que ayuda a preservar el recurso hídrico para futuras generaciones; es así que se pudo obtener la participación ciudadana y de autoridades para la operacionalización y variabilidad. Esto es un ejemplo de cómo si se puede lograr un manejo sostenible en las cuencas siempre en cuando se respete de forma positiva los factores físicos y antrópicos.

Según [SCHMITT, C y TODOS, J. et al. \(2014\)](#), analizaron los glaciares tropicales desde año 2011 al 2013 periódicamente, donde llegaron a trabajar en altitudes oscilantes entre 4800 m.s.n.m y 6800 m.s.n.m, consecuentemente evaluaron 15 picos montañosos de diferentes nevados sobre la Cordillera Blanca, donde se obtuvieron un promedio de 240 muestras. Seguidamente fueron procesadas por

el método LAHM, para analizar las partículas absorbentes de luz, con la finalidad de calcular la cantidad de black carbon presente durante diversas épocas, determinaron que durante los 3 años evaluados la Cordillera Blanca experimento un crecimiento exponencial en la población de las partes bajas aledañas, lo que implico claramente el cambio en el suministro del black carbon presente en los nevados. Así mismo, los picos más altos se hallaron en las partes bajas de los glaciares con un promedio de 70ng, por cada gramo de agua. En contraparte, las zonas de alta montaña registran mínimas cantidades como en este caso fue de 2ng por cada gramo de agua, lo que evidencia que los factores antrópicos influyen sobre la presencia de este compuesto en zonas remotas.

Según [ENTRENA, F. \(2014\)](#), indica que para el cálculo de los valores de radiación solar se emplean diversas metodologías, como el procesamiento de datos de estaciones meteorológicas, la interpolación de datos de radiación solar en base a diferentes estaciones meteorológicas y la interpolación topográfica que es interpretativa en función a un radio de 100 kilómetros. Otra manera de interpretar la radiación solar es de forma satelital, para esto lo que se hace es procesar las imágenes y filtrar los datos obtenidos. Una vez realizado ya se conoce cuál es la flexión que puede tener la incidencia de radiación solar sobre la superficie terrestre. Así también manifiesta que existe una forma de calcular la radiación solar sobre la superficie de la tierra, es decir externa a la tierra, para esto se presenta una constante de valor 1366 w/m<sup>2</sup>, la cual representa la distancia que tiene el sol hacia la tierra, además presenta una formula constituida especialmente para hallar la radiación solar incidente en un día específico, donde el autor caracteriza a "N" como el número de orden del día del año que tiende a variar en base a la estación climática en la que se encuentra el hemisferio.

[GALLARDO, D. et al. \(2013\)](#), Explica que, en un proyecto minero al realizar la extracción de minerales metálicos, da cabida a proyectos metalúrgicos. La extracción de estos recursos modifica en gran proporción todos los drenes de las corrientes superficiales que existen en los causes y canales próximos a dichos lugares de extracción, por consecuencia las aguas superficiales aledañas demuestran valores de pH, con altos niveles de acidez, lo cual mediante monitoreos demuestran un gran incremento de la presencia de metales como el

plomo, plata, Bario y otros. No obstante, se presenta la disminución de otros metales como es el caso del  $Fe^{+2}$ . Además, se halla la presencia de óxido de hierro en los muestreos que se realizan más próximos a la zona. Así mismo, demuestra que este compuesto alcanza concentraciones de 0.9 – 7.3 mg/L. También, encontró la presencia de zinc y plomo a muy altas concentraciones como de 18.0 a 481.0 mg/L y 231,0 – 748 mg/L respectivamente. Indica que la presencia de dichos metales se percibe en los lixiviados resultantes de los procesos de refinado que se dan el lugar.

[ENRIQUEZ, O. et al. \(2013\)](#), Relacionaron el comportamiento de las precipitaciones normales en épocas donde no hay alteraciones climatológicas con temporadas donde influencia el fenómeno del niño y niña. Para esto se analizaron 10 distritos, en el que encontró que los cambios climatológicos referente a las precipitaciones más significativos se dan con la aparición del fenómeno del niño o niña, ya que esto ocasiona una alteración en la estabilidad de la precipitación creando abundante acumulaciones de los cuerpos de agua en las alturas, lo cual también ocasiona que las cuencas hidrológicas no activas se recarguen tanto que logran ser reactivadas y traen consigo picos altos históricos en precipitaciones y caudales, por otra parte las precipitaciones normales presentan valores promedios o bajos que con normalidad se predicen según la estación del año y en la zona donde esté ubicada.

[MANCILLA, O. et al. \(2012\)](#), realizaron un análisis de 93 a 100 puntos de monitoreo para observar la calidad de agua de un cause en la ciudad de Puebla-México, con la finalidad de ver cuál es el estado físico químico de uno de los caudales principales de la zona, esto lo realizo para ver si las aguas de riego que son utilizadas de este cause tienen altas concentraciones de metales pesados, en otro estudio verificaron que el pH de estas aguas era de 6 a 9, lo que indicaba una neutralidad y tendencia a alcalinidad, lo cual indica una presencia de metales pesados, pero no en grandes concentraciones y esto se ve reflejado en la alcalinidad. Por otra parte, los metales pesados totales que fueron encontrados en los monitoreos fue la presencia de cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo y el zinc, los cuales tienen un efecto de lixiviación en base al uso del agua y el contacto que tiene sobre el suelo lo que hace que estos pierdan su estabilidad. Por otra parte, también estos suelos que albergan pastizales son

consumidos por animales, en otras ocasiones se utiliza para consumo humano lo que indica que los porcentajes de metales pesados en el suelo, agua, animales y seres humanos puede tener un efecto negativo para la salud.

[PISAPIA, D. et al. \(2009\)](#), en su investigación sobre la oxidación del grafito natural y sintético por medio del estudio térmico y espectroscópico. Busca degradar el grafito en su estado natural y cristalizarlo con la finalidad de que pierda los efectos adversos que este puede tener sobre cualquier medio. Para esto realizó un seguimiento de esta degradación en un periodo de 25, 50 y 75 días, para que de esta manera se logre apreciar una alteración en estas muestras. Es así que se tuvo en cuenta que este compuesto necesariamente tiene que estar sometido a altas temperaturas (Aprox. a 90°C) para poder cristalizarse y posteriormente desaparecer o micro visualizarse, en este sentido al analizar los cambios utiliza diversas técnicas como difracción de rayos X, la espectroscopia y los análisis termogravimétricos, además de utilizar el espectro infrarrojo para ver las frecuencias de onda con la finalidad de evidenciar si hay disminución o no. Cabe mencionar que en medios de bajas temperaturas el grafito o carbono es complicado que desaparezca ya que incrementa su dureza, por lo que, al estar expuestas en cualquier medio, logran adherirse a un medio líquido o sólido (hielo).

Según [CHOW, J. et al. \(2005\)](#), realizaron una comparación de métodos de análisis para observar la presencia de carbono, estos métodos fueron 3 y cada uno se diferencia del otro, pero tienen la característica de evaluar carbonos en aerosol y carbono en material particulado. Por otra parte, estos métodos permiten identificar cual es el tipo de carbono presente en las muestras tomadas por frecuencia de ondas (espectrometría), para esto explica que al momento de tomar lectura de las muestras, se logra identificar carbono orgánico y carbono elemental, los cuales se presentan en diferentes formas (carbón en aerosol y carbón negro). Así mismo el modelo 2001, es capaz de modificar el análisis de espectroscopia de masa, ya que este proceso se trabaja al quemado, es decir incinera las muestras de filtro de cuarzo y puede identificar las cargas de carbón en aerosol. Otro método es el DRY/OGC (analizador de carbono) el cual es

utilizado para medir carbono orgánico y carbono elemental y esto se reconoce por su frecuencia de ondas. Dando a entender que la presencia de carbono se encuentra de forma natural en el medio ambiente ya sea por causas antrópicas o causas naturales.

En el siguiente contexto se implementarán fundamentos básicos de incidencia nacional con la finalidad de trabajar bajo un contexto característico en diferentes cordilleras del litoral andino-peruano.

Según [NEYRA, S y MESA, P. \(2021\)](#), en su estudio realizado en Chile relaciona la minería, agricultura, ganadería y diferentes actividades antrópicas con la contaminación y la problemática medio ambiental que acontece en el país. Es decir que la zona de Atacama y Coquimbo en Chile, existen alrededor de 161 y 385 de depósitos de relave, todo esto se relaciona de manera negativa con el entorno ecosistémico, es decir que en dichos depósitos de relaves se encuentran diferentes metales pesados como el cobre, hierro, oro, plata y entre otros los cuales son extraídos en las zonas mineras. Así mismo, esto degrada el estado óptimo del suelo, ya que le quita los nutrientes y hace retroceder a la agricultura. Por otra parte, también por medio de la infiltración y por escurrimiento a los cuerpos de agua, se presentan efectos adversos sobre dichos cuerpos que trasladan estos caudales, conformando así cuerpos de agua con coloraciones pardo, característicos por la contaminación de metales pesados, lo que implica un incremento en su dureza y cambios en el estado inicial del agua, es decir desequilibra diferentes parámetros físico - químicos del agua lo que implica un proceso largo para su tratamiento.

[SOTO, C. \(2020\)](#), indica que los glaciares en la actualidad han sido puntos de asentamiento para partículas absorbentes de luz o black carbon, lo que ocasiona la reducción del albedo o de la superficie glaciar. En este sentido, el término que utiliza es del derretimiento del hielo, el cual evidentemente tiene relación con la radiación solar incidente sobre el lugar, ya sea en ondas cortas o largas, esto tendrá por consiguiente un efecto contraproducente hacia el glaciar. Además, con la toma de 10 muestras de nieve en el año 2017, logró cuantificar la presencia de black carbon más alta, encontrando que esta fue de 65, 224 ng, por

cada gramo de agua en el mes de octubre y el valor mínimo encontrado fue de 20,941 ng por gramo de agua en el mes de febrero, a causa de las precipitaciones. Por otra parte, expresa que la energía solar tiende a variar en diferentes temporadas del año, por lo que en temporadas de invierno, el hielo es capaz de derretirse a 13,57 kg/m<sup>2</sup>, no obstante, en temporadas este deshielo es capaz de duplicarse a 26,65 kg/m<sup>2</sup>, con una incidencia de radiación solar de 7,0 kwh/m<sup>2</sup>, por lo cual concluye que la radiación solar provoca el calentamiento de las partículas absorbentes de luz, lo que acelera el derretimiento de la superficie glaciar.

Según [CUADROS J., \(2019\)](#) en su estudio realizado de “Efecto de las partículas absorbentes de luz (PAL) en la nieve sobre el balance radiativo del nevado Coropuna, Arequipa”, considera que uno de los grandes problemas que ayuda a la acelerada pérdida de masa glaciar son las partículas absorbentes de luz y el carbono negro, debido a que mantiene una coacción que se acumula en la parte superficial de la nieve, sin embargo su vida de estos gases que se encuentran en la atmosfera suele ser muy corto a diferencia de los gases de efecto invernadero generando así su rápida acumulación en los nevados, que por consecuencia a largo plazo es un daño irreversible. Para lograr demostrar su enfoque se realizó un seguimiento al Nevado Coropuna por un periodo de 5 meses, en el cual se tomaron muestras de 3 zonas diferentes para evaluar donde había mayor acumulación, el método que tomaron para los respectivos análisis fue LAHM, luego de estos fueron sometidos al modelo SNICAR, de esta manera se pudo ver la presencia de partículas absorbentes de luz y otro de los métodos que utilizaron fue identificar las estaciones meteorológicas para ver la incidencia de radiación solar. Llegando a la conclusión de que había una variedad en las mediciones a causa de los cambios de temperatura en los meses estudiados donde obtuvieron como mayor rango 269.4 ng/g en Julio y como menor rango 27.6 ng/g de Agosto.

[BRAVO, K. \(2019\)](#), realizó un análisis del Nevado Tunshu frente al cambio climático en base a la PEH (pequeña edad de hielo), para ello especifica que los glaciares tropicales por lo general se encuentran en los Andes del Perú a una altitud de 5,000 m.s.n.m y suelen formarse a partir de la acumulación de grandes cantidades de nieve, el cual sirve como abastecimiento del recurso hídrico para

los centros poblados andinos. Sin embargo, al analizar la dinámica espacio-temporal por estudios cartográficos, metodológicos y bibliográficos, concluyo que esta acumulación de nieve ha ido descendiendo de manera acelerada y que en el siglo XVII se logró la mayor cantidad de acaparamiento de nieve que se registró y que la mayor pérdida de masa glaciar se ha venido evidenciando desde el año 1890 hasta la actualidad.

Según [CAMAYO, B. et al. \(2019\)](#), Realizó una revisión de operacionalización sistemática de 15 años de datos de estaciones meteorológicas del SENAMHI, con la finalidad de establecer un patrón de tendencia en base a las temperaturas mínimas y máximas, todo esto para predecir temperaturas a futuro, de esta manera busca diferenciar cuales serian los impactos de este parámetro ambiental en base a las poblaciones acentuadas tanto en la selva y en la sierra. Mediante un modelo empírico denominado Bristow-Campbell, registró y validó diferentes coeficientes, hallando valores promedios de temperaturas y energía solar incidente sobre 2 áreas, encontrando que el valor promedio de energía solar sobre la sierra será de 6 kwh/m<sup>2</sup> al día y en la selva se presentaran 4 kwh/m<sup>2</sup> al día , lo cual quiere decir que la energía solar va a seguir siendo constante con una tendencia a incremento sumamente leve, lo que indica que los promedios mensuales y anuales se mantendrán en Junín - Perú.

Según [GUEVARA, V. \(2019\)](#), En su estudio sobre los alcances y límites de la gestión integrada de los recursos hídricos en la Subcuenca Santa Eulalia, manifiesta que las subcuencas son muy importantes porque ayudan a la conservación y balance de los recursos hídricos, debido a que sirve como materia prima para dar agua y energía a los pobladores de los diferentes distritos, pero al no tener un buen manejo en su gestión ponen en riesgo el futuro. A diferencia de otros consejos de recursos hídricos de cuencas, la Cuenca de Santa Eulalia carece de la falta de coordinación e iniciativa por falta de sus autoridades, por más que es una de las cuencas que mayor beneficio hídrico brinda a Lima metropolitana, a los pueblos aledaños y empresas como Sedapal e hidroeléctricas. Es por eso que se busca que tanto las autoridades locales de la subcuenca y las autoridades de Lima, mediante la Ley de los recursos hídricos

tengan una gestión integrada donde se consideren los diferentes aspectos que esta influye tanto económica, ambiental y social. Llegando a la conclusión que por más que las autoridades locales de la subcuenca tengan la iniciativa de querer una mejora para el bienestar de ambas partes las autoridades de Lima o el gobierno no logran concretar un acuerdo donde ellos puedan manifestar sus necesidades sociales, ya que tienen diferentes visiones que no son aceptadas.

Según [SANCHEZ, W. \(2019\)](#), indica que las concentraciones mensuales encontradas en los nevados Yanapaccha y Shallap, que se presentaron en un seguimiento de dos años aproximadamente, se halló que los promedios máximos se encuentran en los meses de septiembre en ambos nevados. Es así, que las más altas cantidades son de 43.16 y 144.57 ng, por gramo de agua en cada nevado. Además, explica que los promedios anuales de la presencia de black carbon de los nevados oscilan entre los 265.62 y 432.22 ng, por cada gramo de agua. Localizando que el black carbon aumenta su acumulación a lo largo del año, debido a diferentes factores antropogénicos que se han ido incrementando en zonas aledañas, como el parque automotor y los métodos agrícolas, además por fenómenos climatológicos se observaron algunas diferencias dadas en las corrientes de viento, lo cual favorecía el traslado del carbón negro hacia la zona de glaciares en parque nacional el Huascarán.

[URSTEIN, T. \(2018\)](#), denota que la disponibilidad hídrica del Perú presenta inestabilidad en su totalidad, lo que hace que las zonas altoandinas sean fuentes de abastecimientos finitas, debido a que presentan problemas frente al cambio climático y al calentamiento global haciendo que se relaciona directamente con el crecimiento demográfico en las zonas urbanas a nivel de algunos departamentos del Perú, ya que las cordilleras no solo abastecen a la costa, sino también a la selva, es así que al crecer en población se da un incremento exponencial en la necesidad hidrológica, lo que implica una mayor facilidad en la disminución de la disponibilidad hídrica, dejando como consecuencias la falta de acceso a cantidad y calidad de agua. Así mismo, causa una repercusión sobre el bienestar del ser humano, sin considerar la alta peligrosidad que se da en función a la fauna y flora endémica de zonas donde se necesita el recurso hídrico, ya que, al desaparecer este recurso, las migraciones serán en función a la adaptabilidad.

Según [RAMOS, R. \(2018\)](#), en su estudio del nevado Coropuna y como su cobertura glaciar ha variado en las últimas 3 décadas, manifiesta que mediante datos obtenidos por el SENAMHI las precipitaciones se presentan en el mes de diciembre oscila entre 214 mm a 736 mm, las cuales se dan por finalizadas en el mes de marzo y la temperatura se incrementa en ese periodo debido a los cambios por el fenómeno climático. Para realizar dicho estudio también se utilizó imágenes satelitales (Landsat 5) y ARCGIS 10.4 con la finalidad de modelar las cuencas hidrográficas presentes en la zona de estudio.

[SALCEDO, S. \(2018\)](#), expresa que en el nevado Coropuna existe black carbon, de acuerdo al monitoreo que realizó desde el año 2017 al 2018 (Julio-Mayo), encontrando valores desde 0.43 a 269.38 ng de black carbon, el cual corresponde al mes de mayo. Cabe mencionar que una de las observaciones es que la mayor cantidad de nieve que se pierde de manera cualitativa en los nevados se da en las temporadas de verano, lo cual establece una relación entre la pérdida de masa glaciar, radiación solar y presencia de black carbon. Esto quiere decir que las partículas de carbono que estén almacenadas sobre la superficie de la masa glaciar van a ser el punto de quiebre para que las partículas absorbentes de luz capturen la radiación solar, lo que implicará una acelerada pérdida de la cobertura glaciar. Así mismo, también menciona que el promedio encontrado fue de 58.31 ng, de esta manera realiza una apreciación inversamente proporcional para lo cual indica que a mayor altitud se encuentra menor cantidad de black carbon y que a menor altitud se encuentra mayor cantidad de black carbon. Por consiguiente, expresa que el carbono en las muestras recolectadas se presenta no de una forma singular sino de diferentes características como en aglomeraciones y fragmentos puntiagudos. Por otra parte, el filtro con el que el autor trabajó, presentó diferentes tipos de sedimentos como arena, polvo, óxidos y diferentes impurezas.

[SUAREZ, L. et. al \(2017\)](#), en su investigación sobre el carbono negro en la ciudad de Huancayo, manifiesta que la concentración de carbón negro expresado en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se evidencia por la quema de biomasa, es decir la quema de cualquier compuesto que presente black carbon, tornándose esto en el ambiente como pequeñas partículas que por la corriente del aire terminan siendo volatizadas. La ciudad de Huancayo al ser un valle de la sierra, tiene predominancia en fuertes

corrientes de viento. Es por eso que se encuentran corrientes de viento que llegan a los 4 m/s, los cuales se concentran en las zonas más urbanas del lugar. Es así que explica que los vientos más fuertes de 5 a 7 m/s, que provienen de diferentes lugares, arrastran las biomásas presentes en la cuenca del Amazonas y esto a la vez es transportado como un contaminante atmosférico, el cual se manteniendo suspendido en la ciudad de Huancayo y en diferentes provincias del Perú.

Según [SÁNCHEZ, W., \(2018\)](#), en su estudio sobre la Estimación de la nieve fundida a causa del carbono negro en los glaciares Yanapaccha y Shallap (oct – 2015 a ago – 2016). Explica que la presencia de carbón negro en la superficie de los nevados hace que la radiación solar llegue con mayor fuerza el cual es absorbido en forma de calor provocando una acelerada pérdida. Para demostrar este fenómeno se empleó la simulación SNICAR, para el cual se utilizó valores de masa de carbono negro y luego pasaron por el método de LAHM, estas muestras fueron recolectadas de los glaciares Yanapaccha y Shallap, entre los periodos del 2015 en el mes de octubre hasta el mes de marzo del 2016, tomando diferentes altitudes, luego estos fueron enviados a un laboratorio para su respectivo análisis. Teniendo como conclusión que en Shallap hay más presencia de carbón, debido que se encuentra a una mayor altitud a diferencia de Yanapacha, además se demuestra que en Shallap hay más pérdida de masa glaciar a causa de la radiación solar que es absorbida por el carbono negro y resalta que los nevados que se encuentran más cerca de los centros poblados tienen mayor presencia de carbón negro a diferencia de los centros poblados que estén a mayor distancia.

Y finalmente desde el ámbito local y espacial del área de estudio se ponen a disposición los trabajos previos locales.

Según [FONSECA, S. \(2019\)](#) en su estudio sobre la evaluación de los recursos hídricos de la cuenca del río Chillón, explica que desde años pasados se ha venido realizando diferentes evaluaciones y cuantificaciones tanto para las cuencas de mayor y menor proporción que ayuden a conservar el recurso hídrico para que las diferentes actividades sean beneficiadas y no sufran en su desarrollo y producción. Es por eso que se busca que la cuenca del río Chillón cumpla con esta estrategia mediante un plan de gestión para beneficiar a los

pobladores y sus actividades de agricultura y ganadería. Para eso se elaboró un seguimiento hidrometeorológico que conlleva a poder cuantificar mediante una evaluación y así simular su función en un sistema integrado, para eso se tomaron en cuenta las características sociales, meteorológicas y físico-ambientales, también se obtuvo un análisis de datos de los pluviómetros e hidrómetro en un periodo de tiempo. Llegando a la conclusión que la cuenca del río Chillón tiene una disminución hídrica significativa de 1.05 hm<sup>3</sup>/año entre los periodos de agosto hasta setiembre, pero en los periodos de octubre hasta julio supera los 117.63 de hm<sup>3</sup> /año y la disponibilidad del recurso hídrico al año es de 222.97 hm<sup>3</sup>.

Según [VARAS, M., \(2018\)](#) en su estudio sobre la comunidad y clima, y como este proceso ha logrado transformar a la cuenca Alta del río Chillón, a causa de que los nevados no abastecen de recurso hídrico de la misma manera como lo hacían décadas atrás, es por eso que se manifiesta que es de gran preocupación tener un buen manejo de planes de desarrollo y las respectivas mitigaciones que ayuden a sobrellevar situaciones como estas, para que los pobladores que se encuentren en sitios aledaños no tengan problemas en su ganadería y agricultura ya que es su principal fuente de ingreso. Es por eso que se busca que los habitantes de San Felipe de Culhuay sean escuchados y tomados en cuenta, debido a que han evidenciado como la Cordillera La Viuda en las últimas décadas ha perdido de forma acelerada su masa glaciar y que por consecuencia ha generado daños y pérdidas en los pobladores aledaños, en ese sentido piden que las autoridades les tomen en cuenta para que puedan tener una mejor gestión en función a ellos y el cambio que se ha generado con el pasar del tiempo. En conclusión, se pudo evidenciar que los pobladores a falta de ser tomados en cuenta por entidades y autoridades han tenido que aprender a lidiar con estos problemas y buscar soluciones para no tener mayores pérdidas.

Además de la revisión sistemática de trabajos previos, es necesario subdividir la terminología de la variabilidad hidrometeorológica en la identificación de sus conceptos básicos como; el clima, reconociendo a este factor como las condiciones meteorológicas manifestadas de forma estadística por entidades encargadas de monitorear dicha condición sectorial que tiende a fluctuar en diversas temporadas por cada año, así también dando cabida a un clima actual

que se encuentra bajo un régimen de monitoreo operativos y vigilancias secuenciales de clima con la finalidad de obtener data climatológica en base a reglamentaciones; por último el clima futuro se ve expuesto ante el cambio climático donde se propone un marco de proyección basado entre los años 2030 a 2050, introduciendo la variable de gases de efecto invernadero y las mayores proporciones que tendrán con el transcurrir del tiempo, siendo el caso de Perú la varianza que se presentará en los componentes de precipitaciones, temperaturas y humedad ([Correa, et. al. 2020](#)).

Se debe tener en cuenta la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) como un protocolo de constante desarrollo y soluciones ante las problemáticas que se puedan generar en el futuro a causa de la variabilidad climática, contribuyendo en un desarrollo sostenible que sea capaz de cubrir necesidades políticas, económicas y socio-ambientales dirigidos a la adecuada protección de sistemas naturales con potencial de abasto futuro ([García y Herrera, 2019](#)).

Por otra parte, se debe reconocer que las zonas alto andinas en la actualidad están experimentando un fenómeno denominado cambio climático que consta de diversos cambios de estado climatológicos que difieren en los valores promedio que se tenían bajo un seguimiento de periodos pasados, su causa se puede dar por actividades señaladas como degenerativas manifestadas en procesos naturales, actividad antrópica y la presencia de agentes en la atmósfera y utilizadas en los suelos ([Correa, et. al. 2020](#)).

En sentido se forman las Respuestas al Cambio Climático, que de forma inmediata sindicaron secuelas fluctuantes de entre 10 a 99 años a futuro; además el 97% de los estudios realizados por especialistas señalan las actividades antrópicas como responsables del deterioro medioambiental en base a la pérdida del régimen normalizado de precipitaciones y a las tasas de incremento en las temperaturas medias anuales. Dichas investigaciones confirman temores y teorías dadas por el entorno medioambiental, sindicando que los gases de efecto invernadero se han incrementado en un 50% durante todo el siglo XIX, y estiman que en los próximos dos siglos las cifras en concentraciones y factores climáticos serán alarmantes ([Paterson, 2017](#)).

Así, cabe resaltar la importancia que adicionan los recursos hídricos del Perú a su sostenibilidad económica y de actividades agropecuarias que emergen una necesidad prioritaria por el abastecimiento constante del recurso hídrico, dando relevancia a los estudios y monitoreo que puedan darse en base a las estaciones hidrológicas y registros obtenidos de cada caudal por río analizado; considerando también la presencia de factores de alto riesgo como el índice de escorrentía propiciado por la baja retención y acumulación de agua en las alturas, sumado a esto la desglaciación que se presenta a nivel nacional generando variabilidad en las constantes de escorrentía mencionados, viéndose una varianza en las precipitaciones, evapotranspiración y las constantes de los caudales; que por otro escenario adverso se pueden presentar olas de calor con crecientes sequías afectando el seguimiento del régimen hídrico ([Lavado, 2020](#)).

Para continuar con el reconocimiento de los fundamentos teóricos presentes en la investigación se debe tomar los puntos de relación entre el Black Carbon y su cuerpo receptor, La Cordillera la Viuda (Nevado y glaciares) y su dinámica funcional.

El Black carbón es un compuesto volátil, que después de terminar su vida útil suele ser transportado por medio aéreo hacia las zona alto andinas fortaleciendo la incidencia de la radiación solar sobre la cobertura glaciaria, incrementando la tendencia de desglaciación; las acciones del Black carbón dentro del sistema climático han sido intensificadas debido a diversos factores, como el crecimiento del parque automotor y las actividades industriales, conllevando a la adición de este compuesto en la nieve y el hielo ([Cuadros, 2019](#)). Además, este compuesto emerge de 5 fuentes energéticas; siendo éstas; motores diésel, carbón para industrias, materia prima natural industrializada (residuos ganaderos, madera y carbón), quema en espacios abiertos y por último la quema de biomasa. Añade que el Black carbón puede ser transportado por grandes extensiones territoriales, local, nacional, internacional e incluso intercontinental humedecido y homogenizado por las precipitaciones y en temporadas secas asentado sobre superficies, en muchos casos Nevados y glaciares ([Salcedo, 2018](#)).

Además, para complementar de manera más adecuada la terminología se debe resaltar la dinámica glaciaria que es una serie de constantes cambios en su geología y acorde a su comportamiento sirve como perfecto cuerpo receptor de

agentes externos, los cuales pueden incidir en la velocidad de disminución de masa glaciar en temporadas de verano. Es preciso decir que con normalidad los sistemas glaciares tienen respuestas inmediatas ante cualquier cambio, es en ese momento donde se presenta el incremento en el caudal, disminuyendo la percepción de masa glaciar en las partes altas ([Castillo, 2017](#)).

Por complementariedad como base se debe conocer que el cambio climático es considerado como cualquier cambio que ha persistido o durado por tiempos prolongados, esto se puede dar por las diferentes actividades antrópicas o naturales presentes en un periodo de tiempo. Como principal evidencia de esto se ha observado como la temperatura ha variado provocando las desglaciaciones en los nevados y el aumento de lagunas en los últimos años. (Martinez, C. 2014). Además parte importante de las interrelaciones de la naturaleza se da con el ciclo hidrológico siendo este la parte principal que se basa en la forma de circular el agua tanto en la parte superficial de la tierra y en la atmosfera, que debido a los procesos que conlleva en él no se identifica un principio ni un final a pesar de ser tan complejo y grande, los cuales se manifiestan en pequeños ciclos que al unirse forman uno solo. En conjunto con la radiación solar forman un suministro primario para el consumo y al mismo tiempo esto contribuye a que se presenten circunstancias que a lo largo propicien a la temperatura terrestre. ([Lobo, 2017](#)). Término que trabaja conjuntamente con el ciclo hidrológico son las precipitaciones, se le conoce como aquella agua o gota que de manera meteórica llega a caer en la parte superficial de la tierra, estas se presentan de forma líquida y sólida, estos cambios suelen darse por la temperatura o presión en el ambiente. La precipitación es conocida como el único ingreso al sistema hidrológico a causa de la condensación y evaporación de agua a la atmosfera que al descender se forman las escorrentías de agua superficial. ([Lobo, 2017](#)).

Otra parte de la climatología que ha ido en progreso es la radiación solar, que se forma a partir de una energía que se extiende en el espacio a raíz del sol, el cual se genera por el tipo de reacción nuclear que al fusionarse en el núcleo del sol causan emisiones de radiación electromagnética que tiene una velocidad aproximada de 299.792 Km/s, en diferentes frecuencias que se propaga por la velocidad de la luz a lo cual se conocido como una principal fuente de energía

de calor. También es considerado el mayor responsable de los cambios en el ciclo del agua, presión, temperatura y las variaciones en el viento ([Quispe, 2018](#)). Trayendo consigo un factor ambiental adyacente a las funciones climático-naturales, la temperatura es el elemento principal que determina el clima, es considerado como el encargado de lograr la vida en la superficie de la tierra, ayuda a que los vegetales puedan realizar la fotosíntesis y tiene como unidad de medida Celsius y Fahrenheit, también indica cómo se encuentra la energía de forma interna en un cuerpo para esto lo hace de manera macroscópica. ([Laqui, 2017](#)).

### III.- METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de Investigación

En este contexto la siguiente investigación se basó en un tipo de investigación exploratoria orientada a temas desconocidos con bajos indicadores de investigaciones dadas en el área, por lo que los resultados facilitaron ideas aproximadas a la problemática del lugar ([Salas, 2018](#)).

##### Diseño de investigación

El diseño de investigación fue experimental-longitudinal, debido a que mediante un estudio cronológico se tomó la data proporcionada por entidades calificadas a nivel Nacional (SENAMHI, ANA, INAIGEM); cabe mencionar que cada una de las variables se analizó de manera implícita con particularidades designadas, para relacionarlas entre sí; en este sentido se contempló la investigación experimental-longitudinal por el proceso de análisis que se dio en función a cambios en el tiempo, durante una serie de periodos estratégicamente selectos, ubicando variabilidad desfavorable y favorable ([Hernández, Fernández y Baptista, 2014](#)).

##### Modelo de investigación

Consecuentemente se aplicó un modelo de tendencia con el fin de profundizar el comportamiento de la variabilidad hidrometeorológica y la incidencia del Black Carbon (Hollín), ante los impactos ambientales relacionado con la Cordillera la Viuda y las sub – cuencas bajas.



**Figura 1.** Especificaciones de un Modelo basado en la Tendencia

**Fuente:** Adaptado de [Hernández, Fernández y Baptista, 2014](#).

#### 3.2. Variables y operacionalización

Se atribuyó dentro de la investigación la empleabilidad de cuatro tipos de variables, desde independiente, dependiente, universal y/o de confusión. Así se indicó que la variable independiente necesariamente dio cabida a una dependiente, complementados entre sí; obteniéndose así los resultados causa-efecto ([Villasís y Miranda, 2016](#)).

**Variable independiente 1** = Incidencia del Black Carbon (Hollín)

**Variable independiente 2** = Variabilidad Hidrometeorológica

**Variable dependiente** = Impacto en la Cordillera la Viuda y las Subcuencas bajas

Además, se presentó la separación concordante de las variables independientes y dependientes en una matriz de operacionalización para seleccionar cada una de sus ramificaciones puestas en cuestión como objeto de análisis, esto se esquematiza en la **Anexo 1** presentada en la sección de anexos.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

La población según [Hernández et al. \(2014\)](#), es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones y las cuales presentan una misma cualidad. Así mismo para el presente estudio, la población se centró en la extensión de la masa Glaciar del Nevado Rajuntay y el Nevado Alcoy, Lima-Junín, los cuales cuentan con una extensión de 15 Km<sup>2</sup>.

#### **Muestra**

Para la realización de la muestra se tomaron en cuenta los dos nevados ya mencionados dentro de la extensión de la Cordillera la Viuda, los cuales fueron el Nevado Rajuntay y el Nevado Alcoy, estos fueron visitados en el año 2021 en un periodo de 3 meses, para esto se ejecutaron expediciones de forma intercalada, por cada mes se tomaron muestras y se evaluaron diferentes coordenadas del nevado. Ubicando dichas coordenadas, se realizó un cuadrante con una medida de 50 x 50cm, teniendo en cuenta un espesor de 2 cm con la finalidad de recolectar 2kg de nieve superficial.

#### **Muestreo**

De acuerdo al proyecto este es un muestreo **no probabilístico**, debido a que según [Hernández et. al., \(2014\)](#), la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación. Así mismo, la muestra fue tomada por conveniencia porque se seleccionaron los elementos y no dependió de la representación de la población.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnica de recolección de datos**

La técnica que se utilizó para el presente proyecto fue de observación experimental, dado que los datos fueron manipulados y controlados por el investigador de acuerdo a las variables. El instrumento de recolecciones de datos que se utiliza por lo general suelen ser hojas o fichas, el cual ayuda a tener un mejor registro de todos los datos obtenidos en la recolección de datos ([Hernández, et. al. 2014](#)).

#### **Instrumento de recolección de datos**

Registro de campo para agentes físicos en Nevados y Registro de gabinete para modelamiento espacial y datos históricos; seguidamente se presentó la estructura de cada uno de ellos, evidenciando su aporte para el cumplimiento de cada uno de los objetivos trazados dentro del proyecto de investigación.

#### **Ficha de registro de campo**

- Nombre:** Registro de campo para agentes físicos en Nevados
- Autores:** Velásquez, R. y Yaricahua, D. (2020)
- Adaptación:** Consultora Ambiental ESS SOLUCIONES EIRL
- Objetivo:** Determinar la incidencia del Black Carbon (Hollín) y la variabilidad hidrometeorológica sobre los impactos ambientales de la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2020
- Tipo de aplicación:** Colectiva Ambiental
- Tiempo:** El tiempo de aplicación será de 8 a 11 horas por Nevado analizado
- Tipificación:** Se tomó por puntos específicos, la cobertura de masa glaciar e ingreso solar
- Descripción:** El instrumento de recolección de datos, se encuentra constituido por 31 ítems, los cuales se subdividen en 5 partes, para esto, cada uno tendrá por finalidad determinar los puntos de muestreo, parámetros tomados in situ, descripción del área, recolección de muestra, radiación solar y puntos de medición de caudal. Así mismo, se propuso el uso de una segunda ficha de

registro de gabinete para modelamiento espacial y datos históricos, la cual está constituida por 28 ítems, subdivididos en 4 partes, así cada uno refiere a las precipitaciones del lugar, área glaciar, hidrología y los escenarios de riesgo.

### Validación instrumentos

Tanto a nivel de campo como a nivel de gabinete se necesitan recopilar datos precisos en los momentos exactos del trabajo, con la finalidad de archivar y/o documentar de forma adecuada los sucesos periódicamente; para esto fue necesario pasar las fichas de registro por una evaluación docente especializada, en este sentido dentro de la **Tabla 1**, se presentan los nombre e identificaciones de los especialistas a cargo con su respectiva calificación y aceptación a los instrumentos de recolección de datos.

**Tabla 1.** Validez de fichas de Campo y gabinete

NOMBRES Y APELLIDOS	NÚMERO DE COLEGIATURA	F1	F2	% DE ACEPTACIÓN	PROMEDIO DE ACEPTACIÓN
Carlos Alberto, Castañeda Olivera	130267	90	90	90	91.7
Elmer Gonzales, Benítes Alfaro	71998	95	95	95	
Juan Julio, Ordoñez Galvez	89972	90	90	90	

### 3.5. Procedimientos

Para la recolección e interpretación de los datos, se tuvo en cuenta una serie de pasos, subdivididos por fases con la finalidad de diferenciar cada uno de las implicancias requeridas.

## **Procedimiento de obtención de datos a nivel de campo**

**FASE I:** Lo primero que se realizó, fue determinar el área del estudio que cuente con las características deseadas, las cuales contaron con una cobertura glaciar adecuada, se eligió la mejor condición climática para medir el ángulo de ingreso solar, las condiciones de camino debieron ser las más óptimas para facilitar el ingreso y el trabajo in situ.

**FASE II:** Se establecieron parámetros de ubicación cuando ya se logró determinar y elegir el área de estudio; Seguidamente se señaló un cuadrante de 50x50 cm, con un espesor de 2 cm para obtener 2kg de nieve superficial, con ayuda de una wincha para tener las medidas exactas, se tuvo en cuenta de forma paralela la incidencia solar al momento de recolectar la muestra.

**FASE III:** Para realizar la recolección de la muestra se utilizó guantes de látex y la mascarilla, con la finalidad de no tener contacto directo con la muestra y evitar contaminarla; para esto se tuvo en cuenta que todos los elementos descartables que cubrieron la necesidad de obtención de muestra fueron debidamente segregados y trasladados a una ciudad que cuenta con servicio de recolección.

**FASE IV:** Se procedió a llenar la muestra en una bolsa hermética, la cual fue sellada de manera inmediata, así estas mismas muestras fueron colocadas en un cooler para su traslado a un lugar seguro donde se pudo realizar el siguiente proceso (en nevados se debe tener en cuenta que el proceso operativo depende del clima que con normalidad alcanza puntos de peligrosidad a partir de las 2:00 p.m).

**FASE V:** Luego de un tiempo determinado durante la caminata de retorno, llegando a un punto seguro se realizó un proceso de separación y rotulación de las muestras recolectadas a envases plásticos listo para llevar a laboratorio para un estudio físico que valide la presencia de Black Carbon.

**FASE VI:** Seguidamente se optó por analizar el albedo incidente de la zona con una Lupa 30x22mm de visión específica (con la finalidad de caracterizar a nivel de campo su volumen).

**FASE VII:** Así mismo, durante la permanencia en cada uno de los Nevados se apreció el ángulo de incidencia de radiación solar entre 0° a 89° para procesar los datos.

**FASE VIII:** Se designó un día más para trabajar el caudal, con la finalidad de llegar a las quebradas, ríos y canales más importantes, nacientes de las Lagunas de cada Nevado; Rajuntay y Alcoy respectivamente.

**FASE IX:** Se verificó mediante la apreciación de la población, la existencia o asentamiento de actividades que produzcan emisiones de Black Carbon que por defecto climático sean arrastrados hacia las zonas del Nevado Rajuntay y Nevado Alcoy en la Cordillera la Viuda.

#### **Procedimiento de obtención de datos a nivel de gabinete**

**FASE I:** Primero se eligió los softwares más favorables para analizar y filtrar los datos seleccionados cumplimiento así los objetivos trazados.

**FASE II:** Seguidamente se procedió a extraer las bases de datos de la temporada de monitoreo en campo, verificando que sean actualizados de la página oficial del SENAMHI, GEO GPS PERÚ, ANA y GOOGLE EARTH.

**FASE III:** Se procedió a trabajar con los softwares (Excell, ArcMap 10.5, Google Earth), para esquematizar los valores obtenidos tanto a nivel de campo como en bases de datos.

**FASE IV:** Así se obtuvieron, mapas con características particulares del campo de análisis, tendencias comparativas en gráficos de correlación, mapas cualitativos y por último figuras de dispersión según la variabilidad e incidencia de la radiación solar conjunta con el Black Carbon en los nevados.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Se emplearon softwares estadísticos de la mano de una estadística inferencial basada en el procesamiento de datos obtenidos, deduciendo así, una conclusión a base de tendencias, generalizando los resultados obtenidos a toda la población ([Calderón, Bayes y Valdivieso, 2019](#)).

En este sentido el software Excel se empleó para la filtración de información obtenida del SENAMHI, elaborando así bases de datos, esquematizados en gráficos de correlación, gráficos de barras y medidas de tendencia central.

Así mismo, se realizaron promedios en cálculos de cobertura de masa glaciar con datos obtenidos del GEO GPS PERU y procesados en el ArcMap 10.5.

Por otra parte, se empleó la estadística inferencial en los registros obtenidos del INAIGEM y el ANA, creando un vínculo histórico entre los acontecimientos de pérdida de masa glaciar en la Cordillera la Viuda, obteniendo gráficos de

tendencia temporal, gráficos de correlación y gráficos de barras en base al comportamiento de los Nevados en particular (Rajuntay y Alcoy).

Además, se emplearon dos tipos de métodos para analizar las muestras recolectadas, con la finalidad de discutirlos y compararlos, el primero se dio por el método de análisis microscópico y el segundo más determinante fue analizar las muestras por espectro de infrarrojo (Espectro IR).

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente proyecto fue establecido bajo los principios del código ético **N° 0083-2016-UCV**, en investigación de la **Universidad Cesar Vallejo**, la cual consta de las normas que establecen la realización de las actividades que garantizan el bienestar y la autonomía de los participantes en el caso del estudio puesto en mención. De igual manera esto ayudará a tener una visión de responsabilidad y honestidad al manejar cualquier tipo de información para cada uno de los participantes, para luego ser interpretadas bajo una plena confidencialidad y poder ser publicadas al terminar el proyecto. Así mismo, esto pasará por el proceso de evaluación tecnológica, para reconocer y/o identificar cualquier tipo de similitud o plagio que pueda presentar dicho proyecto, al ser puesto a disposición del turnitin.

En este caso, es importante resaltar que toda actividad realizada durante el proceso de indagación e investigación, será de manera inferencial y apoyada en sustentos teóricos y prácticos, de esta manera se busca evitar errores y alteraciones en los resultados, así mismo toda información recaudada de manera masiva, será procesada y seleccionada en bases de datos puntuales; todo esto para lograr los objetivos del trabajo con alta transparencia y veracidad. Finalmente, se debe aclarar que los autores de la investigación son las partes principales en asumir cualquier tipo de inconveniente que se pueda presentar en el transcurso de la validación.

## IV. RESULTADOS

### Ejecución del seguimiento periódico de las precipitaciones

El trabajo de gabinete se logró realizar con datos públicos, tomados de las estaciones Meteorológicas CASAPALCA y MARCAPOMACOCHA, elegidas con previas evaluaciones cartográficas que diagnosticaron su ubicación, altitud, proximidad y parámetros climatológicas similares a cada uno de los Nevados evaluados; por otra parte se encontró una denotación importante, como se puede apreciar en la **Figura 2** se evidencia la presencia de la estación meteorológica TICLIO y CASAPALCA, con mejor ubicación y proximidad la estación TICLIO, no obstante en la **Figura 3** se logra apreciar la inactividad de dicha estación TICLIO, no figurando en la base nacional de datos hidrometeorológicos del SENAMHI por ende la estación CASAPALCA era la mejor ubicada y fue selecta en el caso del Nevado Rajuntay.

Por otra parte, al norte del nevado Rajuntay y al sur del Nevado Alcoy (parte central), está situado un centro poblado asentado como MARCAPOMACOCHA, que cuenta con 1 estación meteorológica vigente del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), por ende, aclarando que con mayor proximidad al Nevado Alcoy existe otra estación meteorológica llamada YANTAC pero que se encuentra sin registros a tiempo real desde Marzo del 2020 como se muestra en la **Figura 5** , por otro lado, existe presencia de más estaciones meteorológicas por las partes bajas de la microcuenca Alto Chillón, pero no poseen la altitud de la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA así esto se presenta en la **Figura 4**.

En este sentido se estableció una relación directa entre la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA – NEVADO ALCOY y la estación meteorológica CASAPALCA – NEVADO RAJUNTAY; teniendo en cuenta la accesibilidad a datos en tiempo real puestos a disposición por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), estos fueron tomados, filtrados y esquematizados de forma periódica, durante la ejecución de todos los monitoreos en campo.

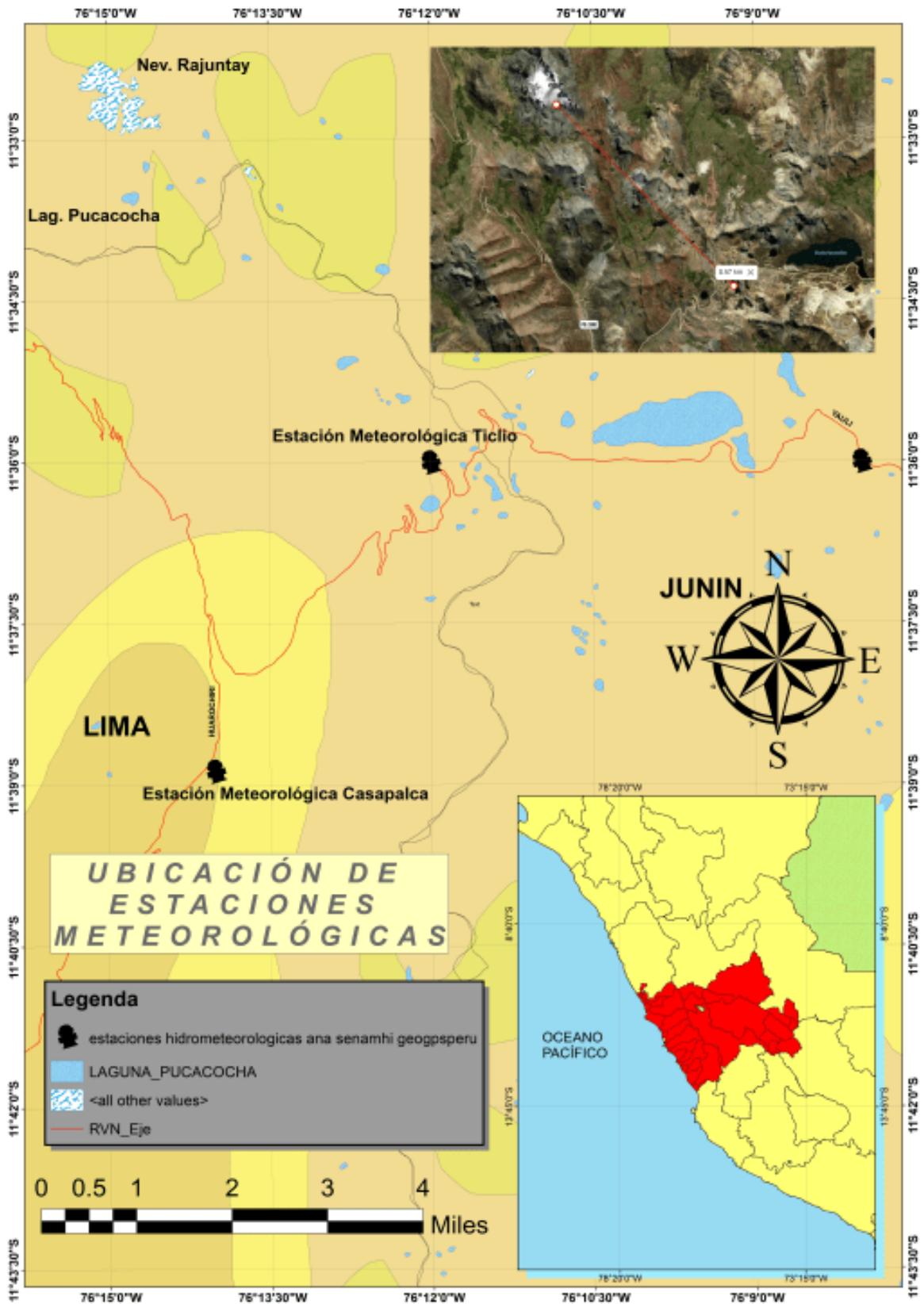
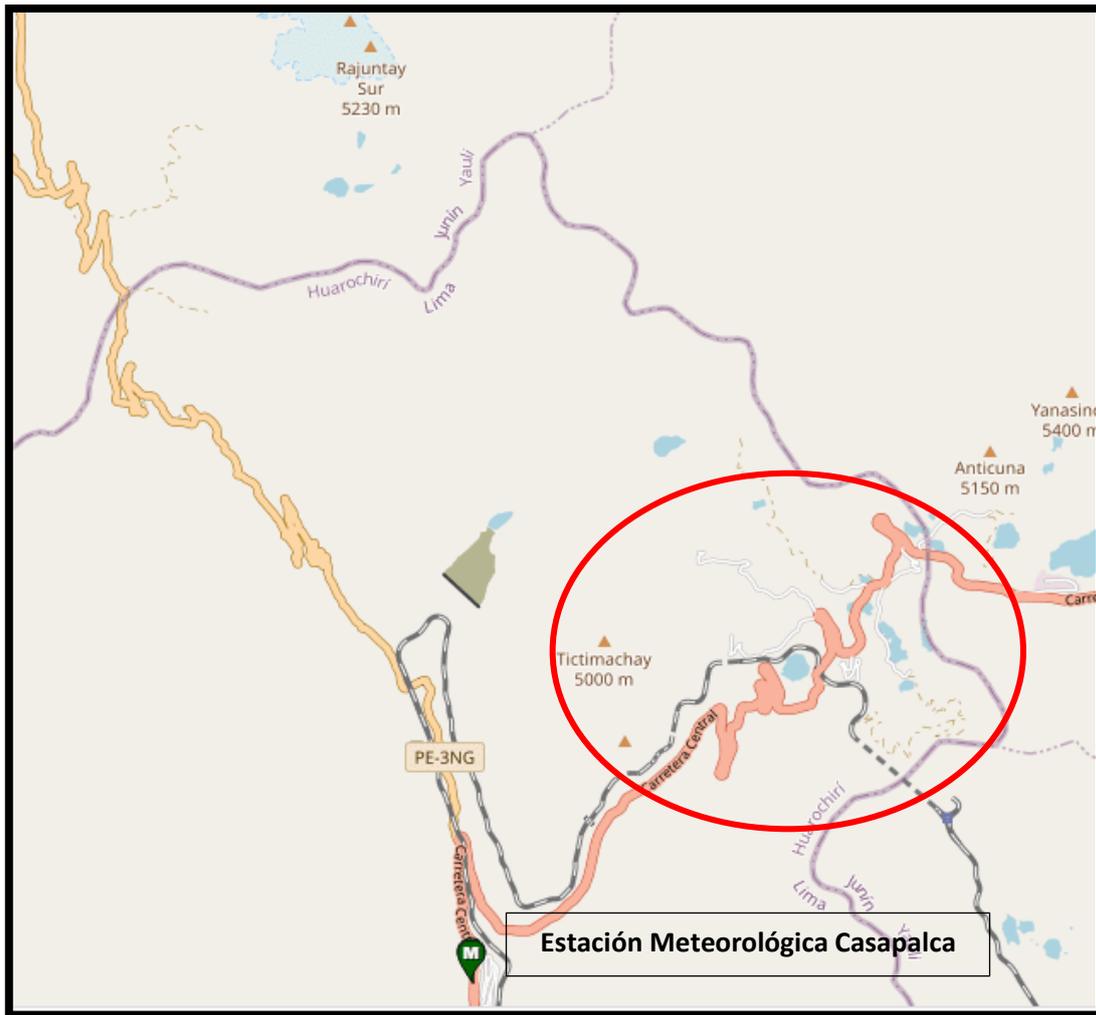


Figura 2. Estaciones Meteorológicas próximas al Nevado Rajuntay – Junín

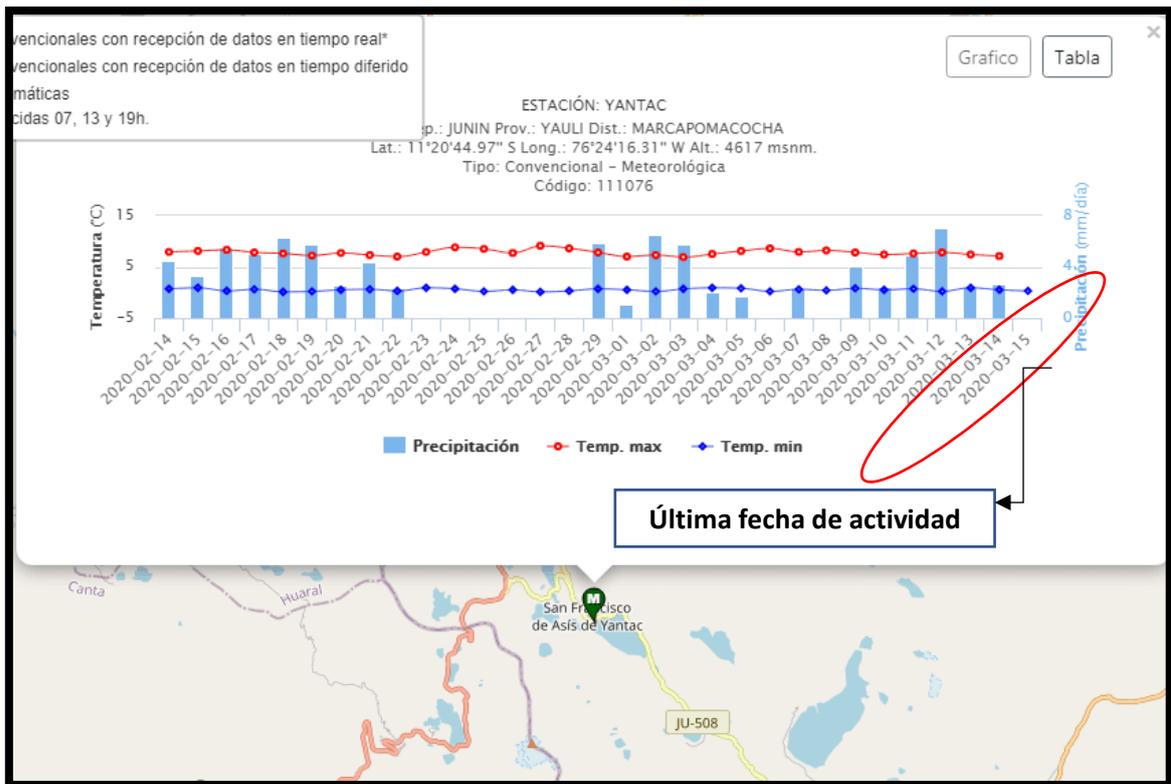


**Figura 3.** Inactividad de la estación meteorológica Tictimachay y vigencia de la estación Casapalca

**Fuente:** Adaptación del SENAMHI y elaboración propia



**Figura 4.** Proximidad de estaciones meteorológicas al Nevado Alcoy



**Figura 5.** Inactividad de la Estación Meteorológica YANTAC desde el 15/03/2020 hasta la fecha

**Fuente:** Adaptación del SENAMHI y elaboración propia

De tal manera en la **Tabla 2** se esquematiza la descripción de las estaciones meteorológicas que se encuentran a la altura más conveniente para la investigación, es decir, sobre los 4000 m.s.n.m.

**Tabla 2.** Descripción de estaciones meteorológicas

Estación	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Departamento	Tipo de Equipo
	Latitud (S)	Longitud (W)			
CASAPALCA	11°38'16.8" S	76°13'59.13" W	4294	JUNÍN	Automático
MARCAPOMACOCHA	11°24'15.96" S	76°19'30.3" W	4496	JUNÍN	Automático

Consecuentemente se extrajeron alrededor de 744 datos de precipitación de cada una de las estaciones meteorológicas puestas en mención, por ende, tan

solo en el mes de marzo se trabajaron con 1488 datos de precipitación, siendo posteriormente filtrados y procesados por el software Excel 2016, obteniendo 31 datos de precipitación máxima en base a las fechas de evaluación, además de presentar los datos antepuestos, en las mismas **Tabla 3 y Tabla 4** se señalizan los días de trabajo de campo en ambos nevados, que para el mes de marzo oscilaron entre las fechas 22/03/2021 – 25/03/2021

**Tabla 3. Monitoreo de precipitaciones del mes de Marzo del año 2021 en la estación CASAPALCA**

Estación	Fecha	Precipitación (pp/h máx)
CASAPALCA	01/03/2021	5.9
CASAPALCA	02/03/2021	1.4
CASAPALCA	03/03/2021	0.5
CASAPALCA	04/03/2021	0.1
CASAPALCA	05/03/2021	9.4
CASAPALCA	06/03/2021	1.9
CASAPALCA	07/03/2021	26.4
CASAPALCA	08/03/2021	11.8
CASAPALCA	09/03/2021	8.3
CASAPALCA	10/03/2021	14.2
CASAPALCA	11/03/2021	5.7
CASAPALCA	12/03/2021	7.4
CASAPALCA	13/03/2021	6
CASAPALCA	14/03/2021	1.2
CASAPALCA	15/03/2021	4
CASAPALCA	16/03/2021	6.2
CASAPALCA	17/03/2021	13.1
CASAPALCA	18/03/2021	6.8
CASAPALCA	19/03/2021	3.4
CASAPALCA	20/03/2021	2.5
CASAPALCA	21/03/2021	1.4
CASAPALCA	22/03/2021	15.8

CASAPALCA	23/03/2021	1.8
CASAPALCA	24/03/2021	5.3
CASAPALCA	25/03/2021	9.6
CASAPALCA	26/03/2021	3.2
CASAPALCA	27/03/2021	3.3
CASAPALCA	28/03/2021	1.2
CASAPALCA	29/03/2021	6.8
CASAPALCA	30/03/2021	3.1
CASAPALCA	31/03/2021	5

**Fuente:** Datos adaptados del SENAMHI y elaboración propia

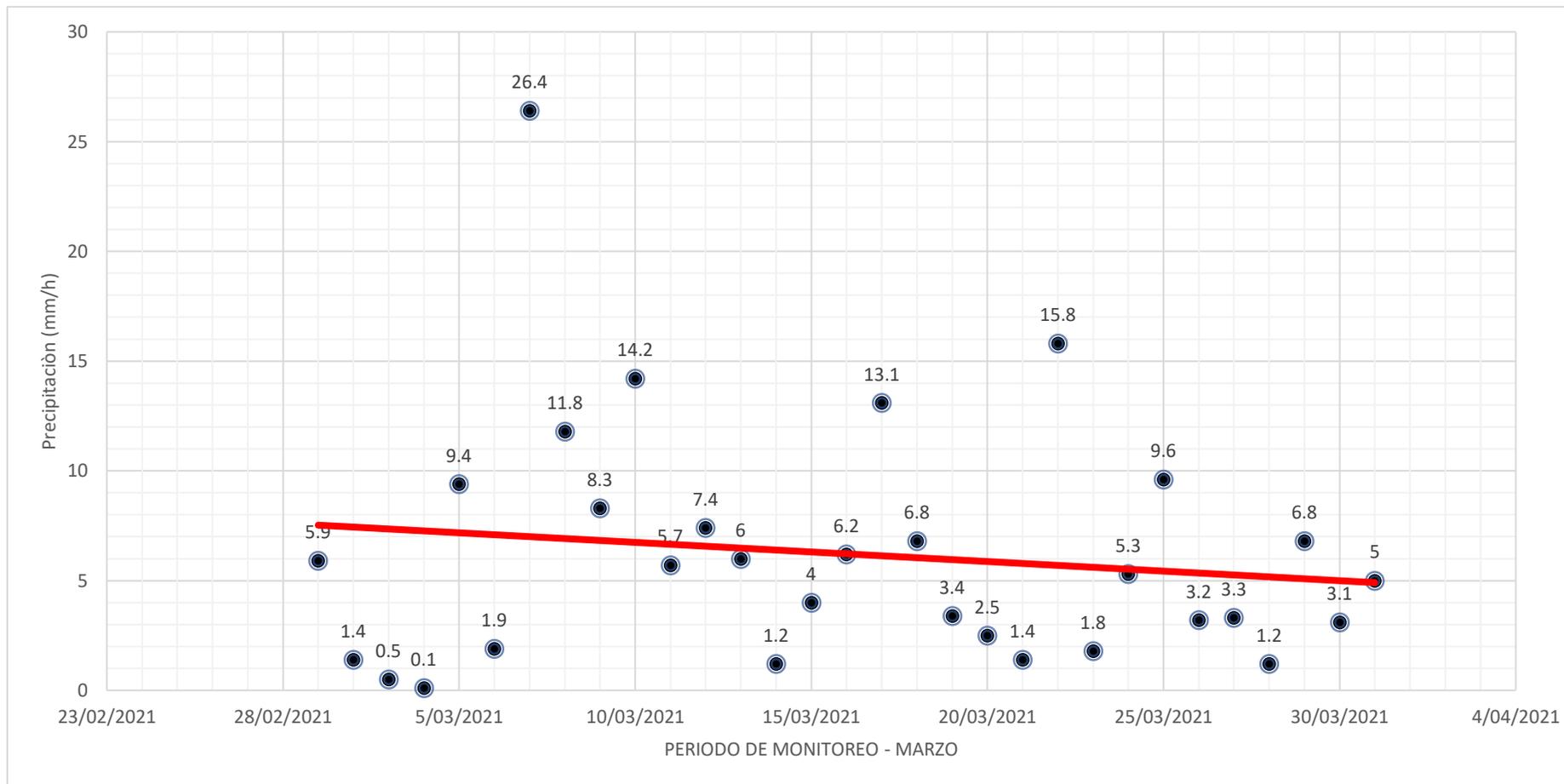
**Tabla 4. Monitoreo de precipitaciones del mes de Marzo del año 2021 en la estación MARCAPOMACOCHA**

Estación	Fecha	Precipitación (pp/h máx)
MARCAPOMACOCHA	01/03/2021	2.4
MARCAPOMACOCHA	02/03/2021	0.8
MARCAPOMACOCHA	03/03/2021	0
MARCAPOMACOCHA	04/03/2021	0.6
MARCAPOMACOCHA	05/03/2021	2.8
MARCAPOMACOCHA	06/03/2021	0.4
MARCAPOMACOCHA	07/03/2021	2.8
MARCAPOMACOCHA	08/03/2021	2.6
MARCAPOMACOCHA	09/03/2021	1.6
MARCAPOMACOCHA	10/03/2021	4.2
MARCAPOMACOCHA	11/03/2021	1.6
MARCAPOMACOCHA	12/03/2021	2
MARCAPOMACOCHA	13/03/2021	0
MARCAPOMACOCHA	14/03/2021	1
MARCAPOMACOCHA	15/03/2021	0.6
MARCAPOMACOCHA	16/03/2021	2.8
MARCAPOMACOCHA	17/03/2021	2.4
MARCAPOMACOCHA	18/03/2021	0.8

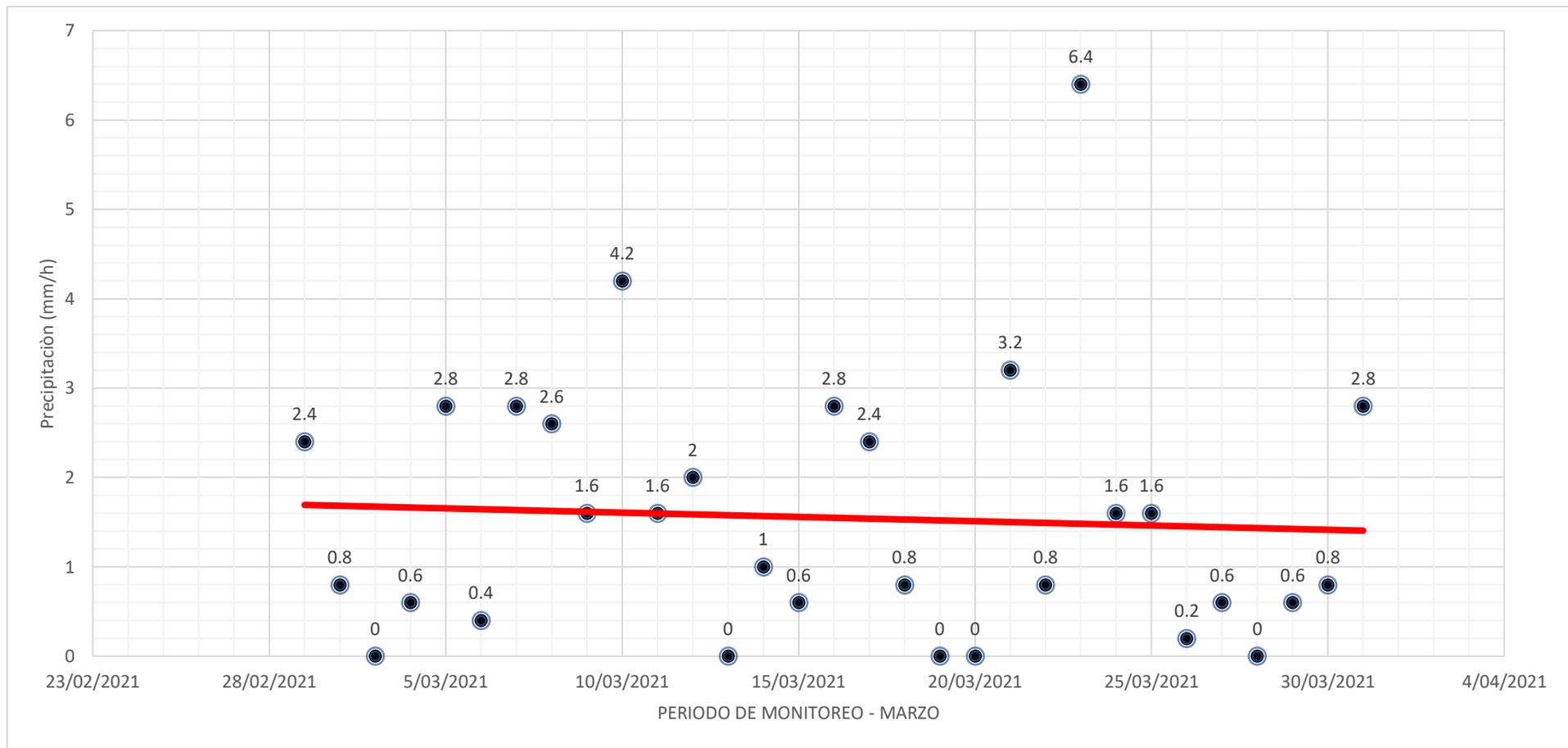
MARCAPOMACOCHA	19/03/2021	0
MARCAPOMACOCHA	20/03/2021	0
MARCAPOMACOCHA	21/03/2021	3.2
MARCAPOMACOCHA	22/03/2021	0.8
MARCAPOMACOCHA	23/03/2021	6.4
MARCAPOMACOCHA	24/03/2021	1.6
MARCAPOMACOCHA	25/03/2021	1.6
MARCAPOMACOCHA	26/03/2021	0.2
MARCAPOMACOCHA	27/03/2021	0.6
MARCAPOMACOCHA	28/03/2021	0
MARCAPOMACOCHA	29/03/2021	0.6
MARCAPOMACOCHA	30/03/2021	0.8
MARCAPOMACOCHA	31/03/2021	2.8

**Fuente:** Datos adaptados del SENAMHI y elaboración propia

Luego de la obtención y orden de los datos numéricos de ambas estaciones, CASAPALCA y MARCAPOMACOCHA; se trabajaron con gráficos de dispersión, con la finalidad de esquematizar los datos, en un contexto interpretativo. Además, era la forma correcta de observar las tendencias pluviométricas, picos con mayor altitud y con menor significancia en base al transcurso del tiempo; por ende en los siguientes **Gráfico 1** para la estación CASAPALCA y **Gráfico 2** para la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA respectivamente, se interpretarán paso a paso el periodo evaluado en cada una de ellas.



**Gráfico 1.** Precipitación máxima (mm/h) durante el mes de marzo del 2021 registrada por la estación meteorológica CASAPALCA



**Gráfico 2.** Precipitación máxima (mm/h) durante el mes de marzo del 2021 registrada por la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA

En el **Gráfico 1**, se presenta los registros pluviométricos expresados en la **Tabla 3**, han sido seleccionados con la finalidad de interpretar dicho funcionamiento climático en la temporada de invierno (alta demanda de precipitaciones), por ende se puede apreciar en el gráfico de dispersión un nivel máximo en las precipitaciones, reconocido como de ALTO RIESGO con un valor de 26.4 mm/h, haciendo énfasis en que anteriormente a este suceso, la tendencia mayor durante 6 días fue de 9.4 mm/h no alcanzando un nivel tan alto de significancia como el 7 de marzo del 2021; a raíz de este suceso los niveles de precipitaciones se comenzaron a nivelar registrando valores oscilantes entre 15.8 mm/h y 1.2 mm/h hasta finalizar el mes; demostrando una línea de tendencia decreciente en base al comportamiento y la disponibilidad hídrica, en base a estos sucesos, el trabajo de campo pudo ser organizado para las fechas respectivas entre el 22/03/2021 y el 25/03/2021

Además en el **Gráfico 2**. De igual forma, los registros pluviométricos expresados en la **Tabla 4**, luego de ser seleccionados con la finalidad de interpretar dicho funcionamiento climático en la temporada de invierno (alta demanda de precipitaciones), Así, se puede verificar en el gráfico de dispersión un nivel máximo en las precipitaciones, reconocido como de BAJO RIESGO con un valor de 6.4 mm/h, encontrando una estabilidad pluviométrica durante los otros 29 días del mes, llegando a tener incluso 5 días totalmente carentes de precipitaciones con valores de 0 mm/h, por otra parte los demás días registran precipitaciones con valores oscilantes entre 4.2 mm/h y 0.2 mm/h hasta finalizar el mes; demostrando una línea de tendencia decreciente, se añade a la información que el centro poblado de Marcapomacocha es característico por tener 2 lagunas unificadas con una capacidad de hasta 500´000,000 de m<sup>3</sup> de almacenamiento, es uno de los puntos nacientes de abastecimiento hidrológico para la cuenca alta, media y baja del Chillón, conglomerándose así en las partes bajas con los drenes de la laguna Chuchon, 7 colores, torocochas, entre otras más de menor volumen; lo que puede conllevar a una problemática por la baja disponibilidad hídrica debido a que sin altas precipitaciones en temporada de invierno, se haría carente la retención del recurso.

Consecuentemente para el mes de abril se extrajeron alrededor de 720 datos de precipitación de las mismas estaciones meteorológicas, por ende, en el mes de Abril se trabajaron con 1440 datos de precipitación, siendo posteriormente filtrados y procesados por el software Excel 2016, obteniendo 30 datos de precipitación máxima en base a las fechas de evaluación, para complementar se presentan las siguientes **Tabla 5** y **Tabla 6** se señalizan los días de trabajo de campo en ambos nevados, que para el mes de abril oscilaron entre las fechas 26/04/2021 – 29/04/2021

**Tabla 5. Monitoreo de precipitaciones del mes de Abril del año 2021 en la estación CASAPALCA**

Estación	Fecha	Precipitación (pp/h máx)
CASAPALCA	01/04/2021	1.7
CASAPALCA	02/04/2021	0.6
CASAPALCA	03/04/2021	3.7
CASAPALCA	04/04/2021	1.9
CASAPALCA	05/04/2021	0.2
CASAPALCA	06/04/2021	0.9
CASAPALCA	07/04/2021	1.1
CASAPALCA	08/04/2021	3.7
CASAPALCA	09/04/2021	4.9
CASAPALCA	10/04/2021	0.7
CASAPALCA	11/04/2021	0
CASAPALCA	12/04/2021	0
CASAPALCA	13/04/2021	0.3
CASAPALCA	14/04/2021	0
CASAPALCA	15/04/2021	0
CASAPALCA	16/04/2021	0
CASAPALCA	17/04/2021	0
CASAPALCA	18/04/2021	2.3
CASAPALCA	19/04/2021	0
CASAPALCA	20/04/2021	0.1

CASAPALCA	21/04/2021	0.4
CASAPALCA	22/04/2021	0.2
CASAPALCA	23/04/2021	0.1
CASAPALCA	24/04/2021	0
CASAPALCA	25/04/2021	0
CASAPALCA	26/04/2021	0
CASAPALCA	27/04/2021	0
CASAPALCA	28/04/2021	0
CASAPALCA	29/04/2021	0
CASAPALCA	30/04/2021	0

Fuente: Datos adaptados del SENAMHI y elaboración propia

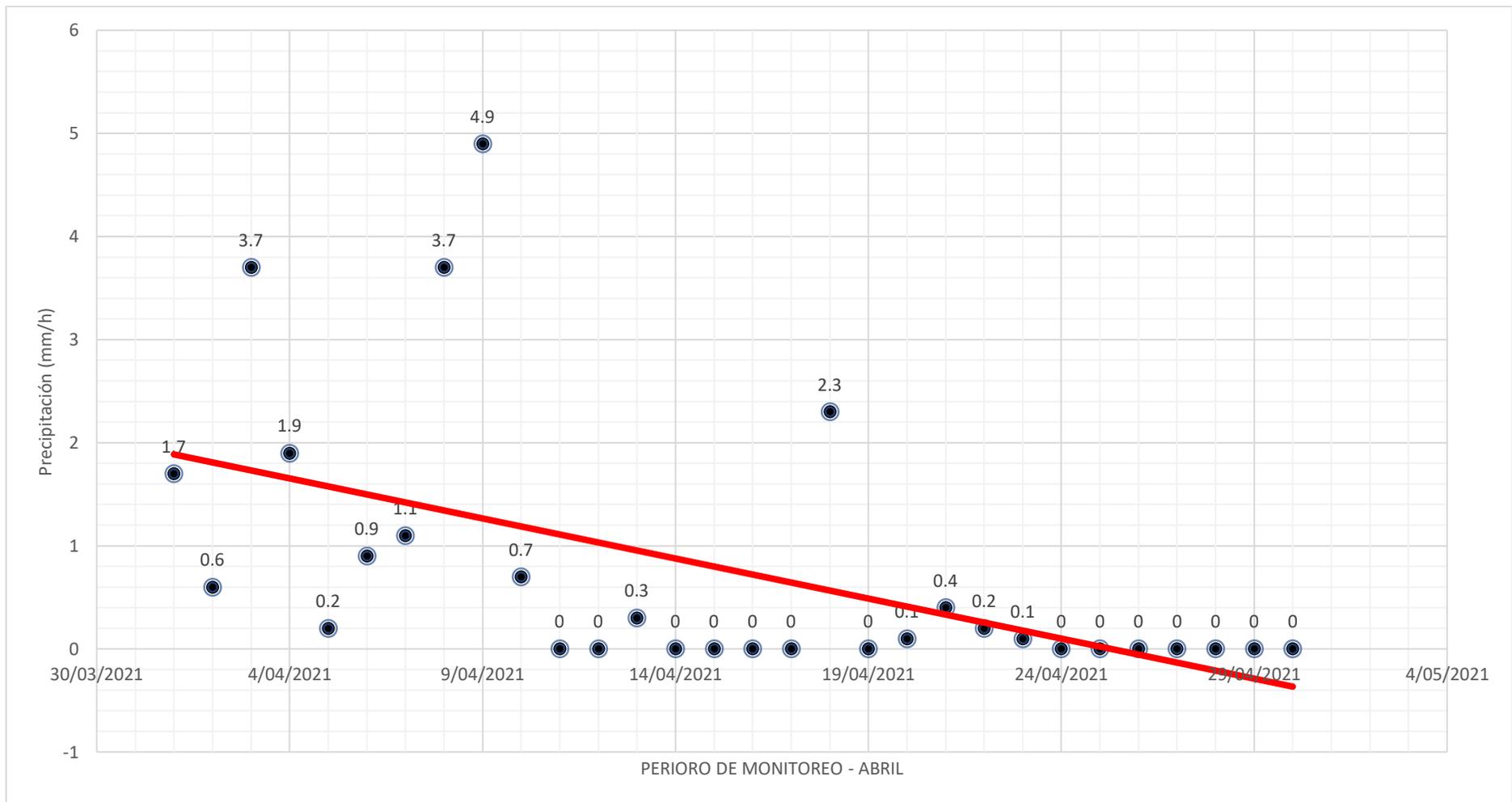
**Tabla 6. Monitoreo de precipitaciones del mes de Abril del año 2021 en la estación MARCAPOMACocha**

Estación	Fecha	Precipitación (pp/h máx)
MARCAPOMACocha	01/04/2021	3.6
MARCAPOMACocha	02/04/2021	3.4
MARCAPOMACocha	03/04/2021	2
MARCAPOMACocha	04/04/2021	2.2
MARCAPOMACocha	05/04/2021	1
MARCAPOMACocha	06/04/2021	3.8
MARCAPOMACocha	07/04/2021	2.8
MARCAPOMACocha	08/04/2021	3.6
MARCAPOMACocha	09/04/2021	1.4
MARCAPOMACocha	10/04/2021	2
MARCAPOMACocha	11/04/2021	1.4
MARCAPOMACocha	12/04/2021	0.2
MARCAPOMACocha	13/04/2021	0.4
MARCAPOMACocha	14/04/2021	0
MARCAPOMACocha	15/04/2021	0
MARCAPOMACocha	16/04/2021	0
MARCAPOMACocha	17/04/2021	0

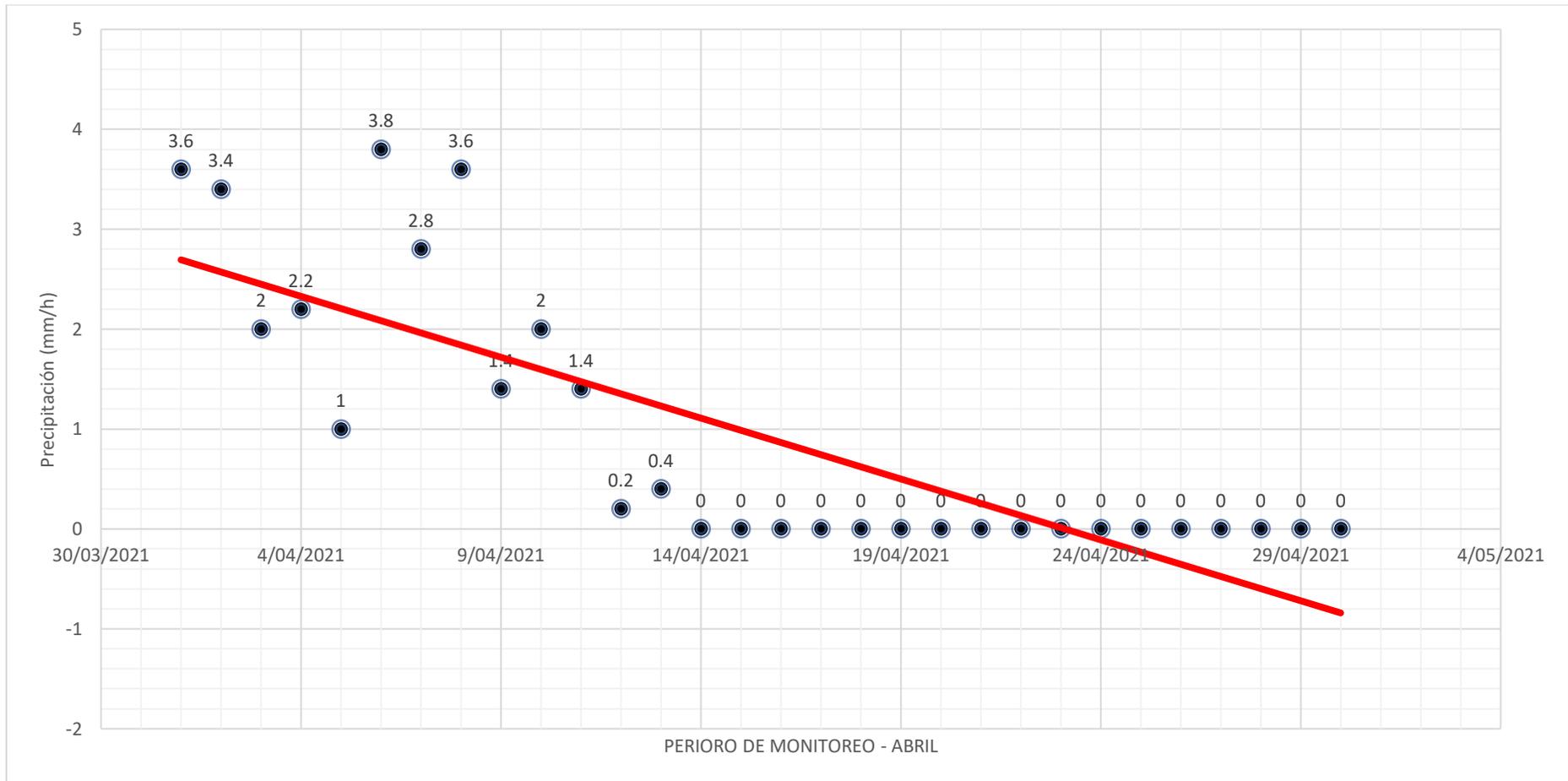
MARCAPOMACOCHA	18/04/2021	0
MARCAPOMACOCHA	19/04/2021	0
MARCAPOMACOCHA	20/04/2021	0
MARCAPOMACOCHA	21/04/2021	0
MARCAPOMACOCHA	22/04/2021	0
MARCAPOMACOCHA	23/04/2021	0
MARCAPOMACOCHA	24/04/2021	0
MARCAPOMACOCHA	25/04/2021	0
MARCAPOMACOCHA	26/04/2021	0
MARCAPOMACOCHA	27/04/2021	0
MARCAPOMACOCHA	28/04/2021	0
MARCAPOMACOCHA	29/04/2021	0
MARCAPOMACOCHA	30/04/2021	0

**Fuente:** Datos adaptados del SENAMHI y elaboración propia

Luego de la obtención y orden de los datos numéricos de ambas estaciones, para el mes de Abril; se emplearán de igual forma que el mes de marzo los gráficos de dispersión, con la finalidad de esquematizar los datos, en un contexto interpretativo. Además, era la forma correcta de observar las tendencias pluviométricas, picos con mayor altitud y con menor significancia en base al transcurso del tiempo; por ende en los siguientes **Gráfico 3** para la estación CASAPALCA y **Gráfico 4** para la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA respectivamente, se interpretarán paso a paso el periodo evaluado en cada una de ellas.



**Gráfico 3.** Precipitación máxima (mm/h) durante el mes de abril del 2021 registrada por la estación meteorológica CASAPALCA



**Gráfico 4.** Precipitación máxima (mm/h) durante el mes de abril del 2021 registrada por la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA

Así, en el **Gráfico 3**. los registros pluviométricos expresados en la **Tabla 5**, fueron selectos para ser interpretados en relación al funcionamiento climático en la temporada de transición (cambio de estación invierno-verano), por ende se puede apreciar en el gráfico de dispersión niveles mínimos de precipitación, reconocidos como de RIESGO NULO con valores no mayores a 4.9 mm/h, identificando también que por 26 días en el mes de abril los niveles pluviométricos se mantuvieron por debajo de los 2 mm/h y alcanzado 12 días con total escases de precipitaciones; demostrando una línea de tendencia decreciente en base al comportamiento y la disponibilidad hídrica mucho más pronunciada que el mes de marzo, en base a estos sucesos, el trabajo de campo pudo ser organizado para las fechas respectivas entre el 26/04/2021 y el 29/04/2021

De tal forma, en el **Gráfico 4**. los registros pluviométricos expresados en la **Tabla 6**, fueron selectos para ser interpretados en relación al funcionamiento climático en la temporada de transición (cambio de estación invierno-verano), por ende se puede apreciar en el gráfico de dispersión niveles mínimos de precipitación, reconocidos como de RIESGO NULO con valores no mayores a 3.8 mm/h, identificando también que por 26 días en el mes de abril los niveles pluviométricos se mantuvieron por debajo de los 3 mm/h y alcanzado 17 días con total escases de precipitaciones; demostrando una línea de tendencia decreciente en base al comportamiento y la disponibilidad hídrica mucho más pronunciada que el mes de marzo, lo cual evidentemente limita el abasto hídrico.

Así mismo, finalizando con el ámbito de las precipitaciones, se evaluó el mes de mayo se extrajeron alrededor de 749 datos de precipitación de las mismas estaciones meteorológicas, por ende, en el mes de mayo se trabajaron con 1498 datos de precipitación, siendo posteriormente filtrados y procesados por el software Excel 2016, obteniendo 31 datos de precipitación máxima en base a las fechas de evaluación, para complementar se presentan las siguientes **Tabla 7 y Tabla 8** se señalizan los días de trabajo de campo en ambos nevados, que para el mes de Mayo oscilaron entre las fechas 28/05/2021 – 31/05/2021

**Tabla 7. Monitoreo de precipitaciones del mes de Mayo del año 2021 en la estación CASAPALCA**

Estación	Fecha	Precipitación (pp/h máx)
CASAPALCA	01/05/2021	0.6
CASAPALCA	02/05/2021	0
CASAPALCA	03/05/2021	0
CASAPALCA	04/05/2021	0
CASAPALCA	05/05/2021	0
CASAPALCA	06/05/2021	0.1
CASAPALCA	07/05/2021	0
CASAPALCA	08/05/2021	0.7
CASAPALCA	09/05/2021	2
CASAPALCA	10/05/2021	2.1
CASAPALCA	11/05/2021	0
CASAPALCA	12/05/2021	0
CASAPALCA	13/05/2021	0
CASAPALCA	14/05/2021	0
CASAPALCA	15/05/2021	0
CASAPALCA	16/05/2021	0.1
CASAPALCA	17/05/2021	0
CASAPALCA	18/05/2021	0
CASAPALCA	19/05/2021	0
CASAPALCA	20/05/2021	0

CASAPALCA	21/05/2021	0
CASAPALCA	22/05/2021	0.8
CASAPALCA	23/05/2021	1.2
CASAPALCA	24/05/2021	0.5
CASAPALCA	25/05/2021	1.3
CASAPALCA	26/05/2021	0.1
CASAPALCA	27/05/2021	0
CASAPALCA	28/05/2021	0
CASAPALCA	29/05/2021	0
CASAPALCA	30/05/2021	0
CASAPALCA	31/05/2021	0

Fuente: Datos adaptados del SENAMHI y elaboración propia

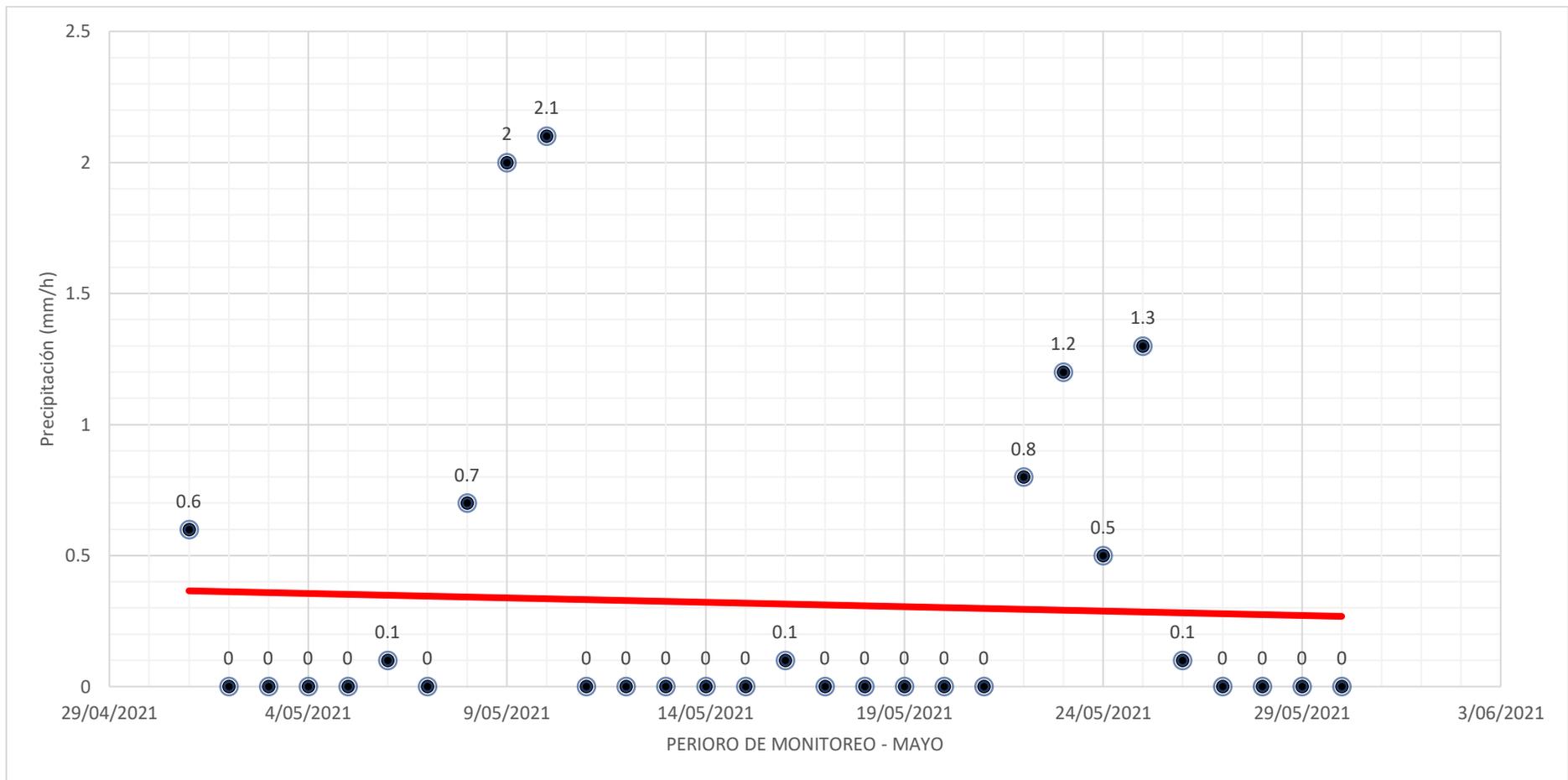
**Tabla 8. Monitoreo de precipitaciones del mes de Mayo del año 2021 en la estación MARCAPOMACocha**

Estación	Fecha	Precipitación (pp/h máx)
MARCAPOMACocha	01/05/2021	0
MARCAPOMACocha	02/05/2021	0
MARCAPOMACocha	03/05/2021	0
MARCAPOMACocha	04/05/2021	0.4
MARCAPOMACocha	05/05/2021	0
MARCAPOMACocha	06/05/2021	0
MARCAPOMACocha	07/05/2021	0
MARCAPOMACocha	08/05/2021	1.6
MARCAPOMACocha	09/05/2021	1.2
MARCAPOMACocha	10/05/2021	1.4
MARCAPOMACocha	11/05/2021	0
MARCAPOMACocha	12/05/2021	0
MARCAPOMACocha	13/05/2021	0
MARCAPOMACocha	14/05/2021	0
MARCAPOMACocha	15/05/2021	2
MARCAPOMACocha	16/05/2021	0.2

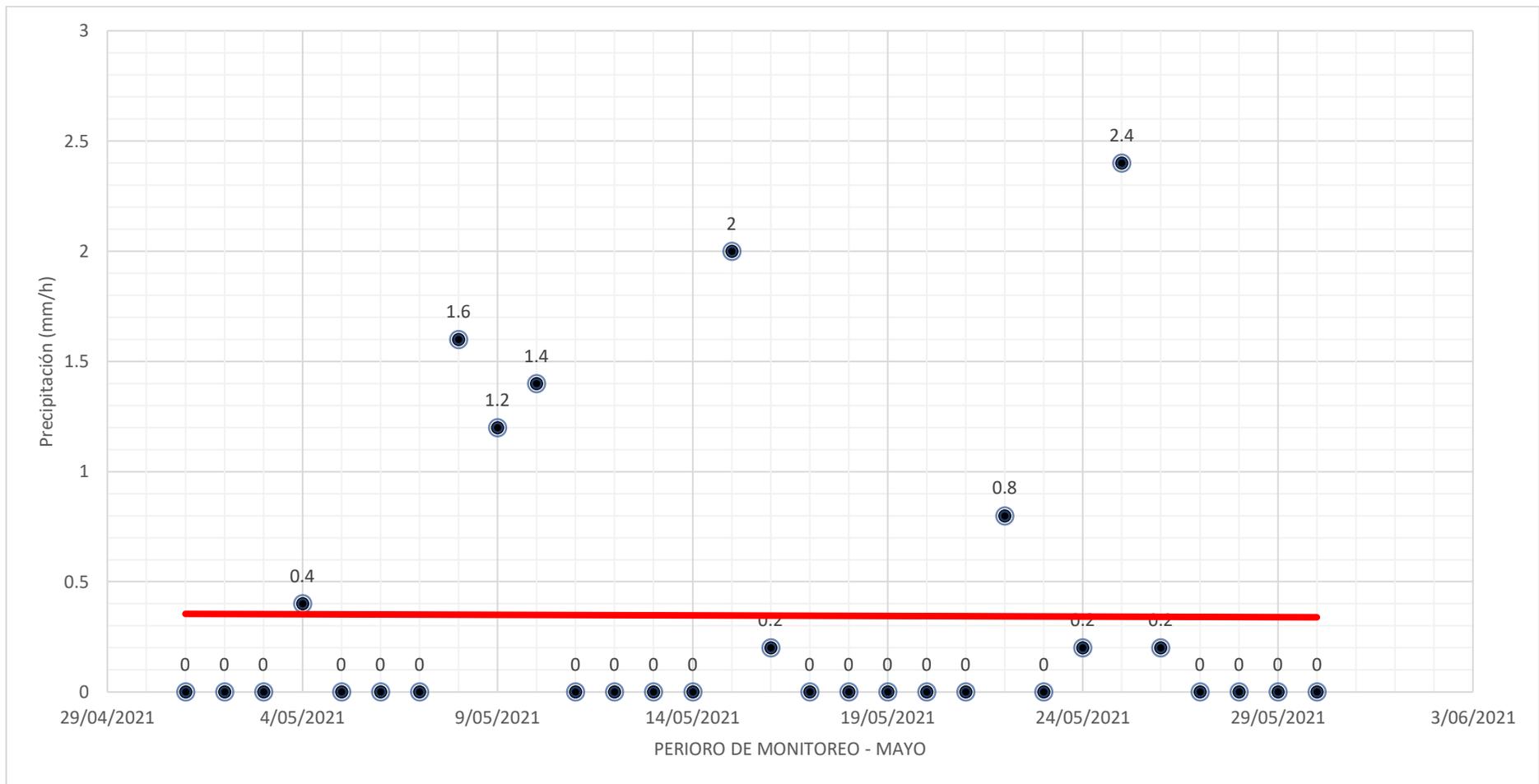
MARCAPOMACOCHA	17/05/2021	0
MARCAPOMACOCHA	18/05/2021	0
MARCAPOMACOCHA	19/05/2021	0
MARCAPOMACOCHA	20/05/2021	0
MARCAPOMACOCHA	21/05/2021	0
MARCAPOMACOCHA	22/05/2021	0.8
MARCAPOMACOCHA	23/05/2021	0
MARCAPOMACOCHA	24/05/2021	0.2
MARCAPOMACOCHA	25/05/2021	2.4
MARCAPOMACOCHA	26/05/2021	0.2
MARCAPOMACOCHA	27/05/2021	0
MARCAPOMACOCHA	28/05/2021	0
MARCAPOMACOCHA	29/05/2021	0
MARCAPOMACOCHA	30/05/2021	0
MARCAPOMACOCHA	31/05/2021	0

**Fuente:** Datos adaptados del SENAMHI y elaboración propia

Finalmente la obtención y orden de los datos numéricos de ambas estaciones, para el mes de mayo; se emplearán de igual forma que los meses de marzo y abril, con gráficos de dispersión, con la finalidad de esquematizar los datos, en un contexto interpretativo. Además, era la forma correcta de observar las tendencias pluviométricas, picos con mayor altitud y con menor significancia en base al transcurso del tiempo; por ende en los siguientes **Gráfico 5** para la estación CASAPALCA y **Gráfico 6** para la estación MARCAPOMACOCHA respectivamente, se interpretarán paso a paso el periodo evaluado en cada una de ellas.



**Gráfico 5.** Precipitación máxima (mm/h) durante el mes de mayo del 2021 registrada por la estación meteorológica CASAPALCA



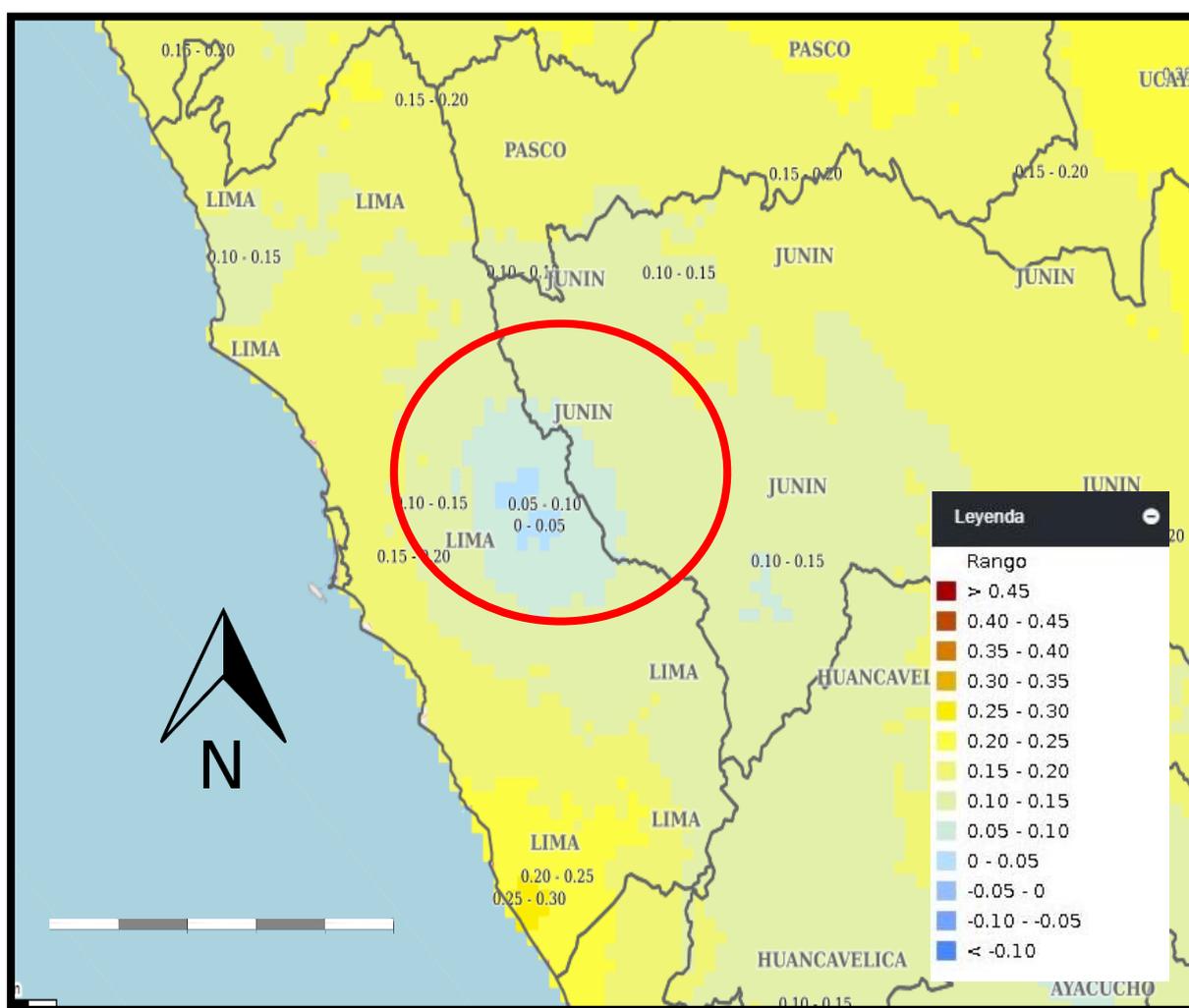
**Gráfico 6.** Precipitación máxima (mm/h) durante el mes de mayo del 2021 registrada por la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA

Luego en el **Gráfico 5**. Se aprecian los registros pluviométricos expresados en la **Tabla 7**, fueron selectos para ser interpretados en relación al funcionamiento climático en la temporada de transición (Temporada de Verano en la zona de estudio), por ende, se puede apreciar en el gráfico de dispersión niveles de precipitación con mayor agitación en comparación con el mes transitorio (abril), no obstante, las significancias de dichas precipitaciones no superan los valores de 2 – 2.1 mm/h, reconocidos como de RIESGO NULO, así mismo, se logró identificar que 11 días de los 31 que posee el mes se presentaron precipitaciones oscilantes entre 0.1 – 2.1 mm/h; en este sentido se puede apreciar una línea de tendencia aparenta un decrecimiento notorio en base al comportamiento de las precipitaciones, por otra parte, para los días del trabajo de campo en esta zona, sí, se lograron sentir precipitaciones en el Nevado próximo a esta estación con tormentas eléctricas y granizada, añadiendo que esto fue para las fechas respectivas entre el 28/05/2021 y el 31/05/2021, la cual no fue registrada por dicha estación meteorológica CASAPALCA, debido a la lejanía.

De igual forma en el **Gráfico 6**. los registros pluviométricos expresados en la **Tabla 8**, fueron selectos para ser interpretados en relación al funcionamiento climático en la temporada de transición (Temporada de Verano en la zona de estudio), por ende se puede apreciar en el gráfico de dispersión niveles de precipitación con mayor agitación en comparación con el mes transitorio (abril), no obstante, las significancias de dichas precipitaciones no superan los valores de 2 – 2.4 mm/h, reconocidos como de RIESGO NULO, así mismo, se logró identificar que 10 días de los 31 que posee el mes se presentaron precipitaciones oscilantes entre 0.2 – 2.4 mm/h; en este sentido se puede apreciar una línea de tendencia estabilizada en base al comportamiento de las precipitaciones, por otra parte para los días del trabajo de campo en esta zona no se lograron sentir precipitaciones en el Nevado próximo a esta estación, añadiendo que esto fue para las fechas respectivas entre el 28/05/2021 y el 31/05/2021

## Ejecución del seguimiento periódico de la temperatura

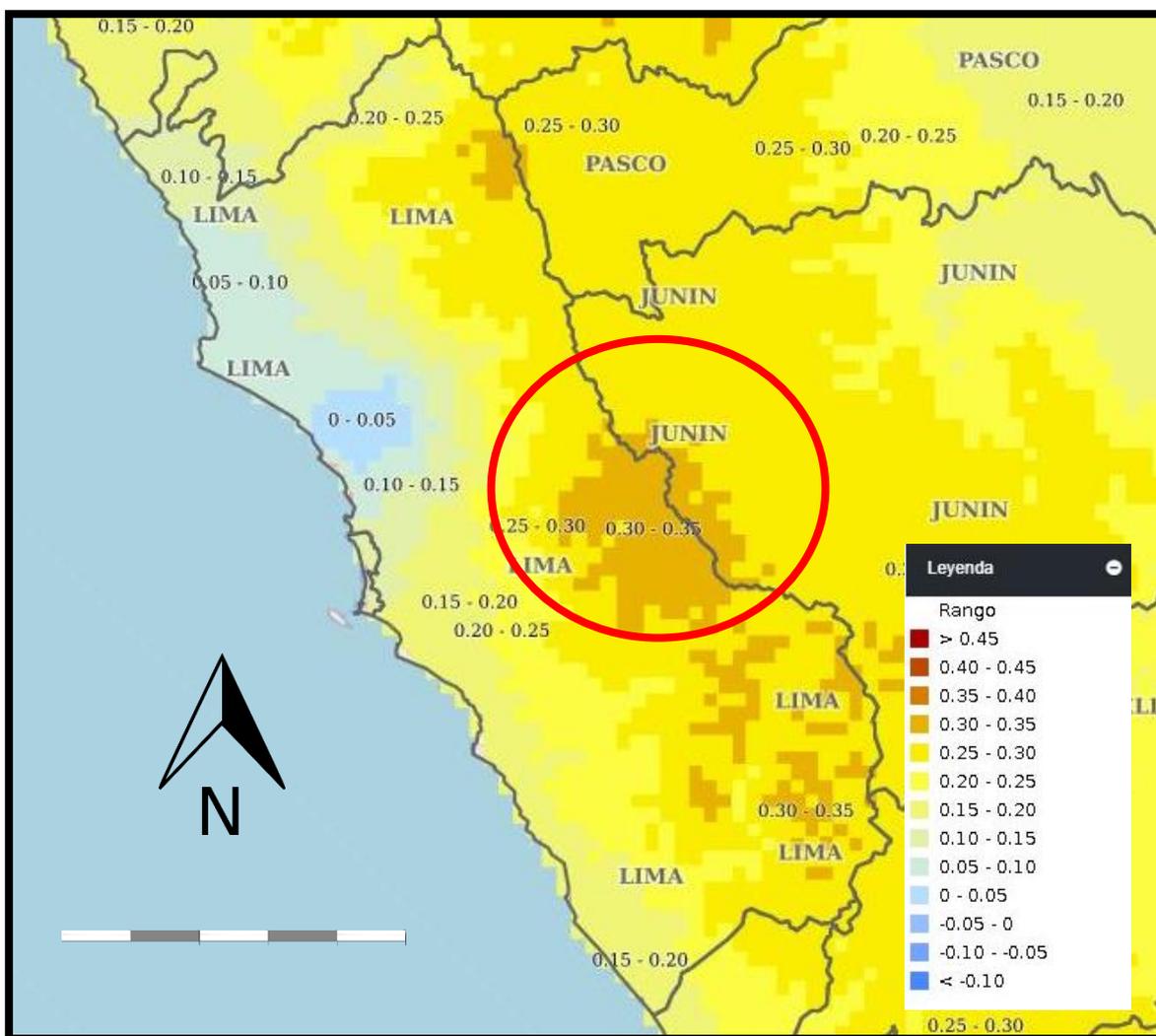
De igual forma con los metadatos de temperatura publicados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), adaptados en mapas de simulación en tiempo real, se extrajeron simulaciones de los rangos de temperatura mínima, máxima y media presentados en la **Figura 6**, **Figura 7** y **Figura 8** respectivamente. Logrando de esta manera obtener la interpretación del comportamiento de la temperatura durante el año en el área de estudio (límite de Lima – Junín), para consecuentemente compararlos con datos obtenidos a nivel de campo, estableciendo relaciones simétricas o asimétricas en base a la influencia que esta puede tener con el black carbon.



**Figura 6.** Tendencia de temperatura mínima anual dentro del área de influencia

**Fuente:** Adaptación del SENAMHI

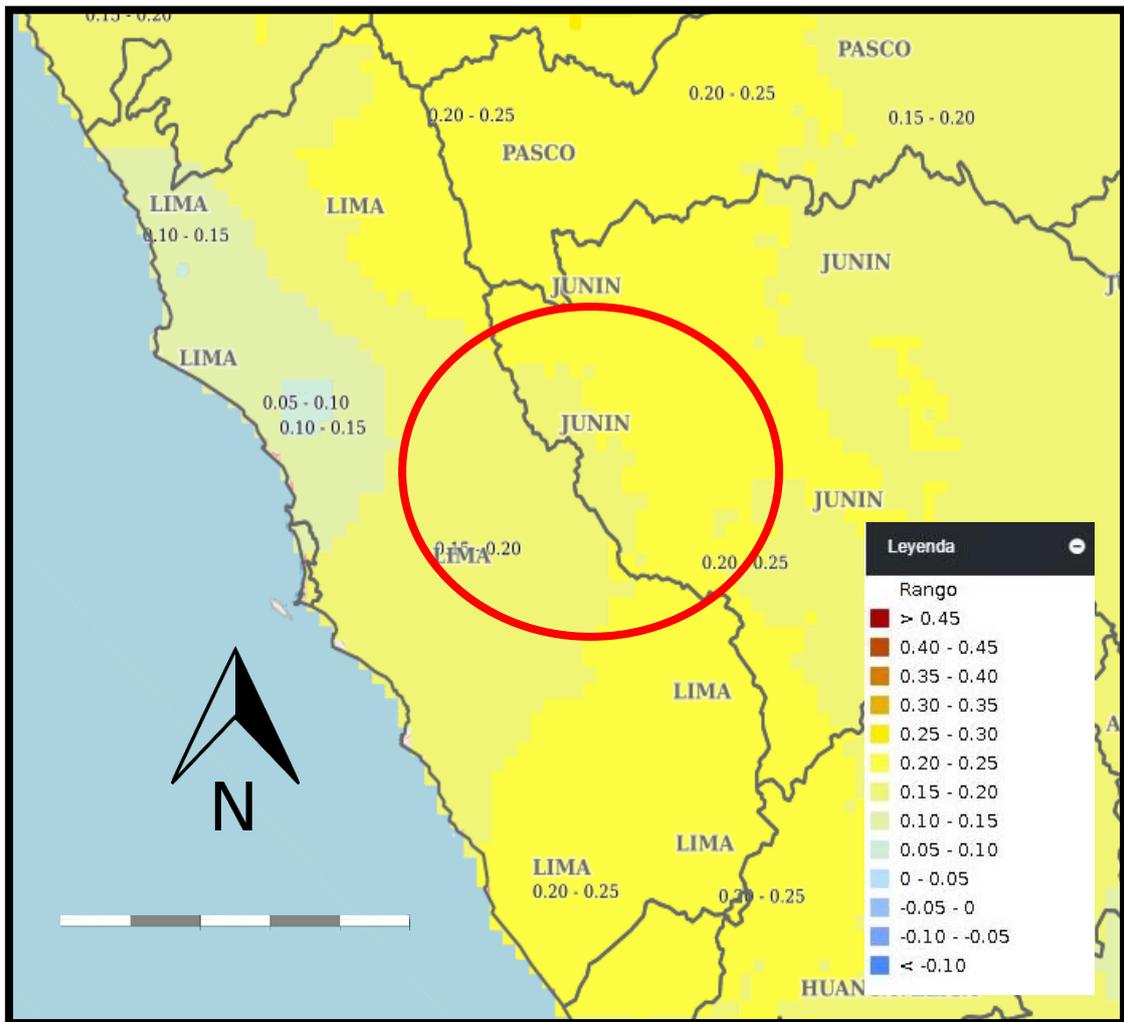
En la **Figura 6** se puede ver delimitada el área de estudio con una circunferencia roja, enmarcando que el área de estudio en relación a las temperaturas mínimas anuales tendrá una varianza oscilante entre los 0.05 – 0.10 °C, lo cual puede ser un parámetro climático favorable para el black carbon y su actuación sobre la cobertura glaciar.



**Figura 7.** Tendencia de temperatura máxima anual dentro del área de influencia  
**Fuente:** Adaptación del SENAMHI

En la **Figura 7** se puede ver delimitada el área de estudio con una circunferencia roja, enmarcando que el área de estudio las temperaturas máximas anuales presentan una variabilidad más notable que con las temperatura mínimas de la zona, lo que puede resultar comodo para la absorción de las ondas de calor en las alturas, incrementando el factor “pérdida de masa glaciar”, estos valores

ascienden y oscilan entre los 0.35 – 0.40 °C, cuadruplicando los valores mínimos de variación.



**Figura 8.** Tendencia de temperatura media anual dentro del área de influencia

**Fuente:** Adaptación del SENAMHI

En la **Figura 8** en la misma área de estudio, se corrobora lo apreciado en las anteriores figuras, debido a que la tendencia anual del incremento de la temperatura se puede ver con una constancia oscilante entre 0.15 – 0.20 °C que es un valor variante de forma anual, es decir, para el año 2022, ya no se serán 0.15 -0.20 °C sino se incrementará la temperatura a 0.16 – 0.21 °C, no prediciendo los sucesos sino interpretando una tendencia creciente capaz de influir en los comportamientos climatológicos del área, reflejados en caudal, precipitaciones, cobertura glaciara, entre otros más.

Consiguientemente, de las mismas estaciones meteorológicas de donde se obtuvieron datos de precipitaciones, se haya disponibilidad de datos térmicos en tiempo real, para lo cual se evaluaron las temperaturas máximas y mínimas del mes de marzo presentandose así las siguientes **Tabla 9** y **Tabla 10** que perteneces cada uno a la estación CASAPALCA y MARCAPOMACOCHA respectivamente; identificando de igual manera con sombreado de color rojo los días en los que se efectuaron los monitoreos en el mes de marzo.

**Tabla 9.** Monitoreo de temperaturas máximas y mínimas del mes de marzo del año 2021 en la estación CASAPALCA

Estación	Fecha	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)
CASAPALCA	01/03/2021	2.1	10.8
CASAPALCA	02/03/2021	1	9.9
CASAPALCA	03/03/2021	3	10.9
CASAPALCA	04/03/2021	3.2	12.2
CASAPALCA	05/03/2021	1.3	10
CASAPALCA	06/03/2021	3.3	9.8
CASAPALCA	07/03/2021	0.7	11.1
CASAPALCA	08/03/2021	1.7	11.4
CASAPALCA	09/03/2021	2.5	10.7
CASAPALCA	10/03/2021	1.4	8.2
CASAPALCA	11/03/2021	2.5	10.8
CASAPALCA	12/03/2021	0.8	10.8
CASAPALCA	13/03/2021	0.5	11.1
CASAPALCA	14/03/2021	1.5	9.7
CASAPALCA	15/03/2021	0.4	7.2
CASAPALCA	16/03/2021	0.9	6.5
CASAPALCA	17/03/2021	0.4	9.1
CASAPALCA	18/03/2021	1.7	10.9
CASAPALCA	19/03/2021	1.2	9.5
CASAPALCA	20/03/2021	-0.8	10

CASAPALCA	21/03/2021	1.9	9.5
CASAPALCA	22/03/2021	2.4	8.6
CASAPALCA	23/03/2021	2.4	9.7
CASAPALCA	24/03/2021	2.8	10.9
CASAPALCA	25/03/2021	2	10.7
CASAPALCA	26/03/2021	3.3	11.4
CASAPALCA	27/03/2021	3.1	10.9
CASAPALCA	28/03/2021	3.7	9.4
CASAPALCA	29/03/2021	3.7	11.2
CASAPALCA	30/03/2021	4.4	11.1
CASAPALCA	31/03/2021	3.5	10.2

**Fuente:** Datos adaptados del SENAMHI y elaboración propia

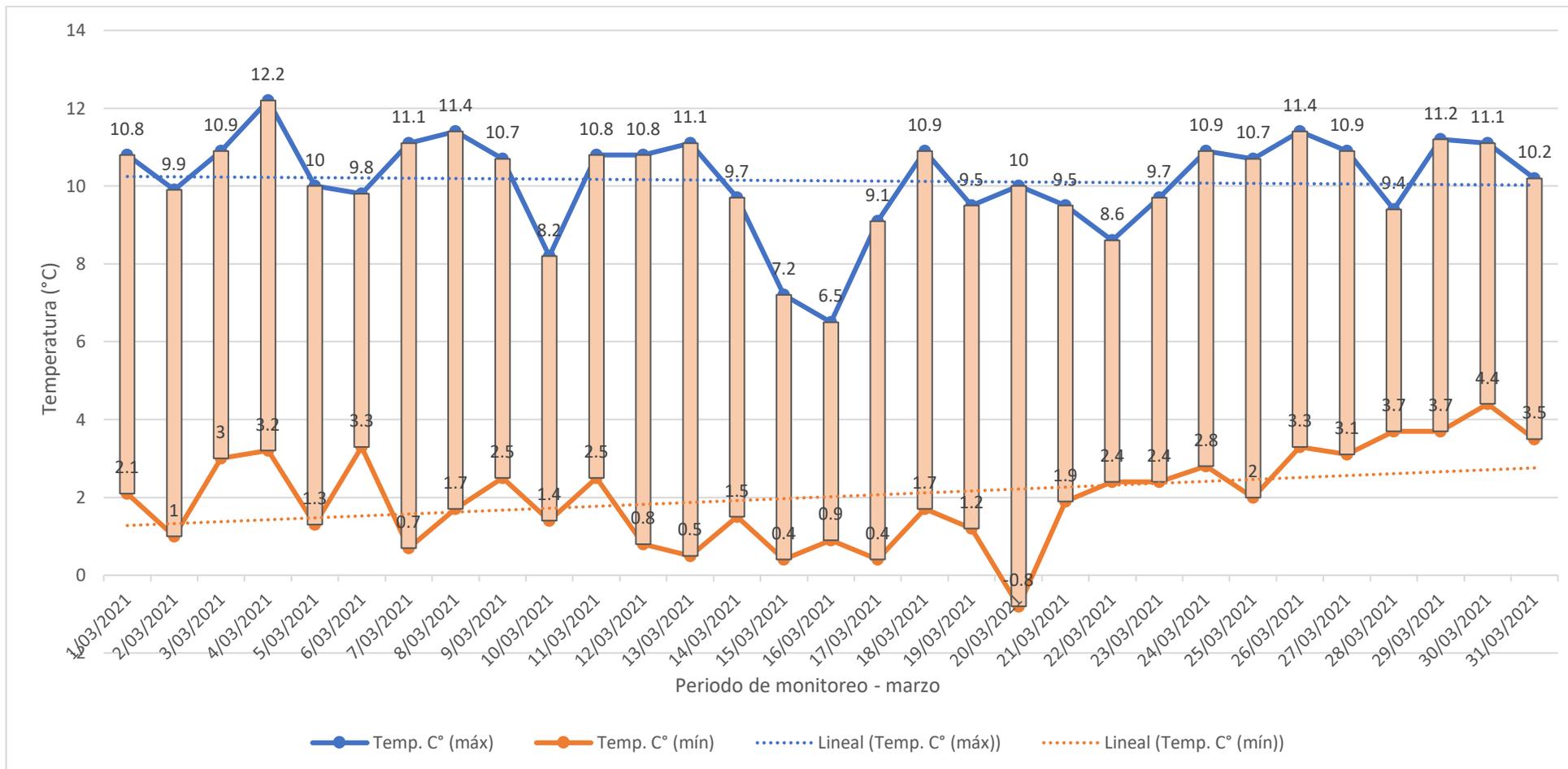
**Tabla 10.** Monitoreo de temperaturas máximas y mínimas del mes de marzo del año 2021 en la estación MARCAPOMACOCHA

Estación	Fecha	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)
MARCAPOMACOCHA	01/03/2021	0.9	8.8
MARCAPOMACOCHA	02/03/2021	1.2	11.9
MARCAPOMACOCHA	03/03/2021	1.6	10.1
MARCAPOMACOCHA	04/03/2021	1.3	10.2
MARCAPOMACOCHA	05/03/2021	2.1	10.8
MARCAPOMACOCHA	06/03/2021	2.1	8.5
MARCAPOMACOCHA	07/03/2021	2	10.1
MARCAPOMACOCHA	08/03/2021	2.3	11
MARCAPOMACOCHA	09/03/2021	0.2	11.4
MARCAPOMACOCHA	10/03/2021	-0.2	8.1
MARCAPOMACOCHA	11/03/2021	1.7	7.1
MARCAPOMACOCHA	12/03/2021	0.2	9.5
MARCAPOMACOCHA	13/03/2021	0.7	12.5
MARCAPOMACOCHA	14/03/2021	-0.4	7.3
MARCAPOMACOCHA	15/03/2021	0.6	9.7

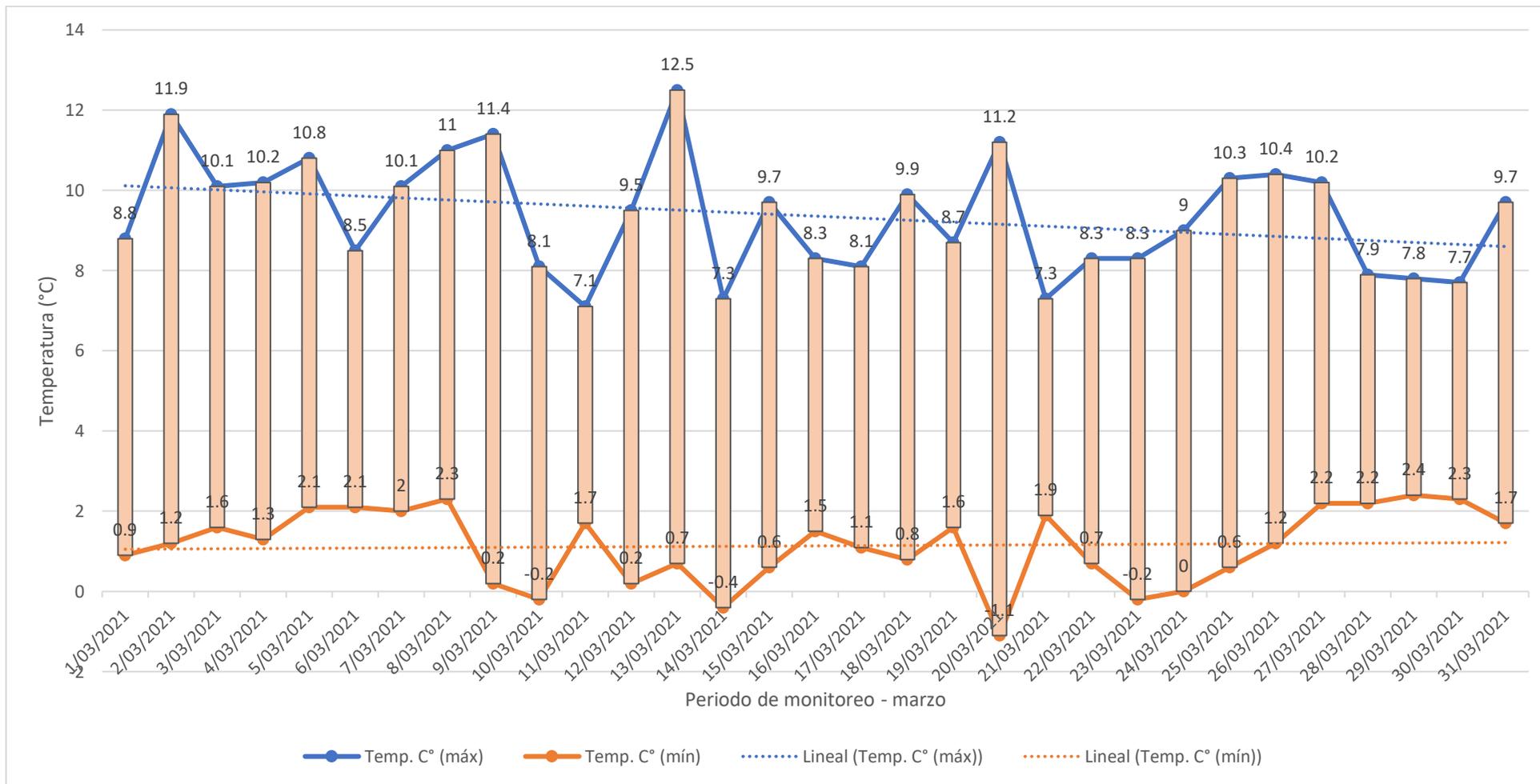
MARCAPOMACOCHA	16/03/2021	1.5	8.3
MARCAPOMACOCHA	17/03/2021	1.1	8.1
MARCAPOMACOCHA	18/03/2021	0.8	9.9
MARCAPOMACOCHA	19/03/2021	1.6	8.7
MARCAPOMACOCHA	20/03/2021	-1.1	11.2
MARCAPOMACOCHA	21/03/2021	1.9	7.3
MARCAPOMACOCHA	22/03/2021	0.7	8.3
MARCAPOMACOCHA	23/03/2021	-0.2	8.3
MARCAPOMACOCHA	24/03/2021	0	9
MARCAPOMACOCHA	25/03/2021	0.6	10.3
MARCAPOMACOCHA	26/03/2021	1.2	10.4
MARCAPOMACOCHA	27/03/2021	2.2	10.2
MARCAPOMACOCHA	28/03/2021	2.2	7.9
MARCAPOMACOCHA	29/03/2021	2.4	7.8
MARCAPOMACOCHA	30/03/2021	2.3	7.7
MARCAPOMACOCHA	31/03/2021	1.7	9.7

**Fuente:** Datos adaptados del SENAMHI y elaboración propia

Luego de la filtración de los datos meteorológicos de las estaciones CASAPALCA y MARCAPOMACOCHA; se emplearon gráficos lineales, para poder tener un alcance esquematizado de los datos, en ese sentido se pueden observar el comportamiento térmico; por ende en los siguientes **Gráfico 7** para la estación CASAPALCA y **Gráfico 8** para la estación MARCAPOMACOCHA respectivamente, se interpretarán paso a paso el periodo evaluado en cada una de ellas.



**Gráfico 7.** Comportamiento de la temperatura (°C) durante el mes de marzo del 2021 registrada por la estación meteorológica CASAPALCA.



**Gráfico 8.** Comportamiento de la temperatura (°C) durante el mes de marzo del 2021 registrada por la estación meteorológica MARCAPOMACOCKA.

Así también en el **Gráfico 7**. Los registros térmicos expresados en la **Tabla 9**, fueron selectos para ser interpretados en relación al comportamiento de la temperatura máxima y mínima simultáneamente, durante el periodo de cambio de estación invierno-verano (marzo – Estación Casapalca), durante todo el mes de seguimiento se logra observar una estabilidad en las mínimas temperaturas con valores oscilantes entre 3.3 °C y -0.1 °C hasta el día 21/03/2021, comenzando así a incrementarse las temperaturas mínimas desde los 1.9°C hasta alcanzar los 4.4°C, determinando de esa manera que las temperaturas mínimas registran un comportamiento de incremento como se ve en la línea de tendencia central (línea naranja). Por otra parte, caso similar se da con las temperaturas máximas, pero estas demuestran una mayor inestabilidad con hasta 6 picos inversos encontrando el mínimo valor con 6.5°C con la barra más pequeña durante todo el mes, debido a que se puede identificar como el día más frío que va desde los 0.9°C a los 6.5°C, no obstante el mes alcanzó hasta 6 puntos con valores que sobrepasan los 11°C, manteniendo una línea de tendencia central (línea azul), durante el mes en los 10°C.

De igual forma en el **Gráfico 8**. los registros térmicos fueron expresados en la **Tabla 10**, fueron selectos para ser interpretados en relación al comportamiento de la temperatura máxima y mínima simultáneamente, durante el periodo de cambio de estación invierno-verano (marzo – Estación Marcapomacocha), durante todo el mes de seguimiento se logra observar una serie de desniveles en las mínimas temperaturas con valores oscilantes entre -1.1°C y 2.4°C que va por todo el mes, haciendo mención a que la temperatura más alta de 2.4°C se encuentra en el tercio final del mes, hallando una pequeña similaridad con la estación Casapalca donde se nota que la temperatura va en ascenso de todas maneras el comportamiento de la temperatura según la línea de tendencia central (línea naranja) indica que la temperatura mínima media del mes se mantuvo en 1°C. Por consiguiente, la inestabilidad se ve aún en mayor grado en las temperaturas máximas del mes con hasta 7 picos mayores a los 10 °C y encontrando un día del mes donde la temperatura llegó a los 12.5°C, siendo el día con la barra más diferenciada variando desde 0.7°C hasta 12.5°C, reconociendo también al día más frío del mes como el 11/03/2021 con temperaturas iniciales desde 1.7°C que solo llegaron a los 7.1°C. Añadiendo

también que la línea de tendencia central de las máximas temperaturas (línea azul), indica un decaimiento de las temperaturas, lo cual teóricamente es una anomalía climatológica considerando las fechas.

Para continuar, al siguiente mes se realizó la misma operación obteniendo una variabilidad en los datos obtenidos, estos se presentan en las siguientes **Tabla 11** y **Tabla 12**, el seguimiento se dio desde el 01/04/2021 hasta el 30/04/2021, estando señalizados con color rojo las fechas del monitoreo en campo del mes de abril.

**Tabla 11.** Monitoreo de temperaturas máximas y mínimas del mes de abril del año 2021 en la estación CASAPALCA

Estación	Fecha	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)
CASAPALCA	01/04/2021	3.1	12.7
CASAPALCA	02/04/2021	2	11.8
CASAPALCA	03/04/2021	2.7	8.2
CASAPALCA	04/04/2021	3.6	11.6
CASAPALCA	05/04/2021	3.5	10.1
CASAPALCA	06/04/2021	2.6	10.8
CASAPALCA	07/04/2021	3	11.8
CASAPALCA	08/04/2021	3.7	9.4
CASAPALCA	09/04/2021	3	10.7
CASAPALCA	10/04/2021	2.5	11.1
CASAPALCA	11/04/2021	2.6	11.4
CASAPALCA	12/04/2021	2.9	10.6
CASAPALCA	13/04/2021	4.6	10
CASAPALCA	14/04/2021	3.5	9.7
CASAPALCA	15/04/2021	3.3	10.8
CASAPALCA	16/04/2021	1.9	12.6
CASAPALCA	17/04/2021	2.8	13.3
CASAPALCA	18/04/2021	2.3	12.3
CASAPALCA	19/04/2021	1.8	12.6

CASAPALCA	20/04/2021	1.9	11.7
CASAPALCA	21/04/2021	2.6	10.9
CASAPALCA	22/04/2021	1.9	11.2
CASAPALCA	23/04/2021	1.4	11
CASAPALCA	24/04/2021	0	12.1
CASAPALCA	25/04/2021	0.3	11.2
CASAPALCA	26/04/2021	0.9	11.6
CASAPALCA	27/04/2021	0	10.7
CASAPALCA	28/04/2021	-0.8	11.1
CASAPALCA	29/04/2021	0.5	12.7
CASAPALCA	30/04/2021	1	12.7

**Fuente:** Datos adaptados del SENAMHI y elaboración propia

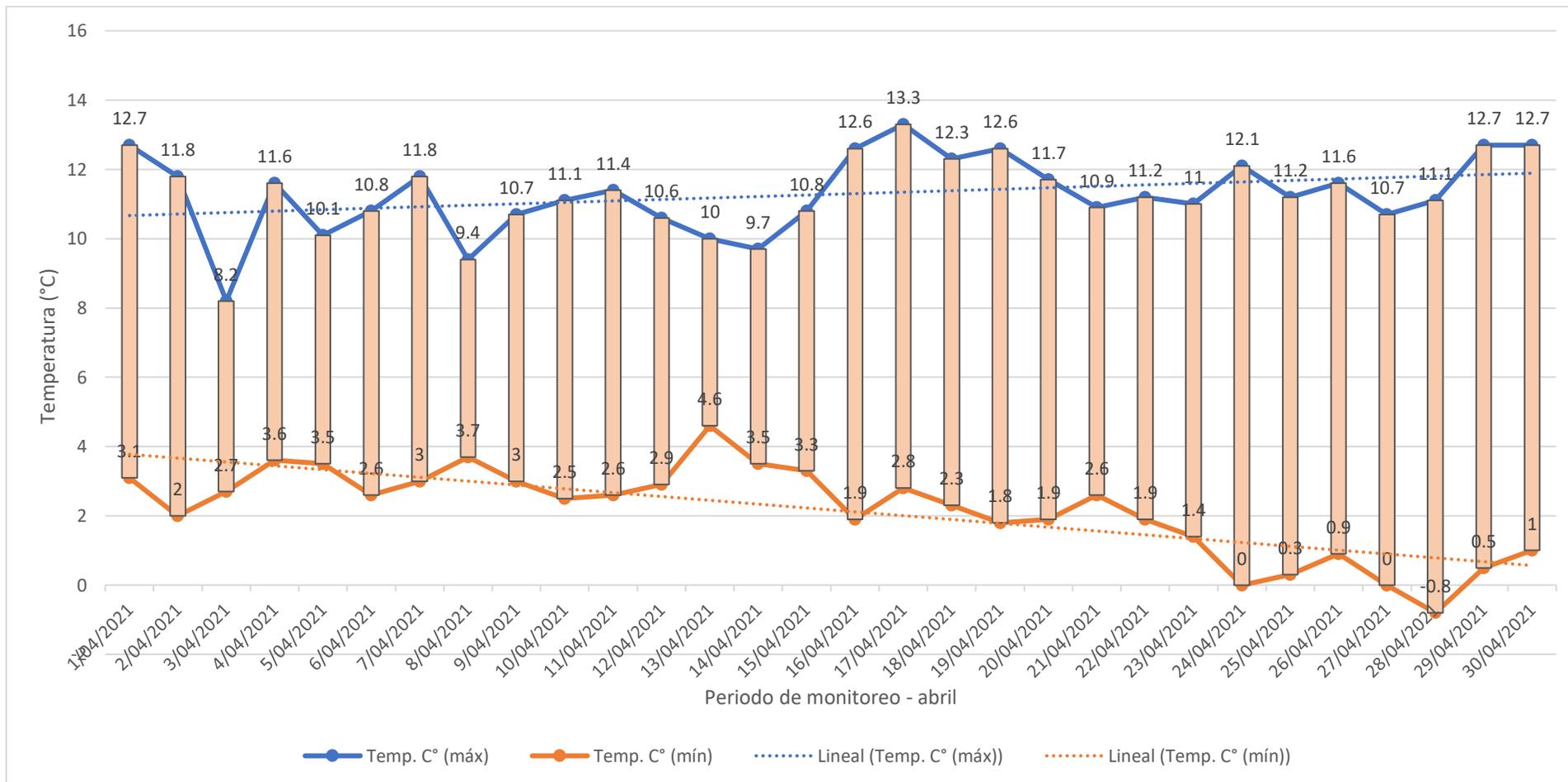
**Tabla 12.** Monitoreo de temperaturas máximas y mínimas del mes de abril del año 2021 en la estación MARCAPOMACOCHA

Estación	Fecha	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)
MARCAPOMACOCHA	01/04/2021	0.5	10.5
MARCAPOMACOCHA	02/04/2021	0	10.9
MARCAPOMACOCHA	03/04/2021	1.3	8.4
MARCAPOMACOCHA	04/04/2021	1.3	9.5
MARCAPOMACOCHA	05/04/2021	1.5	9.1
MARCAPOMACOCHA	06/04/2021	2.1	9.6
MARCAPOMACOCHA	07/04/2021	0.7	11.5
MARCAPOMACOCHA	08/04/2021	1.9	9.6
MARCAPOMACOCHA	09/04/2021	0.7	7.7
MARCAPOMACOCHA	10/04/2021	1.5	10.1
MARCAPOMACOCHA	11/04/2021	1.9	11.5
MARCAPOMACOCHA	12/04/2021	1.9	9.2
MARCAPOMACOCHA	13/04/2021	1.9	9.1
MARCAPOMACOCHA	14/04/2021	1.2	9.4
MARCAPOMACOCHA	15/04/2021	0.3	11.2

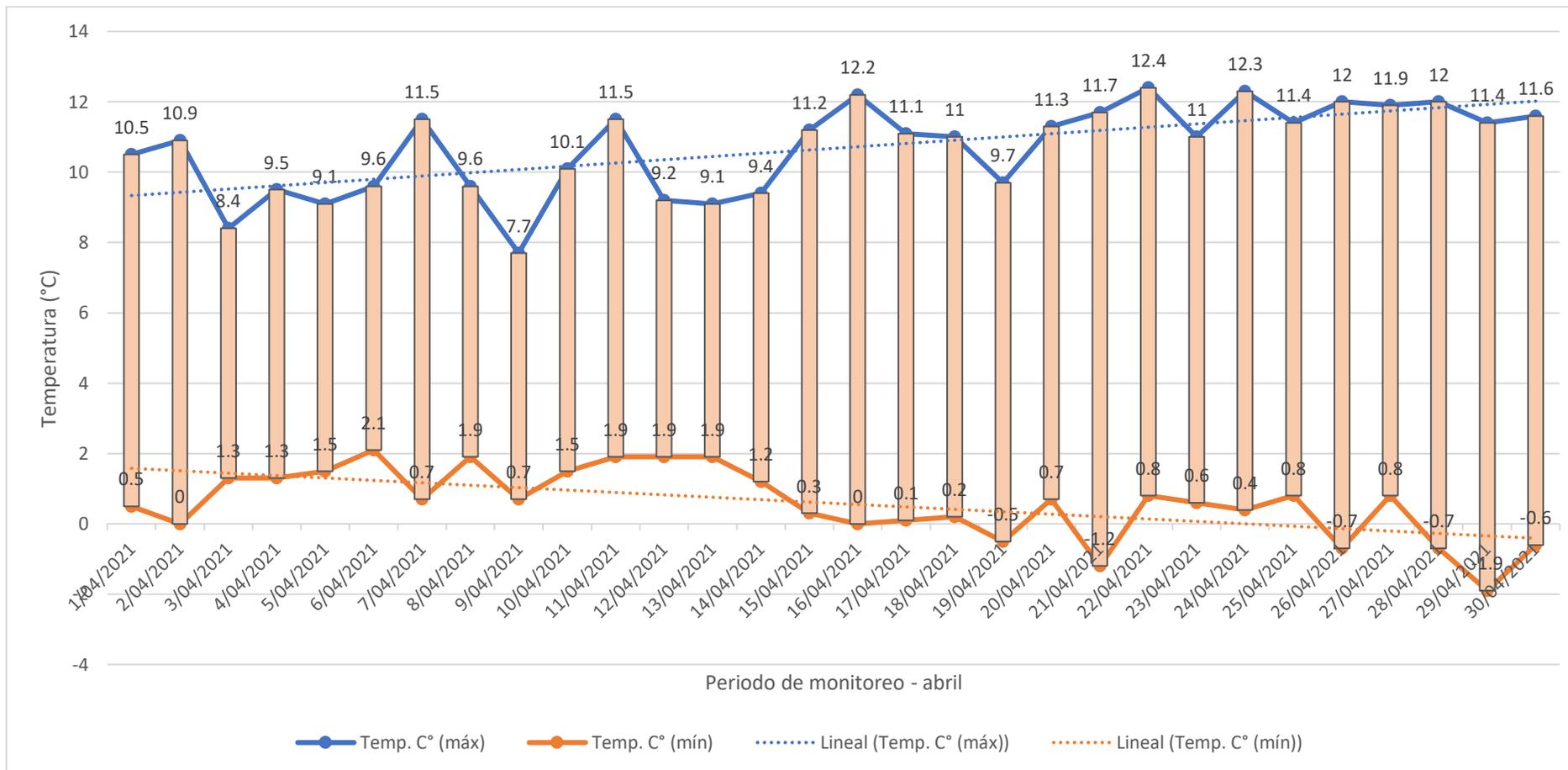
MARCAPOMACOCHA	16/04/2021	0	12.2
MARCAPOMACOCHA	17/04/2021	0.1	11.1
MARCAPOMACOCHA	18/04/2021	0.2	11
MARCAPOMACOCHA	19/04/2021	-0.5	9.7
MARCAPOMACOCHA	20/04/2021	0.7	11.3
MARCAPOMACOCHA	21/04/2021	-1.2	11.7
MARCAPOMACOCHA	22/04/2021	0.8	12.4
MARCAPOMACOCHA	23/04/2021	0.6	11
MARCAPOMACOCHA	24/04/2021	0.4	12.3
MARCAPOMACOCHA	25/04/2021	0.8	11.4
MARCAPOMACOCHA	26/04/2021	-0.7	12
MARCAPOMACOCHA	27/04/2021	0.8	11.9
MARCAPOMACOCHA	28/04/2021	-0.7	12
MARCAPOMACOCHA	29/04/2021	-1.9	11.4
MARCAPOMACOCHA	30/04/2021	-0.6	11.6

**Fuente:** Datos adaptados del SENAMHI y elaboración propia

Luego de trabajar con los mismos procesos todos los datos meteorológicos de las estaciones CASAPALCA y MARCAPOMACOCHA; con la misma metodología se emplearon gráficos lineales, para poder tener un alcance esquematizado de los datos, en ese sentido se pueden observar el comportamiento térmico; por ende en los siguientes **Gráfico 9** para la estación CASAPALCA y **Gráfico 10** para la estación MARCAPOMACOCHA respectivamente, se interpretarán paso a paso el periodo evaluado en cada una de ellas.



**Gráfico 9.** Comportamiento de la temperatura (°C) durante el mes de abril del 2021 registrada por la estación meteorológica CASAPALCA.



**Gráfico 10.** Comportamiento de la temperatura (°C) durante el mes de abril del 2021 registrada por la estación meteorológica MARCAPOMACOCKA.

De tal manera en el **Gráfico 9**. Los registros térmicos expresados en la **Tabla 11**, demuestran que durante la época considerada como verano (abril – estación Casapalca), durante todo el mes de seguimiento se logra observar un decaimiento en las temperaturas a partir de día 13/04/2021 que estando en 4.6°C se llegó a un nivel de -0.8°C casi finalizando el mes, exactamente el 28/04/2021; por consiguiente, se observa un decaimiento notorio en la línea de tendencia central de las temperaturas mínimas (línea naranja). Por lo contrario como es de esperarse debido a la temporada las temperaturas máximas ubican su línea de tendencia central entre los 10°C y los 12°C, que con mayor frecuencia adoptaba temperaturas sobre los 11°C con más de 8 días con esta temperatura, además el punto más alto de los 2 meses de evaluación se encontró el 17/04/2021 alcanzando 13.3, pronunciando de esta manera que a partir de la quincena del mes de abril las temperaturas se mantuvieron mayores a los 10°C y 11°C, con una línea de tendencia central creciente (línea azul).

Posteriormente en el **Gráfico 10**. los registros térmicos expresados en la **Tabla 12**, evidencian que durante la época considerada como verano (abril – estación Marcapomacocha), los primeros días del mes se aprecia una estabilidad constante pero se registra un decaimiento en las temperaturas mínimas a partir del día 13/04/2021 coincidentemente el mismo día del decaimiento de las temperaturas registradas en la estación Casapalca pero quebrándose en 1.9°C hasta un nivel de -1.9°C casi finalizando el mes, exactamente el 29/04/2021; por consiguiente se observa un decaimiento notorio en la línea de tendencia central de las temperaturas mínimas (línea naranja). Por lo contrario como es de esperarse debido a la temporada las temperaturas máximas ubican su línea de tendencia central entre los 10°C y los 12°C, que con mayor frecuencia adoptaba temperaturas de 10°C a 11°C con más de 12 días con esta temperatura, además el punto más alto de los 2 meses de evaluación se encontró el 22/04/2021 alcanzando 12.4°C, pronunciando de esta manera que a partir de la quincena del mes de abril las temperaturas se mantuvieron mayores a los 10°C y 11°C a excepción del 18/04/2021 que la temperatura decayó a 9.7°C, con una línea de tendencia central creciente (línea azul).

Finalizando el seguimiento de las temperaturas en el mes de mayo, mediante la misma operación realizada en los meses anteriores, se ordenan los datos obtenidos en las siguientes **Tabla 13** y **Tabla 14**, el seguimiento se dio desde el 01/05/2021 hasta el 31/05/2021, estando señalizados con color rojo las fechas del monitoreo en campo del mes de mayo.

**Tabla 13.** Monitoreo de temperaturas máximas y mínimas del mes de mayo del año 2021 en la estación CASAPALCA

Estación	Fecha	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)
CASAPALCA	01/05/2021	0.3	11.3
CASAPALCA	02/05/2021	-0.4	12.7
CASAPALCA	03/05/2021	-0.1	12.5
CASAPALCA	04/05/2021	1.6	11.7
CASAPALCA	05/05/2021	1.1	10.2
CASAPALCA	06/05/2021	3	11.6
CASAPALCA	07/05/2021	3	10.4
CASAPALCA	08/05/2021	2.8	10.2
CASAPALCA	09/05/2021	0.7	11.2
CASAPALCA	10/05/2021	1.6	11.8
CASAPALCA	11/05/2021	1.5	11.8
CASAPALCA	12/05/2021	2.3	11.7
CASAPALCA	13/05/2021	2.9	10.9
CASAPALCA	14/05/2021	2.8	12.7
CASAPALCA	15/05/2021	1.4	12.9
CASAPALCA	16/05/2021	0.8	12
CASAPALCA	17/05/2021	0.8	12.5
CASAPALCA	18/05/2021	0.4	10.6
CASAPALCA	19/05/2021	1.6	12.3
CASAPALCA	20/05/2021	0.7	13.2
CASAPALCA	21/05/2021	0.4	13.1
CASAPALCA	22/05/2021	0.7	13.5

CASAPALCA	23/05/2021	0	10.5
CASAPALCA	24/05/2021	2.9	10.8
CASAPALCA	25/05/2021	3	7.7
CASAPALCA	26/05/2021	1.8	9.6
CASAPALCA	27/05/2021	1.5	11.8
CASAPALCA	28/05/2021	1	12.7
CASAPALCA	29/05/2021	0.2	12.8
CASAPALCA	30/05/2021	1.9	12.6
CASAPALCA	31/05/2021	3	11.8

**Fuente:** Datos adaptados del SENAMHI y elaboración propia

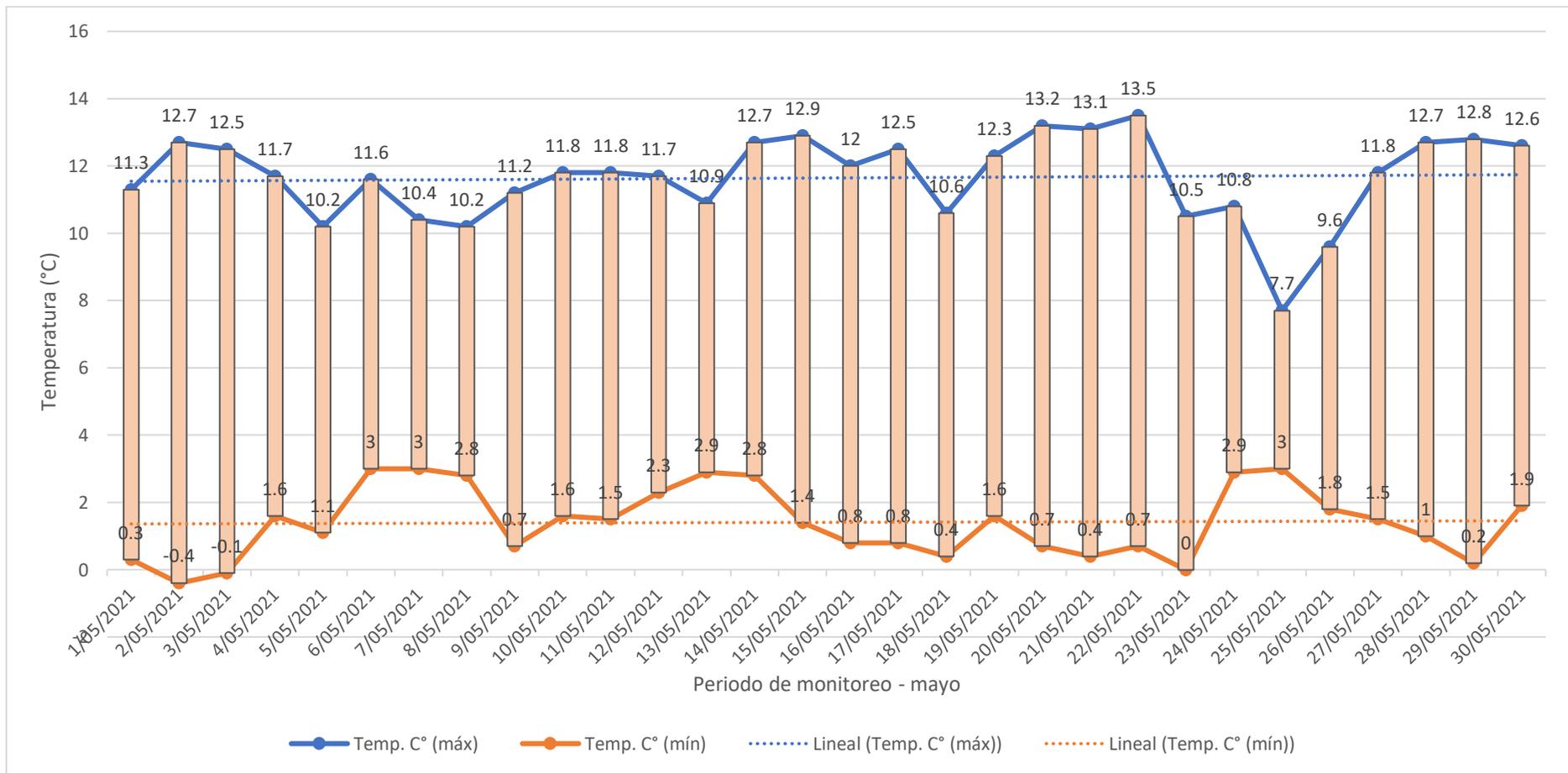
**Tabla 14.** Monitoreo de temperaturas máximas y mínimas del mes de mayo del año 2021 en la estación MARCAPOMACOCHA

Estación	Fecha	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)
MARCAPOMACOCHA	01/05/2021	-0.3	10.8
MARCAPOMACOCHA	02/05/2021	-2	11.1
MARCAPOMACOCHA	03/05/2021	-0.6	12.3
MARCAPOMACOCHA	04/05/2021	1.5	10.7
MARCAPOMACOCHA	05/05/2021	0.3	11.1
MARCAPOMACOCHA	06/05/2021	0.3	10.7
MARCAPOMACOCHA	07/05/2021	1.7	10.5
MARCAPOMACOCHA	08/05/2021	0.8	8.5
MARCAPOMACOCHA	09/05/2021	-0.6	10.1
MARCAPOMACOCHA	10/05/2021	-0.2	10.1
MARCAPOMACOCHA	11/05/2021	-0.4	10.1
MARCAPOMACOCHA	12/05/2021	-0.3	9.3
MARCAPOMACOCHA	13/05/2021	0.7	10.8
MARCAPOMACOCHA	14/05/2021	1.3	10.2
MARCAPOMACOCHA	15/05/2021	-0.5	12.7
MARCAPOMACOCHA	16/05/2021	-3.7	10.3
MARCAPOMACOCHA	17/05/2021	-1.3	11.4

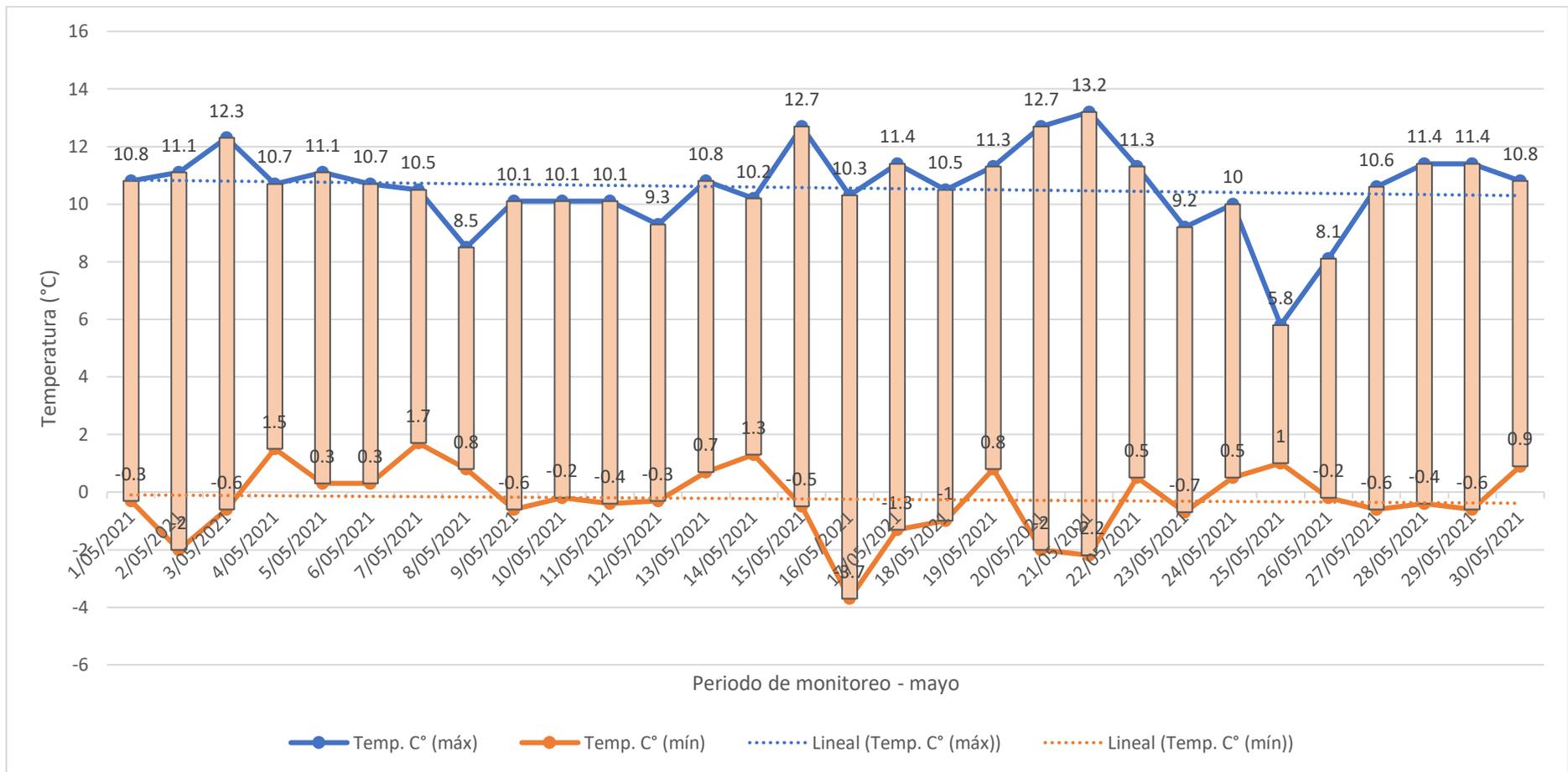
MARCAPOMACOCHA	18/05/2021	-1	10.5
MARCAPOMACOCHA	19/05/2021	0.8	11.3
MARCAPOMACOCHA	20/05/2021	-2	12.7
MARCAPOMACOCHA	21/05/2021	-2.2	13.2
MARCAPOMACOCHA	22/05/2021	0.5	11.3
MARCAPOMACOCHA	23/05/2021	-0.7	9.2
MARCAPOMACOCHA	24/05/2021	0.5	10
MARCAPOMACOCHA	25/05/2021	1	5.8
MARCAPOMACOCHA	26/05/2021	-0.2	8.1
MARCAPOMACOCHA	27/05/2021	-0.6	10.6
MARCAPOMACOCHA	28/05/2021	-0.4	11.4
MARCAPOMACOCHA	29/05/2021	-0.6	11.4
MARCAPOMACOCHA	30/05/2021	0.9	10.8
MARCAPOMACOCHA	31/05/2021	0.3	9.3

**Fuente:** Datos adaptados del SENAMHI y elaboración propia

Terminando con los mismos procesos para el mes de mayo, todos los datos meteorológicos de las estaciones CASAPALCA y MARCAPOMACOCHA; serán analizados con gráficos lineales, para poder tener un alcance esquematizado de los datos, en ese sentido se puede observar el comportamiento térmico en los siguientes **Gráfico 11** para la estación CASAPALCA y **Gráfico 12** para la estación MARCAPOMACOCHA respectivamente, se interpretarán paso a paso el periodo evaluado en cada una de ellas.



**Gráfico 11.** Comportamiento de la temperatura (°C) durante el mes de mayo del 2021 registrada por la estación meteorológica CASAPALCA.



**Gráfico 12.** Comportamiento de la temperatura (°C) durante el mes de mayo del 2021 registrada por la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA.

De igual forma en el **Gráfico 11**. Los registros térmicos expresados en la **Tabla 13**, demuestran que durante la época considerada como verano (mayo – estación Casapalca), durante todo el mes de seguimiento se logra observar una estabilidad en las temperaturas mínimas oscilando entre 3°C y llegando a un nivel de -0.4°C, por consiguiente, se observan la estabilidad mencionada en la línea de tendencia central de las temperaturas mínimas (línea naranja). Por lo contrario como es de esperarse debido a la temporada las temperaturas máximas ubican su línea de tendencia central entre los 10°C y los 13.5°C, que con mayor frecuencia adoptaba temperaturas sobre los 11°C con más de 10 días con esta temperatura, además el punto más alto del mes evaluado se encontró el 22/05/2021 alcanzando 13.5°C, pronunciando de esta manera que a partir de esta fecha las temperaturas sufrieron un decaimiento por 4 días desde los 10.5°C llegando hasta 9.6°C, con una línea de tendencia central decreciente en base a las temperaturas máximas (línea azul).

Finalmente, en el **Gráfico 12**. Los registros térmicos expresados en la **Tabla 14**, evidencian que durante la época considerada como verano (mayo – estación Marcapomacocha), durante todo el mes se logra evidenciar una inestabilidad térmica, con altos y bajos oscilantes entre -3.7°C y 1.7°C ubicando así a mayo como el mes más resaltante en base a sus temperaturas mínimas. De igual manera reconocida como el día más frío el 25/05/2021, debido a la baja distensión térmica que presentó durante el transcurrir de las 24 horas de evaluación con una temperatura mínimas de 1°C que solo llegó hasta los 6.8°C como temperatura máxima del día. Por consiguiente se observa un equilibrio en la línea de tendencia central de las temperaturas mínimas (línea naranja) que mantiene el promedio sobre los 0 grados durante todo el mes. Por lo contrario como es de esperarse debido a la temporada las temperaturas máximas ubican su línea de tendencia central entre los 10°C y los 12°C, que con mayor frecuencia adoptaba temperaturas de 10°C con más de 13 días con esta temperatura, además el punto más alto del mes de evaluación se encontró el 21/05/2021 alcanzando 13.2°C, encontrando una línea de tendencia central decreciente (línea azul) entre los 11°C y 10°C.

### **Ejecución del seguimiento periódico de las condiciones meteorológicas (dirección del viento-velocidad del viento-precipitaciones)**

Así, en la **Figura 9**, durante el mes de marzo la estación meteorológica CASAPALCA de coordenadas  $11^{\circ}38'16.8''$  S y  $76^{\circ}13'59.13''$  W; registro una tendencia de vientos con mayor predominancia hacia el Sur-Este (SE) donde por el reconocimiento topográfico realizado en la **Figura N°2** no tiene repercusión con el Nevado Rajuntay en esa dirección, no obstante, en la dirección Nor-Oeste (NW) puede haber algún tipo de vulneración hacia el Nevado Rajuntay, ya que según se aprecia los vientos en esa dirección alcanzan hasta los 5.70 m/s y por las zonas de alta montaña se incrementan.

De tal forma, en la **Figura 10**, durante el mes de marzo la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA de coordenadas  $11^{\circ}24'15.96''$  S y  $76^{\circ}19'30.3''$  W; registro una tendencia de vientos con predominancia hacia el Sur-Este (SE) Y Nor-Este (NE), donde por el reconocimiento topográfico realizado en la **Figura N°4** no tiene repercusión con el Nevado Alcoy, sin embargo la dirección Sur-Este (SE) puede ocasionar algún tipo de afección hacia el Nevado Rajuntay considerando que en esa dirección los vientos alcanzan hasta los 8.80 m/s, con capacidad de suspensión de micro-partículas.

Además, en la **Figura 11**. Durante el mes de abril la estación meteorológica CASAPALCA de coordenadas  $11^{\circ}38'16.8''$  S y  $76^{\circ}13'59.13''$  W; registro una tendencia de vientos con mayor predominancia hacia el Nor-Oeste (NW) donde está situado el Nevado Rajuntay añadiendo que la temporada de evaluación ya es verano con baja continuidad de precipitaciones, los vientos alcanzan de 5.70 a 8.80 m/s, causando algún tipo de relación al arrastre de particular suspendidas

Se empleó la misma evaluación como se ve en la **Figura 12**, durante el mes de abril la estación meteorológica MARCAPOMACOCHA de coordenadas  $11^{\circ}24'15.96''$  S y  $76^{\circ}19'30.3''$  W; registro una tendencia de vientos con predominancia hacia el Sur-Este (SE) igual que el mes pasado (marzo) y con los mismos valores oscilantes entre 5.70 a 8.80 m/s en dirección del Nevado Rajuntay, además se presentan vientos de 8.80 a 11.10 en dirección al Nevado Alcoy.

Dentro del contexto, en la **Figura 13**. Durante el mes de mayo la estación meteorológica CASAPALCA de coordenadas  $11^{\circ}38'16.8''$  S y  $76^{\circ}13'59.13''$  W; registro una tendencia de vientos con mayor predominancia hacia el Nor-Oeste (NW) donde está situado el Nevado Rajuntay añadiendo que la temporada de evaluación se encuentra en la estación de verano, de igual manera presenta una demanda mediana en la corriente de vientos hacia la zona Sur-Este (SE), los vientos alcanzan de 5.70 a 8.80 m/s, causando algún tipo de relación al arrastre de particular suspendidas.

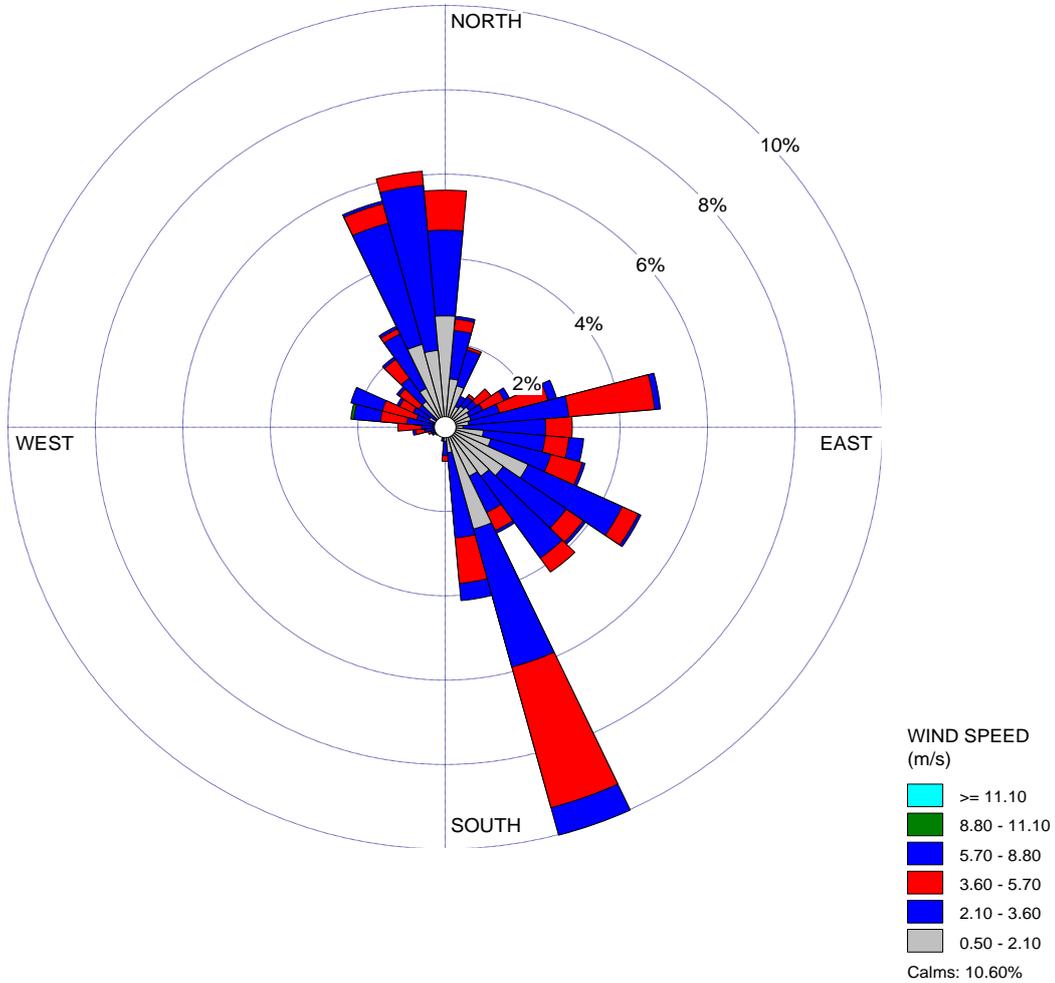
Finalmente, en la **Figura 14**, durante el mes de mayo la estación meteorológica MARCAPOMACocha de coordenadas  $11^{\circ}24'15.96''$  S y  $76^{\circ}19'30.3''$  W; registro una tendencia de vientos con predominancia hacia el Sur-Este (SE) igual que los meses anteriormente monitoreados y con valores más altos, alcanzando corrientes de viento oscilantes entre 8.80 a 11.10 m/s en dirección del Nevado Rajuntay, además se presentan vientos de menor magnitud de 5.70 a 8.80 m/s en dirección al Nevado Alcoy.

WIND ROSE PLOT:

**ESTACIÓN CASAPALCA - MARZO  
CONDICIONES METEOROLÓGICAS**

DISPLAY:

**Wind Speed  
Direction (blowing from)**



COMMENTS:

AUTORES:  
-VELÁSQUEZ FERNÁNDEZ ROLY  
-YARICAHUA ESTEBAN DEYSI

DATA PERIOD:

**Start Date: 01/03/2021 - 01:00  
End Date: 30/04/2021 - 08:00**

COMPANY NAME:

MODELER:

CALM WINDS:

**10.60%**

TOTAL COUNT:

**1479 hrs.**

AVG. WIND SPEED:

**2.53 m/s**

DATE:

**17/05/2021**

PROJECT NO.:

WRPLOT View - Lakes Environmental Software

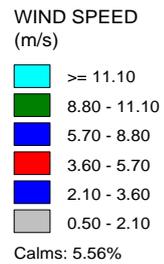
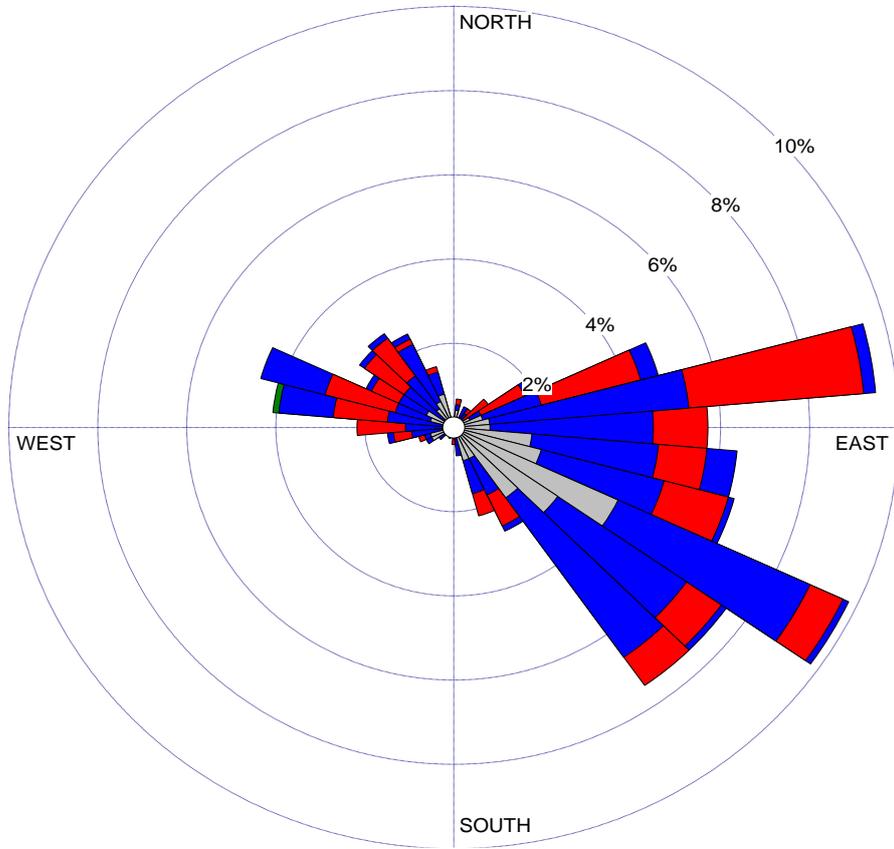
**Figura 9.** Rosa de viento estación CASAPALCA -MARZO

WIND ROSE PLOT:

**ESTACIÓN MARCAPOMACOCHA - MARZO**  
**CONDICIONES METEOROLÓGICAS**

DISPLAY:

**Wind Speed**  
**Direction (blowing from)**



COMMENTS:

AUTORES:  
 -VELÁSQUEZ FERNÁNDEZ ROLY  
 -YARICAHUA ESTEBAN DEYSI

DATA PERIOD:

**Start Date: 01/03/2021 - 01:00**  
**End Date: 01/03/2021 - 23:00**

COMPANY NAME:

MODELER:

CALM WINDS:

**5.56%**

TOTAL COUNT:

**736 hrs.**

AVG. WIND SPEED:

**2.92 m/s**

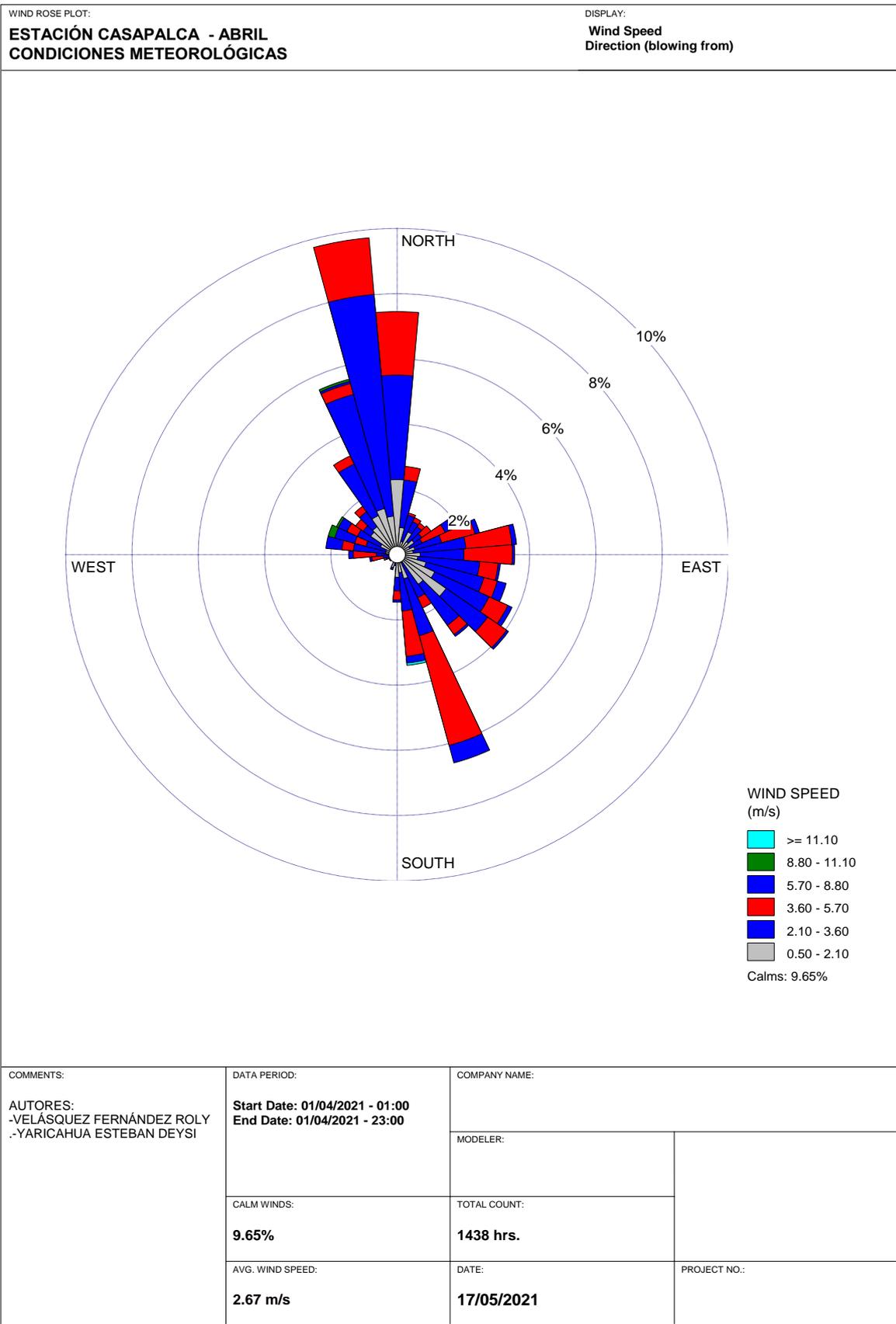
DATE:

**17/05/2021**

PROJECT NO.:

WRPLOT View - Lakes Environmental Software

**Figura 10.** Rosa de viento estación MARCAPOMACOCHA - MARZO



WRPLOT View - Lakes Environmental Software

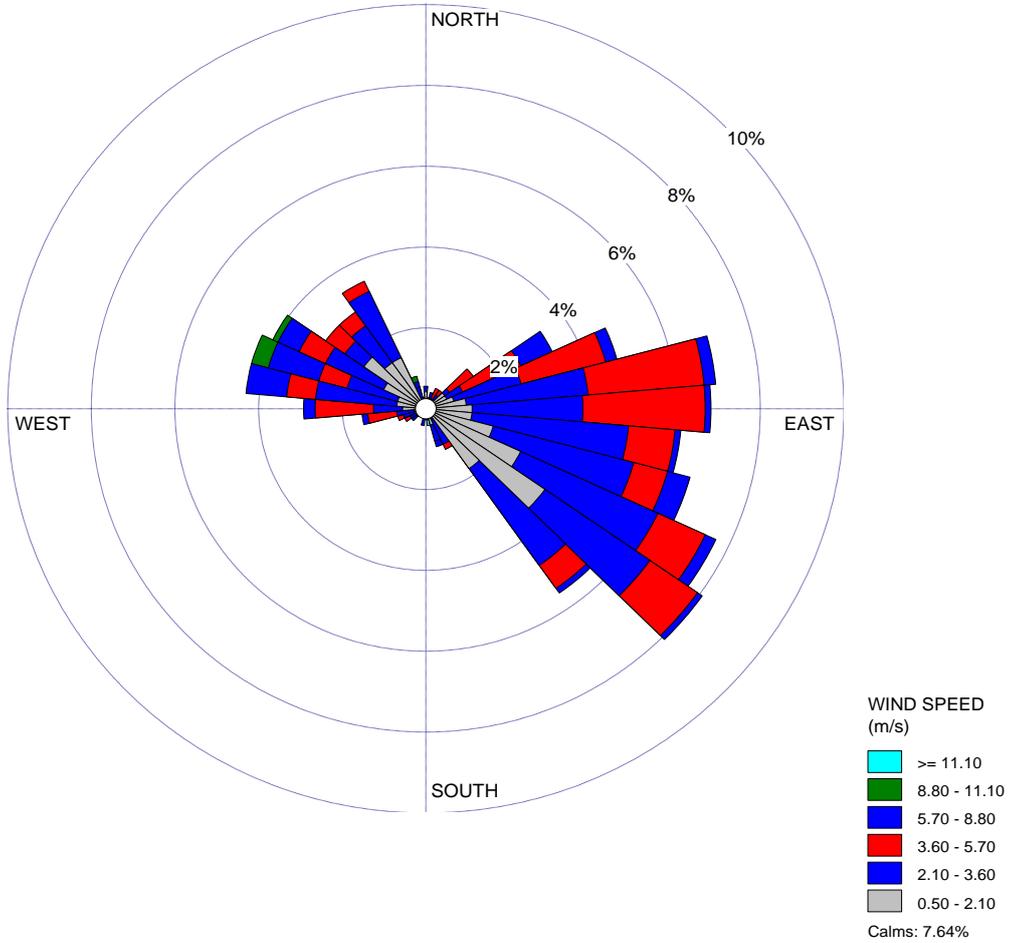
**Figura 11.** Rosa de viento estación CASAPALCA – ABRIL

WIND ROSE PLOT:

**ESTACIÓN MARCAPOMACOCHA - ABRIL**  
**CONDICIONES METEOROLÓGICAS**

DISPLAY:

**Wind Speed**  
**Direction (blowing from)**



COMMENTS: AUTORES: -VELÁSQUEZ FERNÁNDEZ ROLY -YARICAHUA ESTEBAN DEYSI	DATA PERIOD: <b>Start Date: 01/04/2021 - 01:00</b> <b>End Date: 01/04/2021 - 23:00</b>	COMPANY NAME:	
	CALM WINDS: <b>7.64%</b>	TOTAL COUNT: <b>719 hrs.</b>	MODELER:
	AVG. WIND SPEED: <b>2.86 m/s</b>	DATE: <b>17/05/2021</b>	PROJECT NO.:

WRPLOT View - Lakes Environmental Software

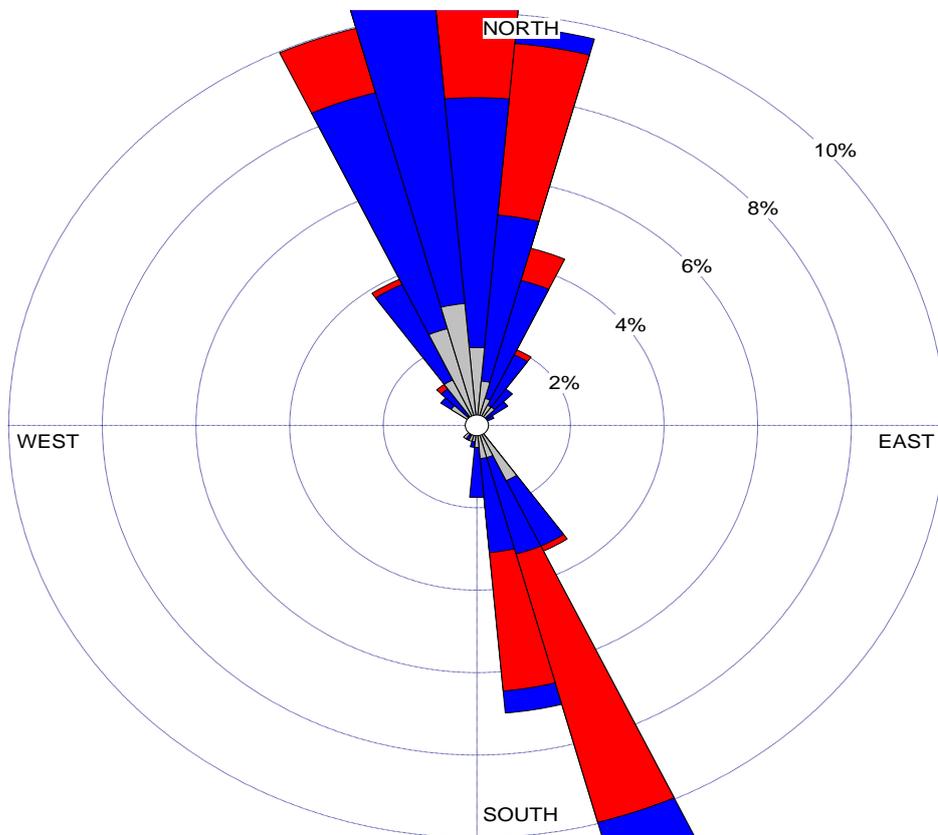
**Figura 12.** Rosa de viento estación MARCAPOMACOCHA – ABRIL

WIND ROSE PLOT:

**ESTACIÓN CASAPALCA - MAYO**  
**CONDICIONES METEOROLÓGICAS**

DISPLAY:

**Wind Speed**  
**Direction (blowing from)**



**WIND SPEED (m/s)**

- >= 11.10
- 8.80 - 11.10
- 5.70 - 8.80
- 3.60 - 5.70
- 2.10 - 3.60
- 0.50 - 2.10

Calms: 8.20%

<p>COMMENTS:</p> <p>AUTORES: -VELÁSQUEZ FERNÁNDEZ ROLY -YARICAHUA ESTEBAN DEYSI</p>	<p>DATA PERIOD:</p> <p><b>Start Date: 01/05/2021 - 01:00</b> <b>End Date: 01/05/2021 - 23:00</b></p>	<p>COMPANY NAME:</p>		
	<p>CALM WINDS:</p> <p><b>8.20%</b></p>	<p>MODELER:</p>	<p>TOTAL COUNT:</p> <p><b>743 hrs.</b></p>	
	<p>AVG. WIND SPEED:</p> <p><b>2.79 m/s</b></p>	<p>DATE:</p> <p><b>10/06/2021</b></p>	<p>PROJECT NO.:</p>	

WRPLOT View - Lakes Environmental Software

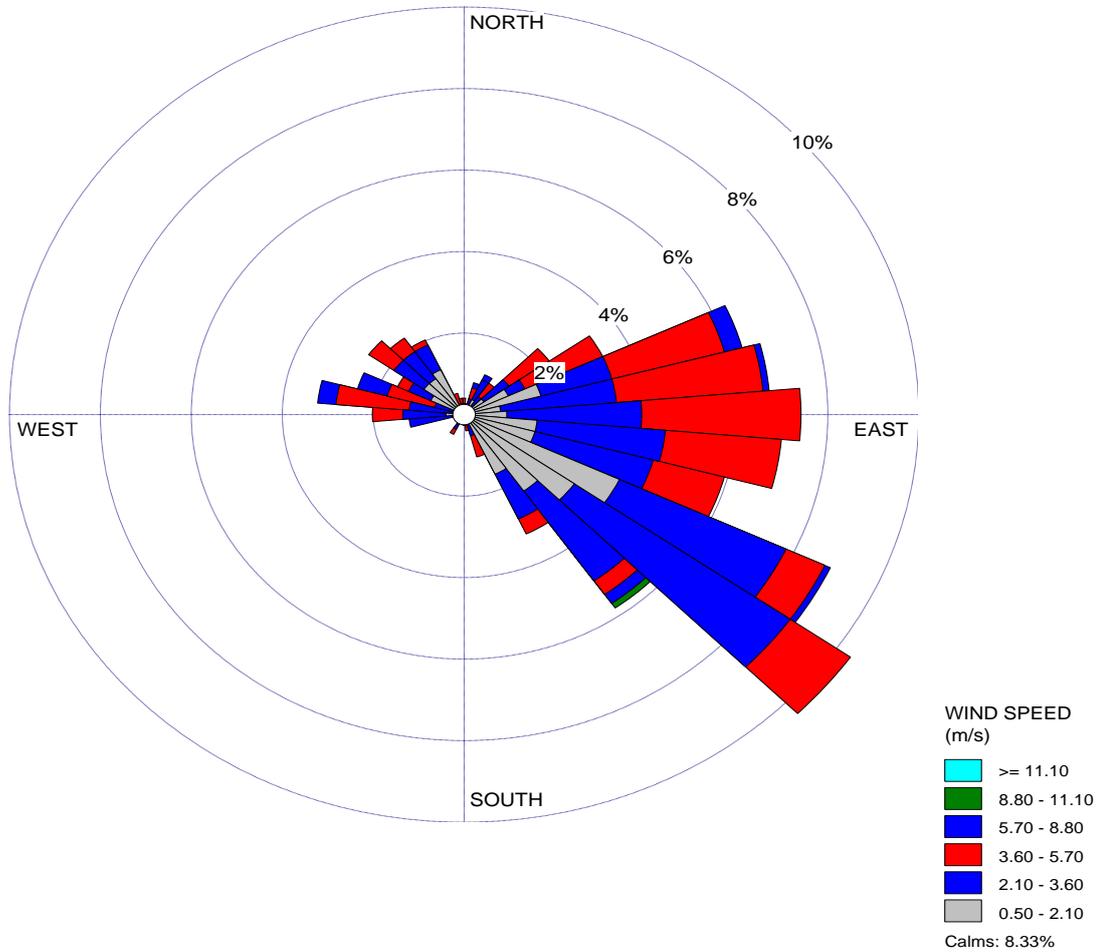
**Figura 13.** Rosa de viento estación CASAPALCA – MAYO

WIND ROSE PLOT:

**ESTACIÓN MARCAPOMACOCKHA - MAYO**  
**CONDICIONES METEOROLÓGICAS**

DISPLAY:

**Wind Speed**  
**Direction (blowing from)**



COMMENTS:

AUTORES:  
 -VELÁSQUEZ FERNÁNDEZ ROLY  
 -YARICAHUA ESTEBAN DEYSI

DATA PERIOD:

**Start Date: 01/05/2021 - 01:00**  
**End Date: 01/05/2021 - 23:00**

COMPANY NAME:

MODELER:

CALM WINDS:

**8.33%**

TOTAL COUNT:

**743 hrs.**

AVG. WIND SPEED:

**2.68 m/s**

DATE:

**10/06/2021**

PROJECT NO.:

WRPI OT View - Lakes Environmental Software

**Figura 14.** Rosa de viento estación MARCAPOMACOCKHA – MAYO

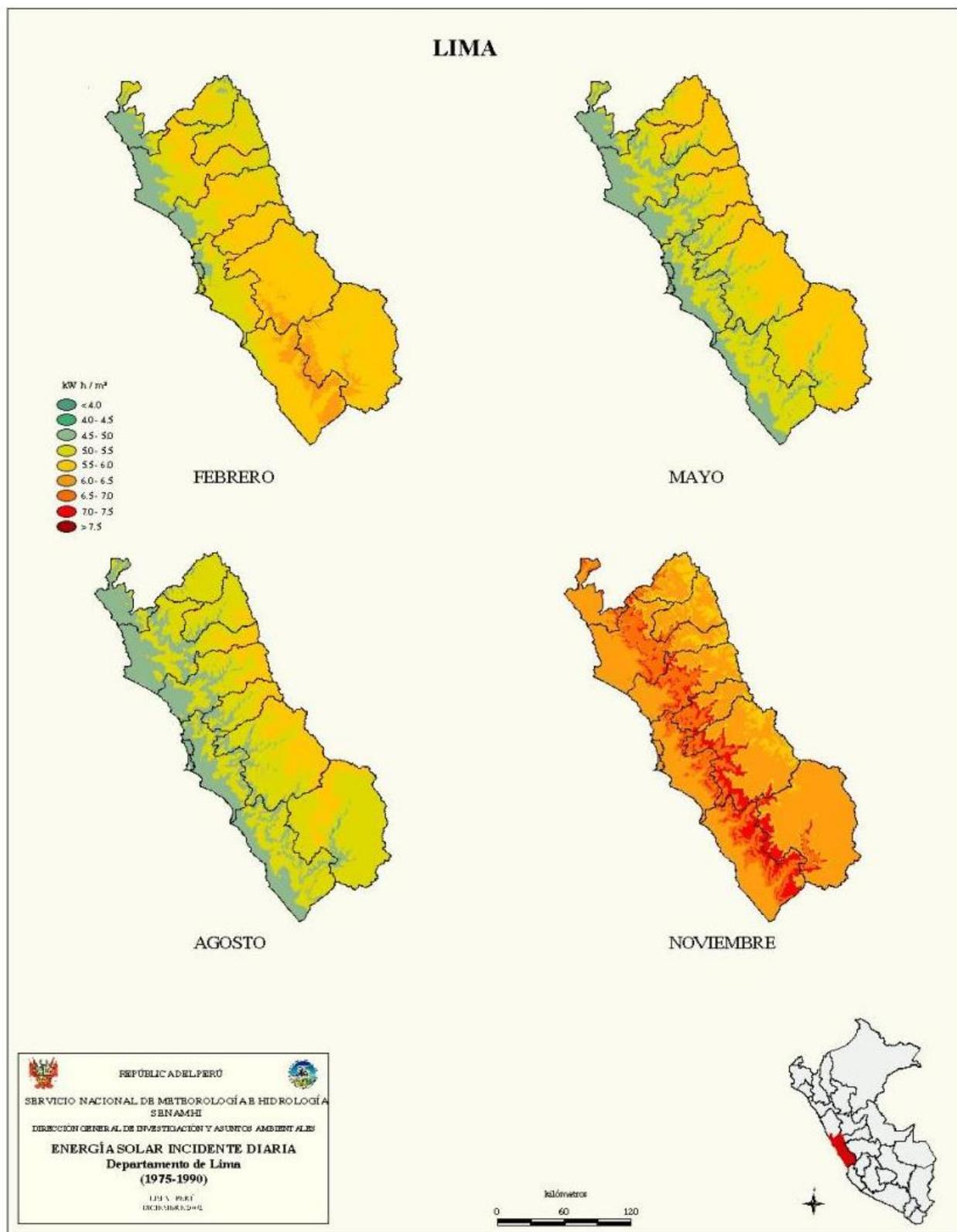
## Monitoreo de Incidencia de la Radiación Solar

El campo de monitoreos de alta montaña está subdividido en al menos 7 campos distintos, con procesos relacionados a los diferentes indicadores situados en la Matriz de Operacionalización de Variables, seccionado en el **Anexo 1**, por otra parte, dentro de esta sección se establece una relación entre la altitud del área de evaluación y la radiación solar influyente sobre la zona de estudio.

Consecuentemente, se elaboró el mapa de radiación solar incidente en Lima – Junín presentado en la **Figura 15**, identificando cuáles son las zonas donde la radiación solar tiende a variar, en este sentido la interpretación será dada desde la zona Oeste con dirección hacia la zona Este, trasladándonos desde las zonas costeras hasta las zonas de alta montaña; Se hace énfasis en que las áreas más aledañas al mar son las que cuentan con una radiación solar directa alcanzando los 4.0 – 4.5 Kwh/m<sup>2</sup>, siendo el caso de Ancón, Ventanilla, Callao, San Miguel, Barranco, y Lurín; por otra parte, las zonas del Este de Lima o zonas transitorias conocidas como la Sierra de Lima, Huarochirí y Canta, evidencian en la actualidad, rangos de radiación solar cambiantes, en base a la ubicación de los valles situados dentro del área de estudio; existe una baja densidad en base a los rangos oscilantes entre 4.5 – 5.0 Kwh/m<sup>2</sup> identificados con una coloración verde clara, además en más denotativa presencia se reconocen los rangos entre 6.0 – 6.5 Kwh/m<sup>2</sup> con una coloración naranja y por último se puede apreciar que la totalidad de la zona de alta montaña, donde se albergan las Cordilleras, Nevados y Lagunas; referencian una predominancia de radiación solar en el rango de 5.5 – 6.0 Kwh/m<sup>2</sup>, Así mismo en la **Figura 16** y **Figura 17**, se logra apreciar un patrón de radiación solar para el mes de Mayo en las zonas de alta montaña de Lima y Junín en el periodo de 1975 -1990 con un rango de 5.5 – 6.0 Kwh/m<sup>2</sup>, coincidente con el modelamiento realizado en el año 2021, identificando la radiación solar dentro de las zonas de alta montaña como una constante desde aproximadamente 41 años.

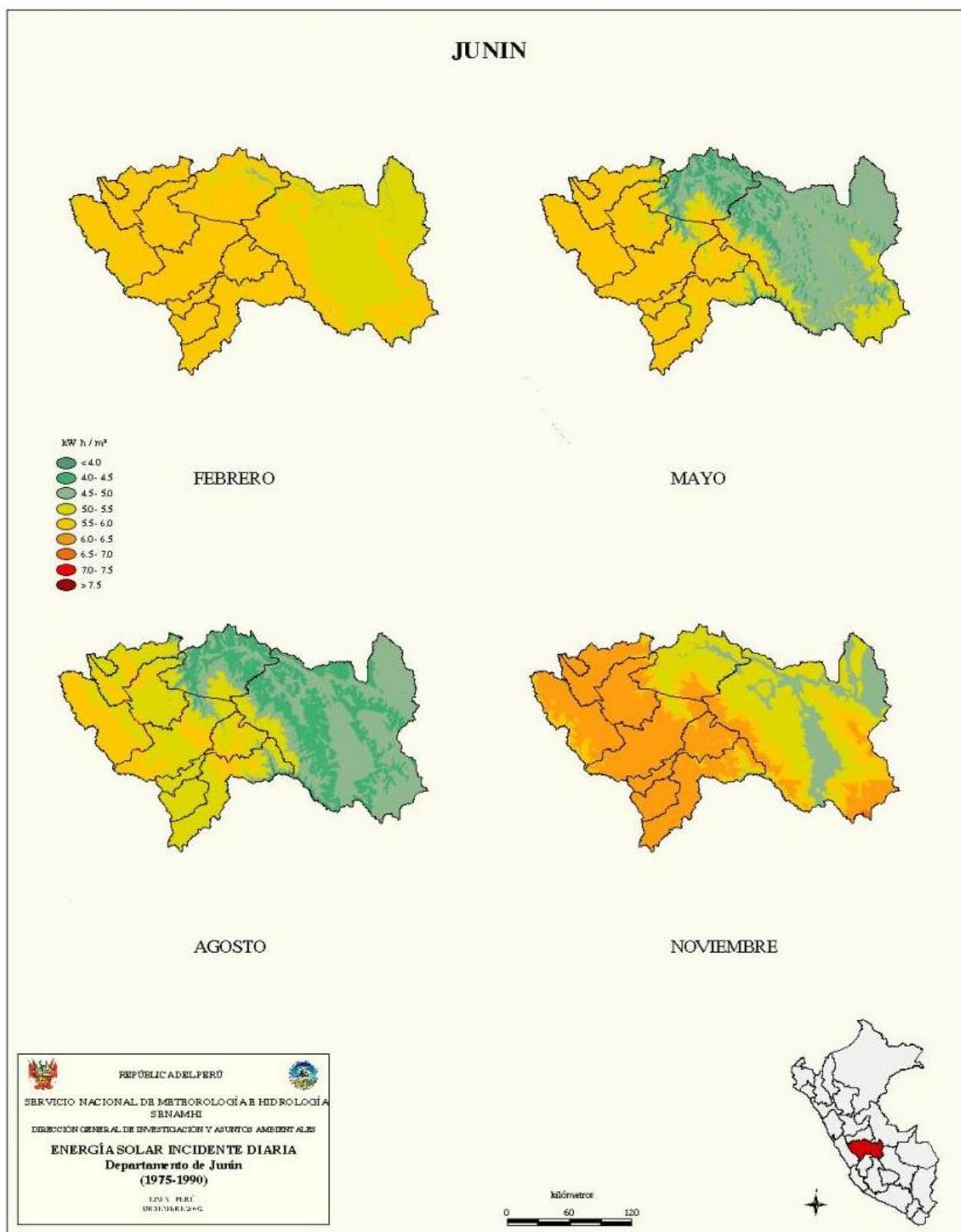


**Figura 15.** Radiación Solar incidente en Lima - Junín



**Figura 16.** Radiación Solar incidente en el departamento de Lima - Callao

**Fuente:** Adaptado del SENAMHI



**Figura 17.** Radiación Solar incidente en el departamento de Junín

**Fuente:** Adaptado del SENAMHI

En este sentido, reconociendo la incidencia de radiación solar como una constante en las zonas de alta montaña, es preciso fortalecer la temática con apreciaciones obtenidas a nivel de campo durante los 3 meses de seguimiento y Monitoreo en el Nevado Rajuntay y Alcoy respectivamente; por ende, en la **Figura 18, Figura 19 y Figura 20** se presentan los trabajos realizados a nivel de campo en los meses de marzo, abril y mayo en el Nevado Rajuntay.



**Figura 18.** Ángulo solar en punto de coordenadas N: 8723268 y E: 363724 en el Nevado Rajuntay (marzo)

El mes de marzo, se tornó el mes con mayor dificultad en el trabajo de campo debido a la estación climática de invierno, considerando que de inicio a fin de la expedición se realizaron los trabajos en condiciones accidentadas, dificultando el ascenso al objetivo de los 5200 m.s.n.m, no obstante, se registró el dato del ángulo de radiación solar presentado en la **Tabla 15**



**Figura 19.** Ángulo solar en punto de coordenadas N: 8723119.1 y E: 364004 en el Nevado Rajuntay (abril)

El mes de abril, siendo un mes transitorio en base a la estación climática del momento (Cambio de Invierno – verano), facilito la expedición y la recolección de los datos, haciendo mención que se cumplió con el objetivo de ascender hasta los 5200 m.s.n.m; registrando de forma óptima el dato del ángulo de radiación solar presentado en la **Tabla 15**



**Figura 20.** Ángulo solar en punto de coordenadas N: 8723119.1 y E: 364004 en el Nevado Rajuntay (mayo)

Finalmente el mes de mayo, en estación de verano, facilito la expedición y la recolección de los datos, haciendo mención que se cumplió con el objetivo de ascender hasta los 5200 m.s.n.m, seguidamente comenzando una tormenta eléctrica con granizada en el área de trabajo; pero de igual manera se registró el dato del ángulo de radiación solar presentado en la **Tabla 15**

**Tabla 15.** Registro de datos de ángulo solar del Nevado Rajuntay en los meses de Marzo, Abril y Mayo – 2021

Fecha	Codificación del Punto	Coordenadas	Altitud (m.s.n.m)	Hora	Ángulo Solar (°)	Número de día de Año
23/03/21 Marzo	SUP-RU01	N: 8723268	5010	10:15	81	83
		E: 363724				
27/04/21 Abril	SUP-RU02	N: 8723119.1	5200	11:25	87	118
		E: 364004				
31/05/21 Mayo	SUP-RU03	N: 8723119.1	5200	09:00	71	152
		E: 364004				

Seguidamente, se estimó la capacidad de radiación solar energética emitida en los días de evaluación en el Nevado Rajuntay; se presenta en las siguientes líneas la ecuación empleada:

$$\text{Ecuación de Radiación Solar} = G_{on} = G_{sc} \left[ 1 + 0.033 \cos \left( \frac{360 \times n}{365} \right) \right]$$

$$\text{Número de orden del Año} = n$$

$$\text{Constante Solar} = G_{sc} = 1366 \frac{W}{m^2}$$

Además se sabe que:

$$1 \frac{W}{m^2} = 0.024 \frac{KWh}{m^2}$$

Fuente: [Entrena, \(2014\)](#)

Por complementariedad se aplicó la fórmula a cada uno de los datos obtenidos en el Nevado Rajuntay según su código y Fecha, transformándolos además en las unidades de medida de interés, siendo esta la de KWh/m<sup>2</sup>.

**Nevado Rajuntay – Radiación solar incidente registrada el 23 de marzo a nivel de campo:**

$$SUP - RU01 = 1366 \frac{W}{m^2} [1 + 0.033 \cos (\frac{360 \times 83}{365})]$$

$$SUP - RU01 = 1410.33 \frac{W}{m^2}$$

$$SUP - RU01 = \frac{1410.33 \frac{W}{m^2} \times 0.024 \frac{KWh}{m^2}}{1 \frac{W}{m^2}}$$

$$SUP - RU01 = 33.84 \frac{KWh}{m^2}$$

**Nevado Rajuntay – Radiación solar incidente registrada el 27 de abril a nivel de campo:**

$$SUP - RU02 = 1366 \frac{W}{m^2} [1 + 0.033 \cos (\frac{360 \times 118}{365})]$$

$$SUP - RU02 = 1321.39 \frac{W}{m^2}$$

$$SUP - RU02 = \frac{1321.39 \frac{W}{m^2} \times 0.024 \frac{KWh}{m^2}}{1 \frac{W}{m^2}}$$

$$SUP - RU02 = 31.71 \frac{KWh}{m^2}$$

**Nevado Rajuntay – Radiación solar incidente registrada el 31 de mayo a nivel de campo:**

$$SUP - RU03 = 1366 \frac{W}{m^2} [1 + 0.033 \cos (\frac{360 \times 152}{365})]$$

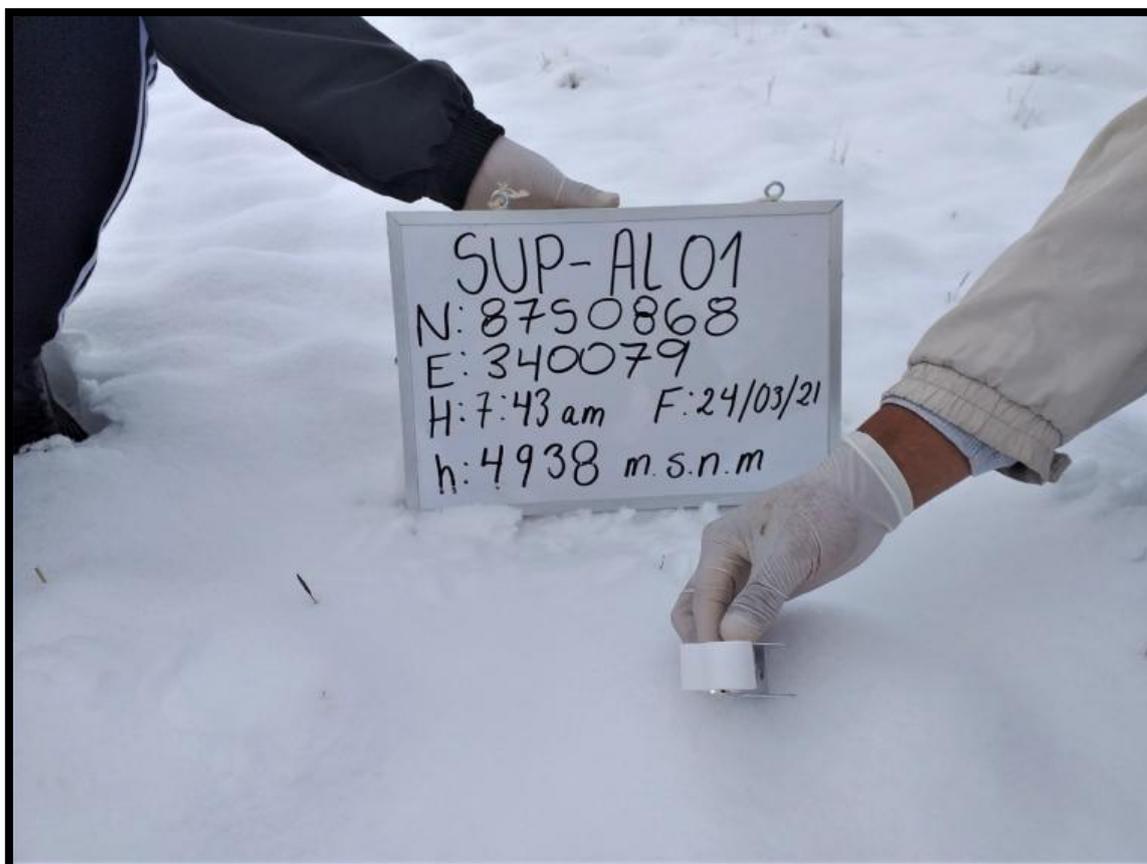
$$SUP - RU03 = 1394.77 \frac{W}{m^2}$$

$$SUP - RU03 = \frac{1394.77 \frac{W}{m^2} \times 0.024 \frac{KWh}{m^2}}{1 \frac{W}{m^2}}$$

$$SUP - RU03 = 33.47 \frac{KWh}{m^2}$$

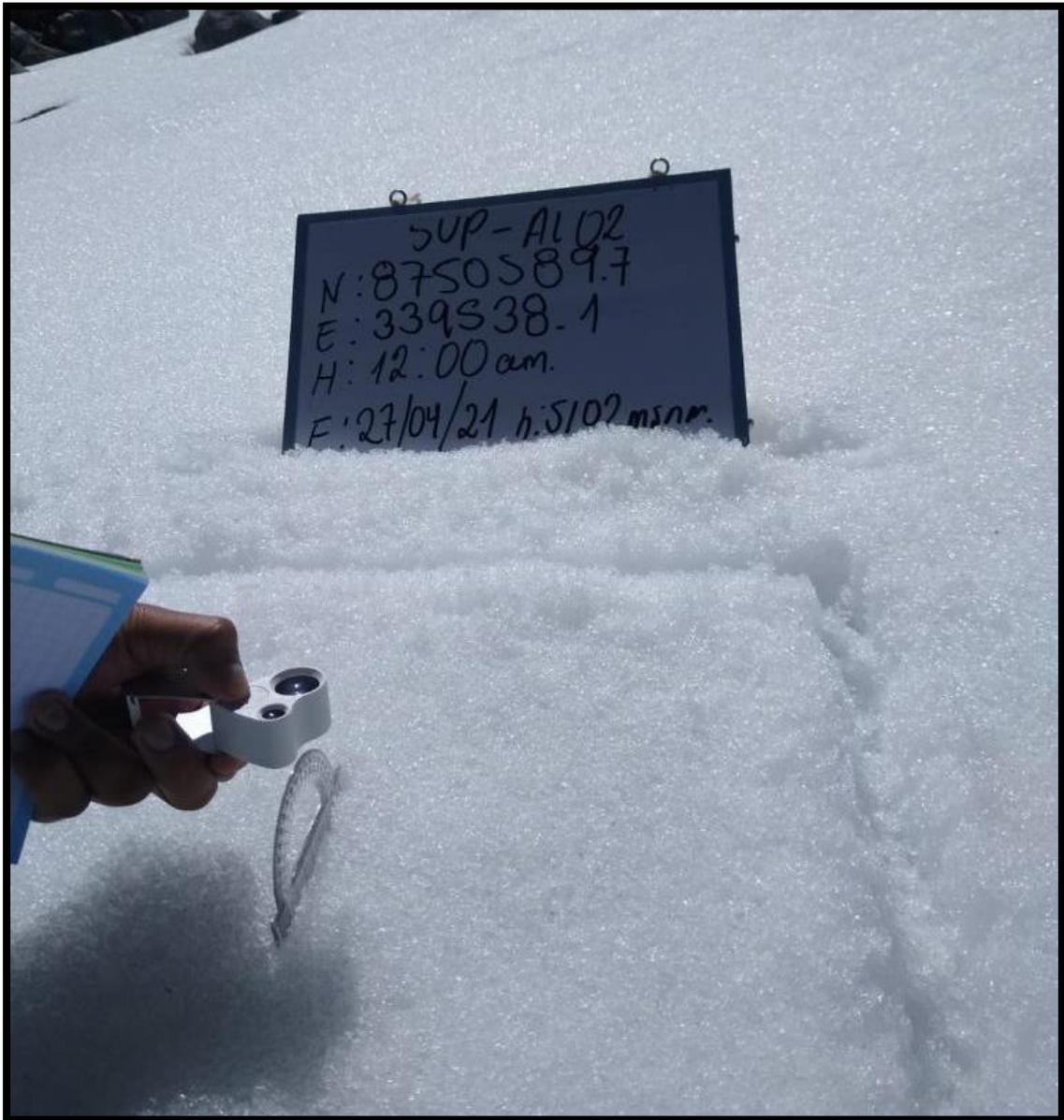
Así, es como se logró hallar la radiación solar específica de cada uno de los días de evaluación, además se debe aclarar que a nivel de campo el Nevado Rajuntay para el día 23 del mes de marzo, solo recibía mínimos rayos solares sobre la cobertura glaciar, debido al alto espesor que tenían las nubes, lo cual fue recurrente por todo el transcurrir del día. Por otra parte, el día 27 del mes de abril fue un caso distinto, ya que durante todo el día desde que comenzó a hacerse de día contábamos con la compañía del Sol, con bajo espesor de nubes sobre la zona. Y para finalizar el 31 de mayo fue el que más variabilidad climática presento con lo que respecta a apreciaciones en el lugar, es decir a la hora de llegada, se encontró una neblina sumamente densa, que impedía divisar el camino de forma adecuada, seguidamente se presentó el sol por al menos 4 horas, lo que cambio a partir de las 02:00 pm, convirtiéndose en una tormenta eléctrica, acompañada de granizada.

De igual forma que lo presentado anteriormente para el Nevado Rajuntay ahora en las siguientes **Figura 21**, **Figura 22** y **Figura 23** se presentan los trabajos realizados a nivel de campo en los meses de marzo, abril y mayo en el Nevado Alcoy.



**Figura 21.** Ángulo solar en punto de coordenadas N: 8750868 y E: 340079 en el Nevado Alcoy (marzo)

Caracterizando el monitoreo realizado en marzo para el Nevado Alcoy, como es de esperarse por la estación climática de invierno, las condiciones fueron peores que para el anterior Nevado, debido a que el traslado consto de aproximadamente 2 horas y media, en plena nevada y granizada, llegando al punto de inicio de la expedición (Laguna Cauquismachay), con malestares propio de la altura, se debe añadir también que el ascenso fue complejo debido a la cobertura de nieve de 15 cm sobre el suelo, así se caminaron 3 horas hasta llegar al punto más alto con accesibilidad a 4938 m.s.n.m, seguidamente, se registró el dato del ángulo de Radiación solar, que será presentado en la **Tabla 16**



**Figura 22.** Ángulo solar en punto de coordenadas N: 8750589.7 y E: 339538.1 en el Nevado Alcoy (abril)

Con cambios significativos en abril, el día de llegada al Nevado fue totalmente distinto al mes anterior (Cambio de Invierno – verano), de esta manera la expedición se logró llevar a cabo con una mejor visibilidad de los senderos conductores hacia la parte alta de este, consecuentemente durante todo el camino fuimos acompañados de brillo solar y con baja densidad de nubes, cabe mencionar que hubo un error al momento de transcribir los datos en la pizarra colocando la fecha de día anterior 27/04/21 siendo la real el 28/04/21, aclarado esto, sin complicaciones se obtuvieron los datos y son presentados en la **Tabla**



**Figura 23.** Ángulo solar en punto de coordenadas N: 8750589.7 y E: 339538.1 en el Nevado Alcoy (mayo)

Así, el único mes de cambio en las fechas de monitoreo se efectuó en mayo, puesto que se acudió primero al Nevado Alcoy y posteriormente al Nevado Rajuntay en este sentido la fecha de evaluación fue el 30/05/21 respectivamente; a temperaturas bajas de aproximadamente 5°C y 8°C, con poca presencia de nubes y alto brillo solar, durante poco más de 3 horas se lograron extraer las muestras y los datos de ángulo solar a una altura de 5100 m.s.n.m, A nivel de campo no, se presentó ningún tipo de anomalías climáticas que puedan influir en el trabajo, en este sentido los datos de Radiación solar se presentaran en la **Tabla 16**

**Tabla 16.** Registro de datos de ángulo solar del Nevado Alcoy en los meses de marzo, abril y mayo – 2021

Fecha	Codificación del Punto	Coordenadas	Altitud (m.s.n.m)	Hora	Ángulo Solar (°)	Número de día de Año
24/03/21 Marzo	SUP-AL01	N: 8750868	4938	07:43	52	84
		E: 340079				
28/04/21 Abril	SUP-AL02	N: 8750589.7	5102	12:00	89	119
		E: 339538.1				
30/05/21 Mayo	SUP-AL03	N: 8750589.7	5102	11:10	86	151
		E: 339538.1				

En este contexto se operó con la misma ecuación interpuesta con anterioridad para conocer los datos de irradiación solar sobre la superficie terrestre en las fechas de expedición sobre el Nevado Alcoy, donde serán separados según su codificación.

**Nevado Alcoy – Radiación solar incidente registrada el 24 de marzo a nivel de campo:**

$$SUP - AL01 = 1366 \frac{W}{m^2} \left[ 1 + 0.033 \cos \left( \frac{360 \times 84}{365} \right) \right]$$

$$SUP - AL01 = 1383.67 \frac{W}{m^2}$$

$$SUP - AL01 = \frac{1383.67 \frac{W}{m^2} \times 0.024 \frac{KWh}{m^2}}{1 \frac{W}{m^2}}$$

$$SUP - AL01 = 33.21 \frac{KWh}{m^2}$$

**Nevado Alcoy – Radiación solar incidente registrada el 28 de abril a nivel de campo:**

$$SUP - AL02 = 1366 \frac{W}{m^2} [1 + 0.033 \cos (\frac{360 \times 119}{365})]$$

$$SUP - AL02 = 1346.81 \frac{W}{m^2}$$

$$SUP - AL02 = \frac{1346.81 \frac{W}{m^2} \times 0.024 \frac{KWh}{m^2}}{1 \frac{W}{m^2}}$$

$$SUP - AL02 = 32.32 \frac{KWh}{m^2}$$

**Nevado Alcoy – Radiación solar incidente registrada el 30 de mayo a nivel de campo:**

$$SUP - AL03 = 1366 \frac{W}{m^2} [1 + 0.033 \cos (\frac{360 \times 151}{365})]$$

$$SUP - AL03 = 1352.93 \frac{W}{m^2}$$

$$SUP - AL03 = \frac{1352.93 \frac{W}{m^2} \times 0.024 \frac{KWh}{m^2}}{1 \frac{W}{m^2}}$$

$$SUP - AL03 = 32.47 \frac{KWh}{m^2}$$

Dentro del mismo contexto, en el Nevado Alcoy se identificó la tasa de radiación solar incidente dentro del marco de los días en los que se realizó el monitoreo, para esto, se debe tener en cuenta que el día 24 de marzo el área se encontraba en plena etapa invernal, aclarando que la nieve hizo acto de presencia desde el centro poblado Marcapomacocha hasta el punto inicial de la expedición (Parte baja del Nevado Alcoy – Laguna Cauquismachay), como era de esperarse, la presencia de brillo solar desde la hora de inicio de la expedición fue nula, a esto se debe añadir que la cobertura de nieve desde la parte baja en ascenso tenía una superficie de 15 cm sobre el suelo, causando alta dificultad en la caminata,

con el pasar de los minutos y horas, se comenzaron a percibir brillos solares desde las 10:40 am (+/- 10 minutos), para lo cual se estaba finalizando la expedición; Por otra parte, la temática de la expedición del día 28 de abril fue en condiciones totalmente distintas, con una alta demanda de radiación solar sensitiva, en ese contexto la obtención del dato de ángulo solar se dio con mayor facilidad, aclarando también que las partes bajas carecían de cobertura de nieve, para lo cual, al ascenso necesariamente se le tuvieron que agregar 100 metros de diferencia para llegar a la cobertura glaciaria. Por último, la expedición del 30 de mayo tuvo un tanto de similitud al realizado el mes pasado, es decir, se encontraron condiciones favorables para el ascenso, teniendo en cuenta que no se encontró presencia de nieve en las partes bajas, añadiendo también que se encontró un tanto de diferencia en la profundidad de la Laguna Cauquismachay, asumiendo que se debe a la escasez de precipitaciones por las fechas, apoyando esta teoría en que la presencia de brillos solares fue constante por todo el día, facilitando también la toma de datos, cabe aclarar que durante las 3 expediciones realizadas en el Nevado Alcoy, en ninguna se logró identificar precipitaciones.

## **Evaluación de cambios en la condición y abastecimiento del régimen hidrológico**

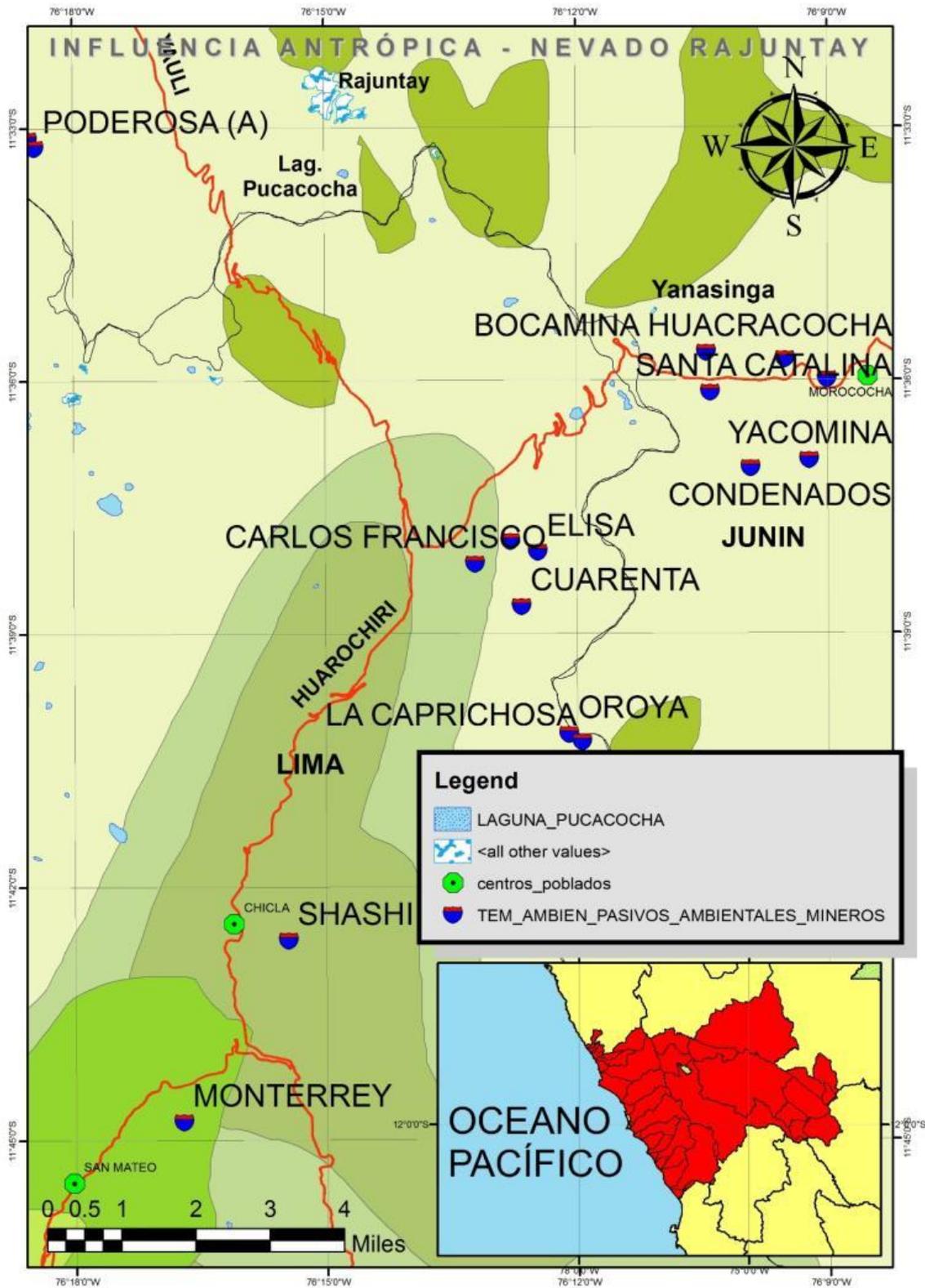
Dentro del marco en el trabajo de campo realizado en ambos lugares, existe un componente climático (hidrósfera) que discurre desde las zonas altiplánicas hasta las zonas costeras, desembocando en el mar y cumpliendo una gran cantidad de roles en el transcurso de su llegada inicio – fin de su ciclo. Así mismo, fueron reconocidas diversas apreciaciones a nivel de campo, tanto de manera autónoma como por parte de pobladores y trabajadores encargados de seguimientos y cuidados de los mismos.

Las consideraciones que se tuvieron al momento de identificar desequilibrios en los cuerpos de agua, fueron dados por diferentes parámetros cuantitativos y cualitativos, por lo cual, al momento de realizar el trabajo de gabinete, se tuvieron en cuenta estos indicios. La diferencia en la coloración de ambos cuerpos de agua fue a primera impresión reflejo de la presencia de algún factor externo, corroborándolo seguidamente con mediciones que se realizaron, no obstante, solo uno de los cuerpos de agua presentó anomalías, que evidentemente poseían una causa, la cual determinadamente se le atribuye al asentamiento de pasivos mineros que por defecto se encuentran interconectados con las lagunas evaluadas, es decir, los efluentes nacientes de las actividades mineras, con o sin tratamientos discurren su cauce hasta llegar a esta zona. Por otra parte, se debe añadir que la Laguna Cauquismachay posee un nexo con las lagunas de Marcapomacocha, ya que estas cuentan con presas para la regulación de sus descargas, además cuenta con canales de concreto que conducen dicho caudal hasta las zonas bajas desembocando en el Río Chillón abasteciendo los distritos de Huaros, Obrajillo, Canta, Santa Rosa de Quivez y parte de Lima metropolitana.

A todo esto, se objetó por parte del personal de fiscalización de la entidad Sedapal, que las condiciones fisicoquímicas de la Laguna Cauquismachay (Nevado Alcoy) tienen un alto grado de pureza y estabilidad; lo que en contraparte para la Laguna Pucacocha (Nevado Rajuntay) se atribuyó una contaminación por metales pesados. Fortaleciendo lo mencionado se presentan en la **Figura 24** y **Figura 25** la proximidad de pasivos mineros en cada Nevado.



**Figura 24.** Influencia Antrópica sobre el Nevado Alcoy



**Figura 25.** Influencia Antrópica sobre el Nevado Rajuntay

En el marco elaborado en la **Figura 24**. Donde se puede evidenciar el Nevado Alcoy, siendo este el nevado con mayor proximidad a la carretera interpuesta desde Lima metropolitana, Santa Rosa de Quivez, Canta, Obrajillo, Huaros y llegando hasta las zonas altas, pasando por la cordillera la Viuda interponiendo también el ascenso a las zonas altiplánicas por áreas reconocidas en la actualidad como turísticas con alto potencial de tránsito vehicular, pasando por las lagunas denominadas Chuchon, Cabeza de León y Laguna de 7 colores. Continuando el camino se pueden apreciar la operatividad del proyecto de mantenimiento y asfaltado de la carretera, que conduce hacia la zona centro del país, además de interconectarse con la carretera proveniente de Marcapomacocha – Yantac. Otra apreciación es la proximidad de solo 1 pasivo minero llamado “ALPAMARCA”, el cual puede tener algún tipo de efecto adverso sobre la Laguna Cauquismachay, ya que por defecto las zonas de acumulación y distribución del recurso hídrico se dan en esta laguna y las de Marcapomacocha.

De igual forma en la **Figura 25**. Así se puede apreciar la clara influencia que logra tener la minería sobre los efluentes que discurren por la Laguna Pucacocha (Nevado Rajuntay), encontrando que existen asentados sobre la zona, al menos 13 pasivos mineros desde Monterrey, Shashi, La Caprichosa, Oroya, Elisa, Cuaterna, Carlos Francisco, Condenados, Yacomina, Santa Catalina, Bocamina, Huachacocha y la Poderosa; teniendo un claro efecto adverso sobre el pH básico de esta laguna, además superponiéndose en la coloración de esta, adquiriendo un color arcilloso de manera constante, lo que no es un efecto adverso de las precipitaciones, ya que en temporadas de verano (escasez de precipitaciones), permanece con la misma apariencia y el mismo pH. Se debe tener en cuenta de igual forma que la laguna Pucacocha es fuente de abastecimiento hidrológico para las personas asentadas en el lugar, además de proveer a la fauna endémica de todo el valle.

En este sentido, mediante un orden codificado se presentaron todos los monitoreos de parámetros in situ en aguas superficiales de ambas lagunas estudiadas, posteriormente fueron separadas en base a su ubicación para la elaboración de un análisis esquematizado del comportamiento de ambos parámetros considerados a nivel de campo, de esta forma en la **Figura 26**,

**Figura 27** y **Figura 28** se presentan los procedimientos realizados en la laguna Pucacocha.



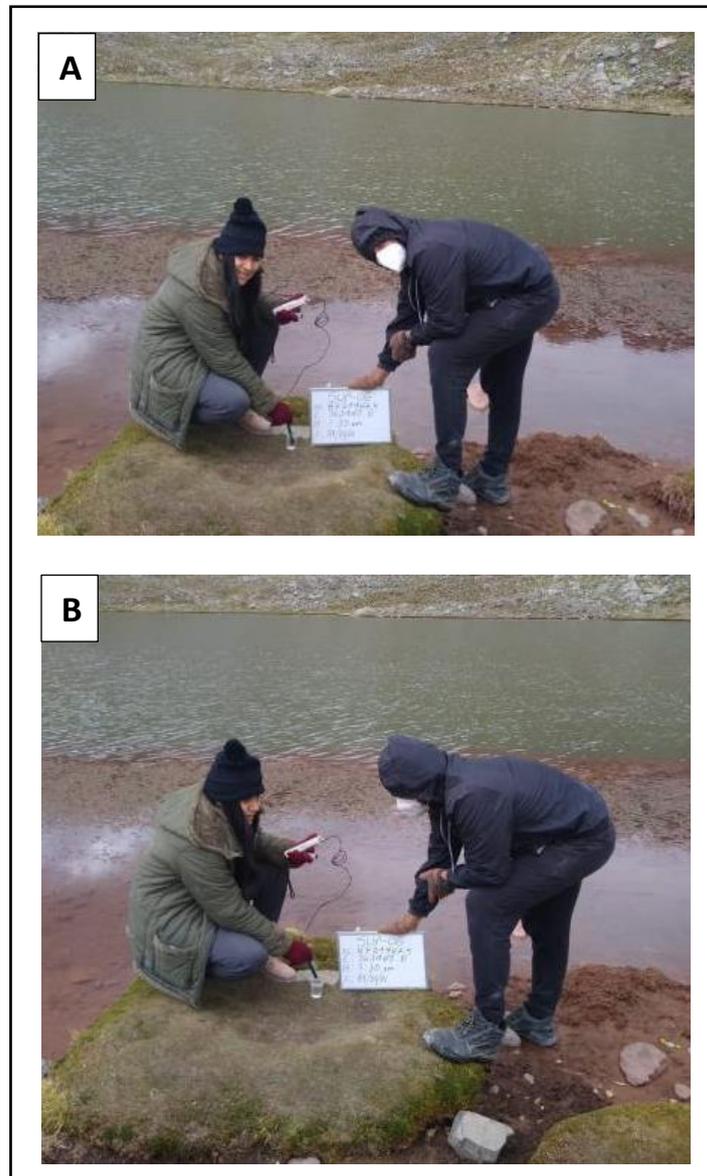
**Figura 26.** Medición de parámetros in situ de agua superficial en la laguna Pucacocha – Codificación SUP-01 mes de marzo a coordenadas N: 8721989 y E: 363964

Donde en **A** se logra apreciar el armado práctico del pH metro, **B** se logra demostrar las coordenadas del punto, altitud, hora y fecha de medición de parámetros in situ y por último en **C** se evidencia la toma de datos con el equipo y el apunte de los mismos. En las tres imágenes, se aprecia la coloración arcillosa que posee el agua de la Laguna Pucacocha, puesto que uno de los ingresos a este cuerpo de agua es proveniente de los efluentes mineros de la zona Oroya y Ticlio, dentro de este contexto los datos obtenidos fueron debidamente anotados y se encuentran suscritos en la **Tabla 17**.



**Figura 27.** Medición de parámetros in situ de agua superficial en la laguna Pucacocha – Codificación SUP-03 mes de abril a coordenadas N: 8751415 y E: 341417

En donde se identifica en **A** la medición de la temperatura del agua con el pH metro, seguidamente en **B** la medición del pH de la muestra de agua y para finalizar en **C** se aprecia las coordenadas del punto, altitud, hora y fecha de medición de parámetros in situ. Haciendo mención en que a 1 mes transcurrido del primer monitoreo la coloración de la Laguna permanece con la misma tonalidad. Según los datos tomados, estos se presentan en la **Tabla 17**.



**Figura 28.** Medición de parámetros in situ de agua superficial en la laguna Pucacocha – Codificación SUP-06 mes de mayo a coordenadas N: 8751415 y E: 341417

Apreciando que en **A** se realiza la medición de la temperatura del agua, seguidamente en **B** la medición del pH de la muestra de agua. Dando cabida también a una baja en la intensidad de la coloración arcillosa del agua superficial

de la Laguna Pucacocha, no obstante, al realizar las mediciones se encontró una elevación del pH los resultados se presentan en la **Tabla 17**.

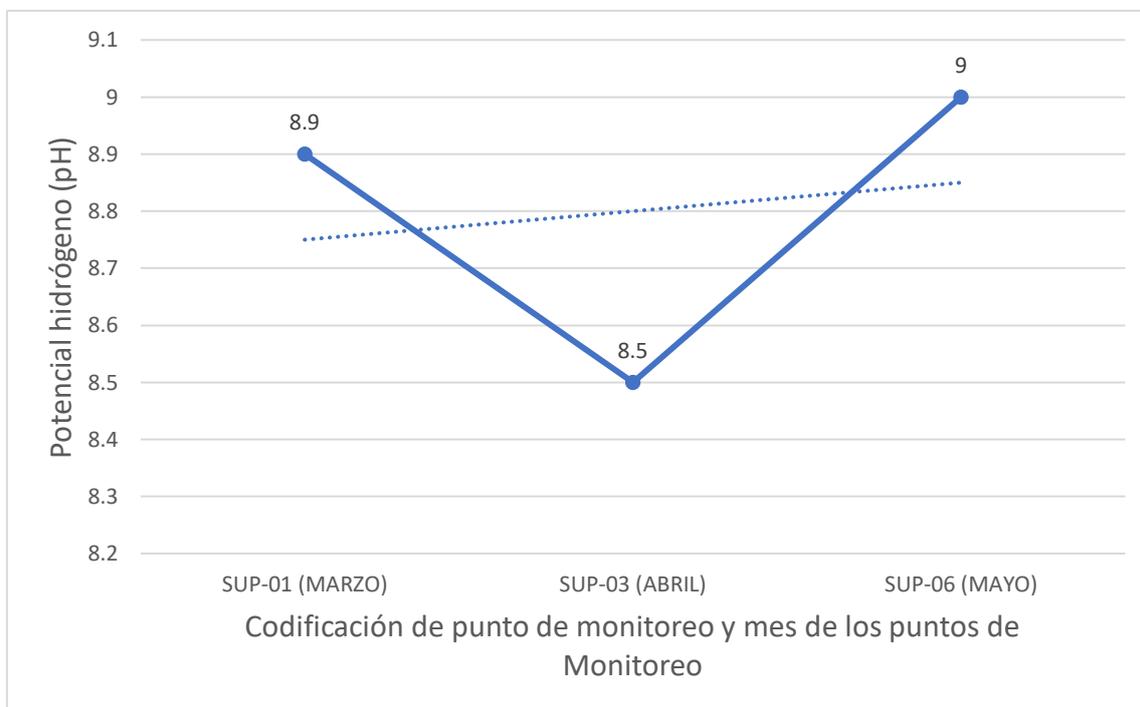
Consecutivamente, el proceso de ordenamiento de datos, se realizó a los meses de marzo, abril y mayo, los puntos de evaluación fueron codificados por cada expedición, para la medición de los parámetros in situ (pH y Temperatura). En este sentido, se presentan en la **Tabla 17** el seguimiento de la Laguna Pucacocha.

**Tabla 17.** Monitoreo de parámetros in situ de la Laguna Pucacocha – Mes de marzo, abril y mayo (Nevado Rajuntay)

Fecha	Codificación del Punto	Coordenadas	Altitud (m.s.n.m)	Hora	pH	Temperatura (°C)
23/03/21 Marzo	SUP-01	N: 8721989	4773	12:39	8.9	6.8
		E: 363964			8.8	6.3
					8.9	6.5
27/04/21 Abril	SUP-03	N: 8751415	4773	08:58	8.4	5.9
		E: 341417			8.5	5.6
					8.6	5.7
31/05/21 Mayo	SUP-06	N: 8721987.4	4773	07:30	9.0	8.0
		E: 363987.8			8.9	8.1
					8.6	7.6

Así mediante la **Tabla 17**, se logró representar las cuantificaciones recaudadas a nivel de campo en la Laguna Pucacocha de forma conjunta con la expedición para toma de muestras de nieve.

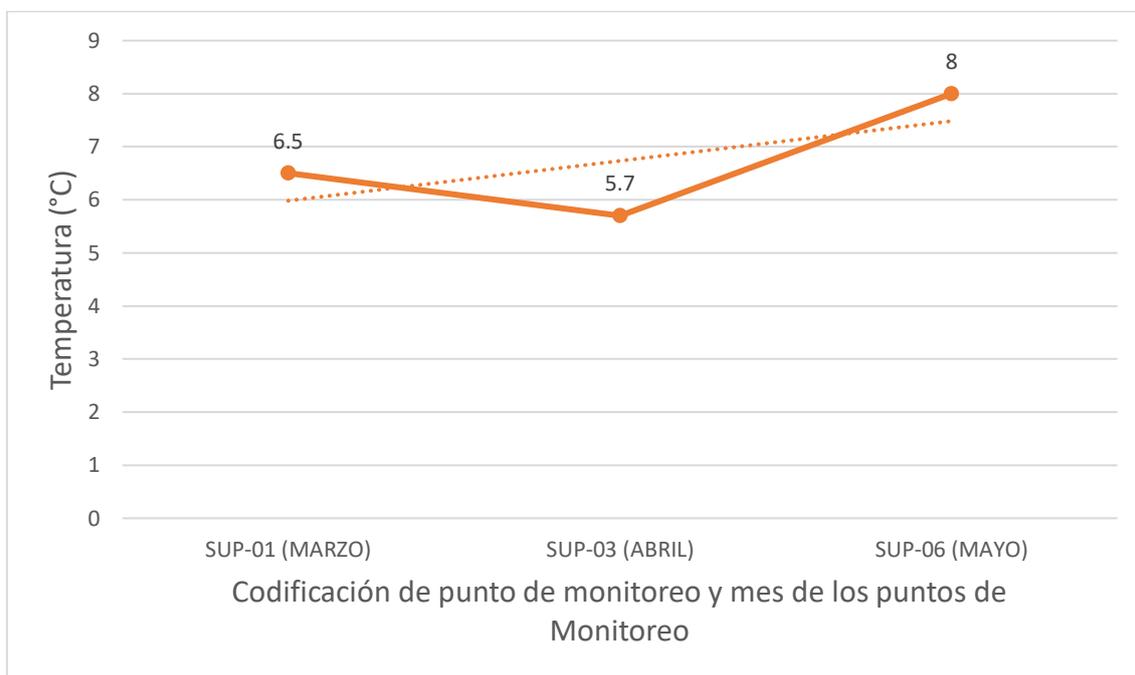
En base a los datos presentados, se realizó los **Gráfico 13** y **Gráfico 14** esquematizando los datos del comportamiento paralelo del pH y la temperatura (°C).



**Gráfico 13.** Monitoreo trimestral de Potencial Hidrógeno (pH) en agua superficial de la Laguna Pucacocha (Nevado Rajuntay)

Durante los meses de evaluación, se recopiló una serie de datos capaces de transmitir un indicio de lo que acontece en el lugar, dando cabida a posibles hipótesis, en este sentido, inicialmente se asumió que la coloración arcillosa de la Laguna era característica de la temporada, por las precipitaciones y consecutivos deslizamientos de terrones arcillosos que con normalidad se homogenizan en los cuerpos de agua cambiando la coloración de estos; seguidamente la apreciación de los fiscalizadores del lugar era diferente, sindicaron que dicha coloración se da debido a los efluentes provenientes de las zonas mineras aledañas a Ticlio y la Oroya, que corroborado mediante un modelamiento espacial se encontraron varios pasivos mineros; así entonces, se

aprecia que una efecto adverso de las actividades mineras se ve reflejado en la estabilidad fisicoquímica del agua encontrado que los valores de pH tuvieron un cambio oscilante entre 8.5 (abril), 8.9 (marzo) y 9.0 (mayo), donde se demuestra una tasa de dureza; que apoya la hipótesis de presencia de metales pesados a causa del discurrimento de efluentes por los cauces.



**Gráfico 14.** Monitoreo trimestral de temperatura (°C) en agua superficial de la Laguna Pucacocha (Nevado Rajuntay)

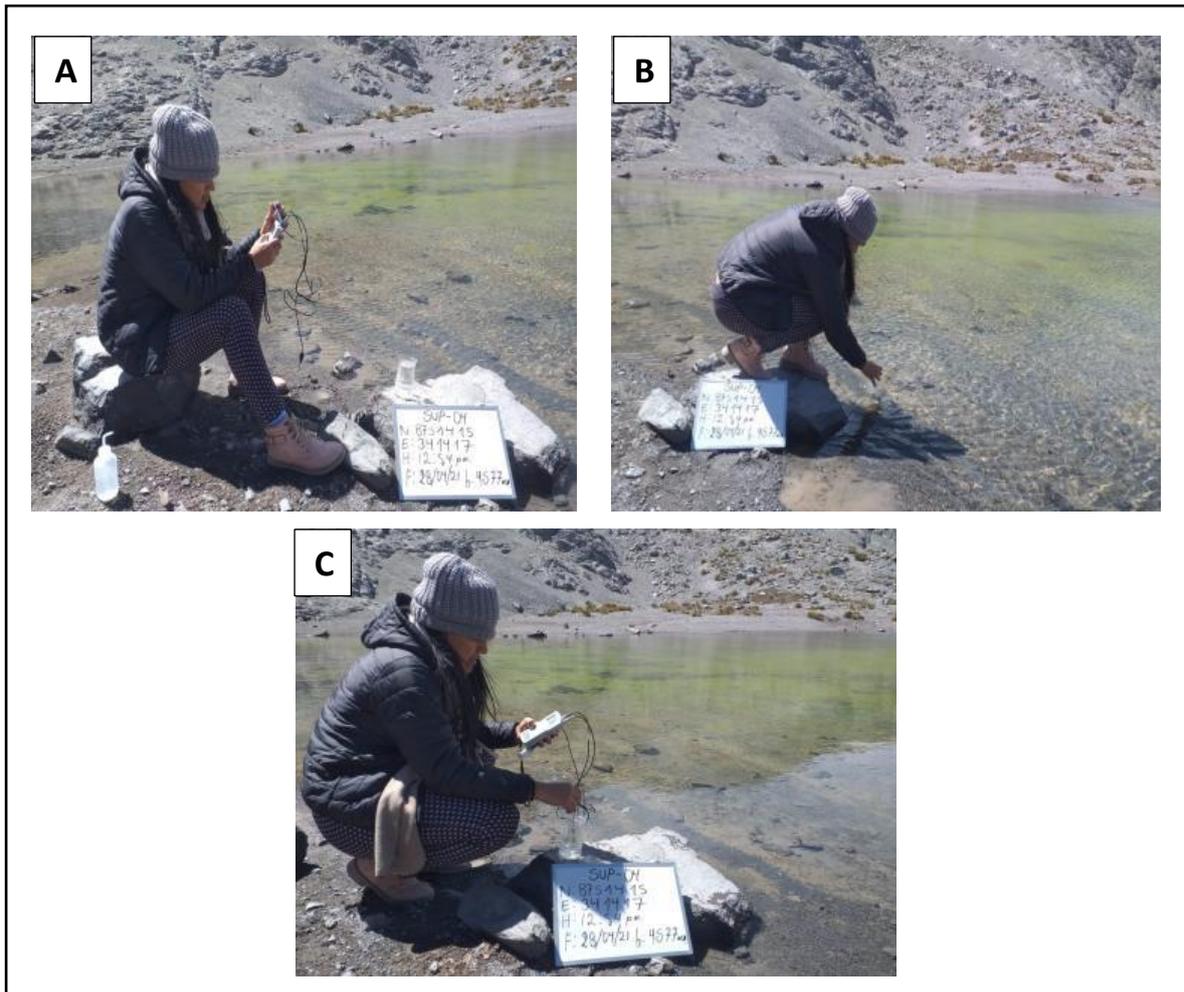
Donde se refleja un cambio común, en base a las temporadas del trabajo de campo, determinando que la temperatura de la Laguna es dependiente del factor climático, considerando que para el mes de marzo se hallaron temperaturas en el agua de 6.5°C tomando dicha muestra a las 12:39 pm, por otra parte, en el mes de abril se presentó un decaimiento en la temperatura con 5.7°C, debido a que la muestra se tomó a las 08:58 am con una sensación ambiental mucho más fría y por último, el mes de mayo presento un promedio de 8.0 °C considerando que la muestra fue tomada a las 07:30 am donde la sensación climática es la más fría, concluyendo que la temperatura demostró un incremento en los 3 meses de monitoreo, reflejados en la línea de tendencia creciente.

De forma paralela se presentan en la **Figura 29, Figura 30** y **Figura 31** los procedimientos realizados en los monitores a la Laguna Cauquismachay.



**Figura 29.** Medición de parámetros in situ de agua superficial en la laguna Cauquismachay – Codificación SUP-02 mes de marzo a coordenadas N: 8751415 y E: 341919

Así en **A** se realizó el armado práctico del pH metro, **B** se evidencia la toma de datos de pH en 3 tiempos con el equipo y el apunte de los mismos. Consecuentemente en **C** se realizaron las lecturas de la temperatura de la muestra de agua en 3 tiempos y finalmente en **D** se logra demostrar las coordenadas del punto, altitud, hora y fecha de medición de parámetros in situ. Los datos se presentan en la **Tabla 18**.



**Figura 30.** Medición de parámetros in situ de agua superficial en la laguna Cauquismachay – Codificación SUP-04 mes de abril a coordenadas N: 8751415 y E: 341417

Dentro de los mismos procesos realizados con anterioridad en **A** se procede al armado del pH metro, seguidamente en **B** se aprecia la toma de una muestra de agua y por último **C** se aprecia la medición de parámetros in situ. Según los datos tomados, estos se presentan en la **Tabla 18**.



**Figura 31.** Medición de parámetros in situ de agua superficial en la laguna Cauquismachay – Codificación SUP-05 mes de mayo a coordenadas N: 8751415 y E: 341417

En el mismo caso para A se identifica la medición del parámetro in situ del pH a 3 tiempos y por otra parte en B se realiza la medición la temperatura igual que en todos los procesos a 3 tiempos. Según los datos recolectados, estos se presentan en la **Tabla 18**.

Luego de realizar los levantamientos de datos pertinentes, se procedió a establecer un orden de los meses de marzo, abril y mayo, por lo cual los puntos de evaluación fueron codificados para la medición de los parámetros in situ (pH

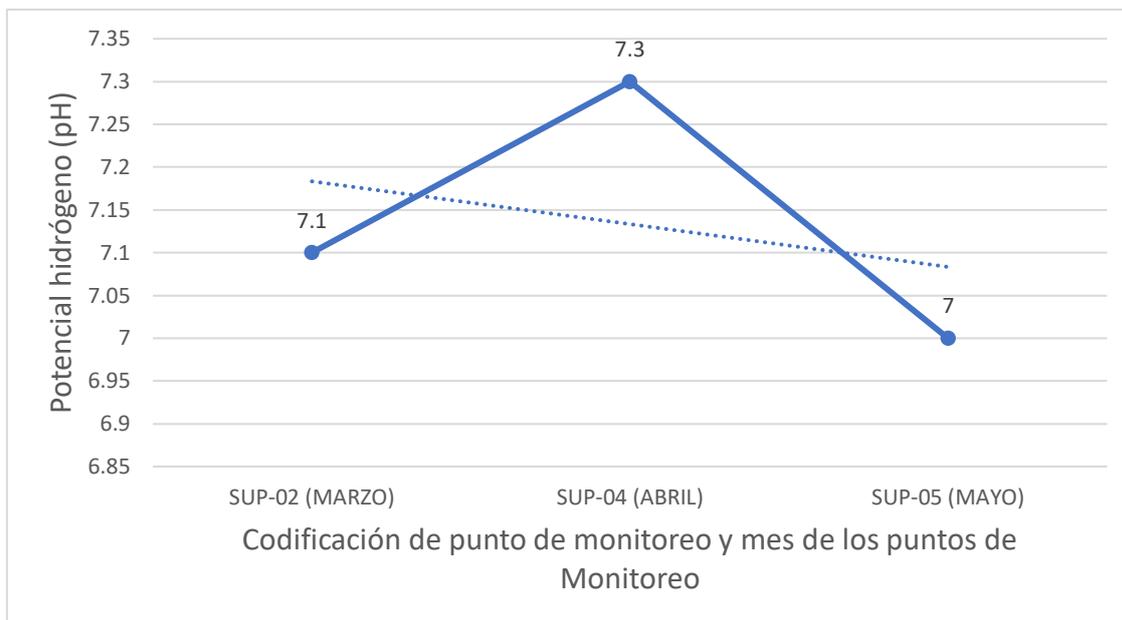
y Temperatura). En este sentido, se presentan en la **Tabla 18** el seguimiento de la Laguna Cauquismachay.

**Tabla 18.** Monitoreo de parámetros in situ de la Laguna Cauquismachay – Mes de marzo, abril y mayo (Nevado Alcoy)

Fecha	Codificación del Punto	Coordenadas	Altitud (m.s.n.m)	Hora	pH	Temperatura (°C)
24/03/21 Marzo	SUP-02	N: 8751415	4579	08:40	7.1	8.8
		E: 341919			7.2	8.2
					7.1	8.4
28/04/21 Abril	SUP-04	N: 8751415	4577	12:54	7.0	6.9
		E: 341417			7.0	6.9
					7.3	6.9
30/05/21 Mayo	SUP-05	N: 8751415	4577	07:10	7.0	9.3
		E: 341417			6.9	8.9
					7.0	9.0

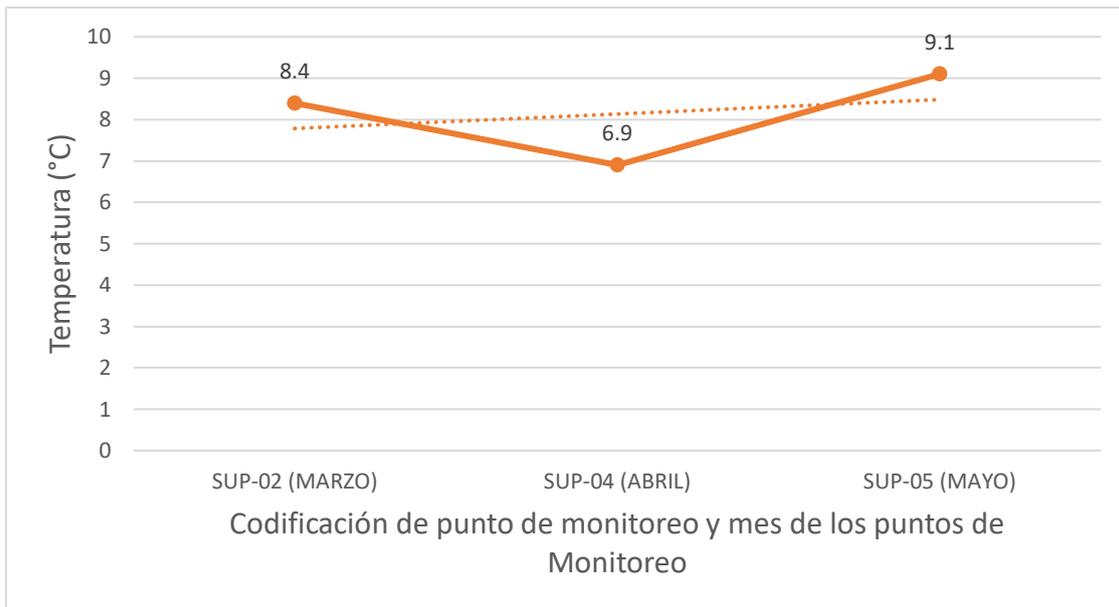
Según lo sintetizado en la **Tabla 18** anteriormente presentada se clasificaron desde las fechas, altitudes y horas exactas donde fueron recaudados los datos.

Consecutivamente en función a los datos obtenido se presentarán los **Gráfico 15** y **Gráfico 16**, donde se esquematizó el comportamiento simultaneo del pH y la temperatura (°C).



**Gráfico 15.** Monitoreo trimestral de Potencial Hidrógeno (pH) en agua superficial de la Laguna Cauquismachay (Nevado Alcoy)

A primera impresión la Laguna Cauquismachay es un cuerpo de agua con un nivel de translucidez sumamente alto, donde se puede apreciar sin ningún problema la vegetación y fauna endémica; cabe mencionar que en el área existe personal asistente de la entidad Sedapal, los mismos que aluden la realización de un monitoreo de agua superficial trimestral por parte de la entidad mencionada, donde se fiscalizan agentes biológicos y fisicoquímicos, esta operación se realiza debido a que el agua de esta laguna es destinada exclusivamente para consumo humano, cuenta con una presa artificial con la finalidad de reducir el caudal de salida de la laguna, abasteciendo diferentes centros poblados antes de desembocar en el Río Rímac en las partes bajas donde pasa por un tratamiento primario y secundario con la finalidad de eliminar todas las impurezas captadas al discurrir por los diferentes cauces; como era de esperarse se encontró un rango de pH oscilante entre 7.1, 7.3 y 7.0 durante los monitoreo a nivel de campo en los meses de marzo, abril y mayo respectivamente, identificando la buena calidad de agua, apta para consumo humano.



**Gráfico 16.** Monitoreo trimestral de temperatura (°C) en agua superficial de la Laguna Cauquismachay (Nevado Alcoy)

De igual manera se evidencia un cambio normal, en base a las temporadas del trabajo de campo, determinando que la temperatura de la Laguna Cauquismachay es dependiente del factor climático, considerando que para el mes de marzo se hallaron temperaturas en el agua de 8.4°C tomando dicha muestra a las 08:40 am teniendo en cuenta que el brillo solar era carente en ese momento y la sensación térmica era fría, por otra parte, en el mes de abril se presentó un decaimiento en la temperatura con 6.9°C, demostrando una anomalía ya que la muestra se tomó a las 12:54 pm con una sensación ambiental relativamente fresca con poco brillo solar y por último, el mes de mayo presentó un promedio de 9.0 °C considerando que la muestra fue tomada a las 07:10 am donde la sensación climática es la más fría, concluyendo que la temperatura demostró un incremento en los 3 meses de monitoreo, reflejados en la línea de tendencia creciente.

Un proceso similar se realizó para la evaluación del abastecimiento hidrológico con las mediciones correspondientes de los caudales emergentes o salientes de cada laguna. Para esto en la siguiente **Figura 32**, se presentan los seguimientos realizados al caudal de salida de la Laguna Pucacocha (Nevado Rajuntay) en los meses de marzo, abril y mayo respectivamente.



**Figura 32.** Medición de caudal emergente de la Laguna Pucacocha (Nevado Rajuntay) en los meses de marzo (A), abril (B) y mayo (C)

Mediante la realización de cada una de las evaluaciones de parámetros in situ de la Laguna Pucacocha, simultáneamente se realizaron seguimientos del caudal emergente de dicha laguna, en función a esto, la partición **A** señalizada en la **Figura 32** pertenece a una parte, del monitoreo de caudal realizado en el mes de marzo, por otro lado, en **B** se observa parte del monitoreo de caudal

realizado en el mes de abril; finalmente en **C** se logra apreciar un segmento del seguimiento al caudal para el mes de mayo a condiciones climáticas extremas.

De forma puntual, los datos de caudal recolectados en el seguimiento de la Laguna Pucacocha serán presentados en la **Tabla 19**, con la finalidad de realizar los cálculos de caudal correspondientes a cada uno de los meses, sumando indicios en los cambios que experimenta el ecosistema en base a la estación climática

**Tabla 19.** Datos de caudal tomados de la Laguna Pucacocha en los meses de marzo, abril y mayo (Nevado Rajuntay)

Fecha	Longitud (m)	T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)	Tp (s)	h (Altura (m))	b (Ancho (m))
23/03/21	10 m	20.31	20.10	20.42	20.27	1.2	1.8
27/04/21	10 m	35.80	32.10	38.30	35.40	0.9	1.8
31/05/21	10 m	26.46	28.50	27.10	27.35	0.8	1.8

En base al orden presentado en la **Tabla 19**, con los datos interpuestos según su característica se trabajó en la siguiente sección de cálculos donde se determinaron los caudales emergentes de la Laguna Pucacocha al momento del monitoreo realizado.

De esta manera, la ecuación empleada para la determinación del caudal, indica que **Q** es la corriente de agua que discurre desde un punto inicial hasta un punto final según las medidas establecidas por el autor del trabajo de campo, por otra parte **A** es denominado el área de trabajo de un punto simultáneo y **V** es el velocidad del flujo promedio medido en tiempo

$$Q = A \times V$$

**Fuente:** [Gómez, \(2017\).](#)

Cálculos del mes de **marzo** en la Laguna Pucacocha:

$$Q = 2.16 \text{ m}^2 \times \frac{10\text{m}}{20.27 \text{ s}}$$

$$Q = 2.16 \text{ m}^2 \times 0.49 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 1.0584 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \text{ (Siendo este el caudal en m}^3\text{)}$$

$$Q = 1.0584 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$

$$Q = 1058.4 \frac{\text{L}}{\text{s}} \text{ (Siendo este el caudal en L)}$$

Cálculos del mes de **abril** en la Laguna Pucacocha:

$$Q = 1.62 \text{ m}^2 \times \frac{10\text{m}}{35.40 \text{ s}}$$

$$Q = 1.62 \text{ m}^2 \times 0.28 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 0.4536 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \text{ (Siendo este el caudal en m}^3\text{ por segundo)}$$

$$Q = 0.4536 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$

$$Q = 453.6 \frac{\text{L}}{\text{s}} \text{ (Siendo este el caudal en L por segundo)}$$

Cálculos del mes de **mayo** en la Laguna Pucacocha:

$$Q = 1.44 \text{ m}^2 \times \frac{10\text{m}}{27.35 \text{ s}}$$

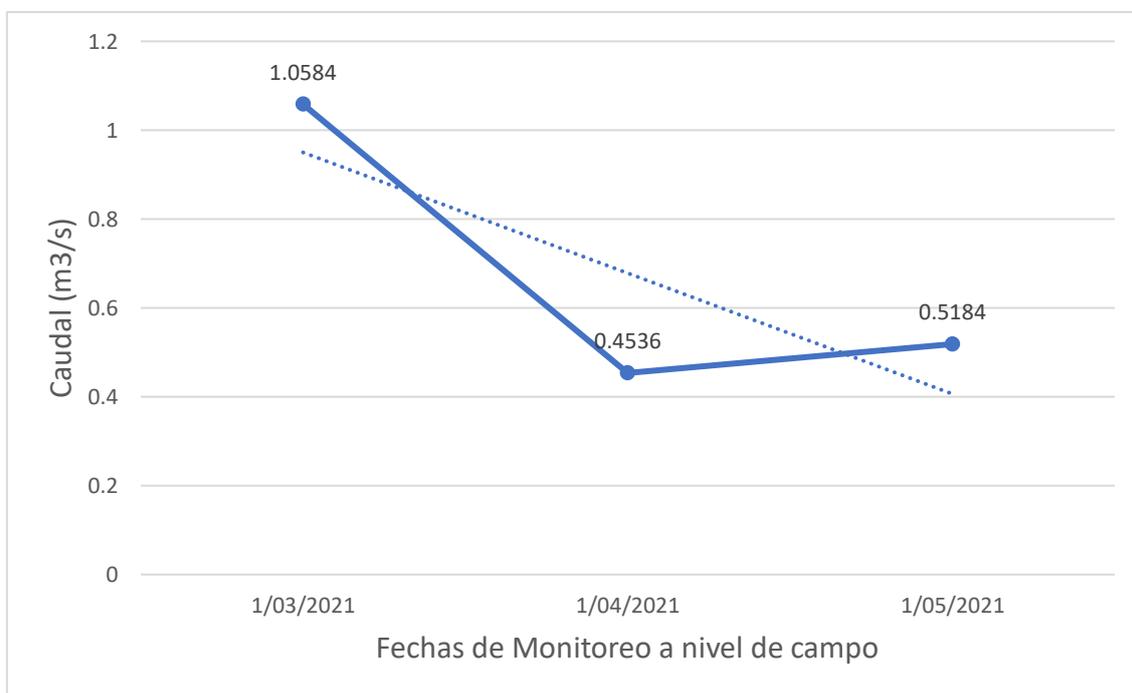
$$Q = 1.44 \text{ m}^2 \times 0.36 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 0.5184 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \text{ (Siendo este el caudal en m}^3\text{ por segundo)}$$

$$Q = 0.5184 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$

$$Q = 518.4 \frac{\text{L}}{\text{s}} \text{ (Siendo este el caudal en L por segundo)}$$

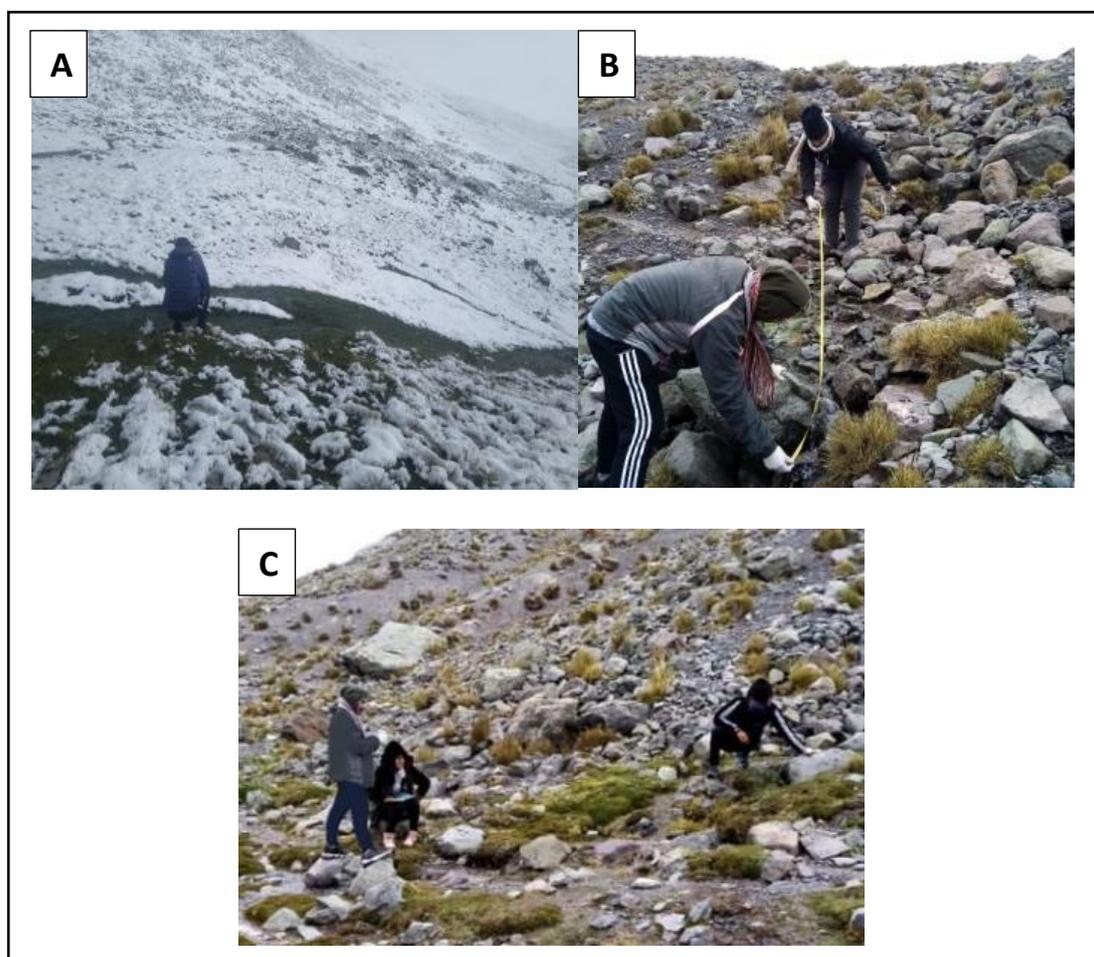
Luego de realizar los cálculos de cada uno de los meses evaluados; con dichos resultados se procedió a realizar el siguiente **Gráfico 17**, con la finalidad de interpretar el comportamiento del caudal emergente de la Laguna Pucacocha a lo largo de los 3 meses evaluados.



**Gráfico 17.** Comportamiento del caudal estimado en la Laguna Pucacocha por 3 meses de monitoreo (marzo, abril y mayo)

Las percepciones a nivel de campo fueron reflejadas en los cálculos estimados, debido a la crecida evidente del canal para el mes de marzo, lo que va de la mano con la demanda de las precipitaciones y la proximidad de la cobertura de nieve, dando cabida a la activación de filtraciones provenientes del Nevado estimando un caudal de 1.0584 m<sup>3</sup>/s, decreciendo para el mes de abril, tan solo apreciándolo por la escasez de nieve en las partes baja, la ausencia de filtraciones y la disminución de la profundidad del canal, decayendo el caudal a una disponibilidad hídrica de 0.4536 m<sup>3</sup>/s, por último, para el mes de mayo, no se logró percibir diferencia de forma cualitativa, pero la profundidad del canal efectivamente se había incrementado ligeramente, lo cual arrojó un caudal disponible de 0.5184 m<sup>3</sup>/s, no obstante, la denotación relevante es el decaimiento en la línea de tendencia central, reflejando el cambio de estación en el comportamiento del canal emergente de la Laguna Pucacocha.

De igual manera, se realizó la evaluación del abastecimiento hidrológico según los caudales emergentes de la Laguna Cauquismachay. En la siguiente **Figura 33**, se presentan los seguimientos realizados al caudal de una salida adyacente al canal conectado a la presa de dicha laguna (Nevado Alcoy), de igual forma los periodos de evaluación se dieron en los meses de marzo, abril y mayo respectivamente.



**Figura 33.** Medición de caudal emergente de la laguna Cauquismachay (Nevado Alcoy) en los meses de marzo (A), abril (B) y mayo (C).

Previamente a realizar la evaluación del caudal de la Laguna, se conversó la factibilidad de este proceso con encargados de la zona, los cuales manifestaron una negativa rotunda, debido a que la zona es peligrosa por la presa Cauquismachay, por ende, señalaron que existía otro canal donde se podría realizar la medición de caudales sin peligro alguno, efectivamente, las mediciones se dieron en esa área con la finalidad de obtener datos veraces y aproximados, en este sentido en la parte **A** señalizada en la **Figura 33** pertenece

a una parte, del monitoreo de caudal realizado en el mes de marzo donde la nieve tenía una profundidad de 15 centímetros, por otro lado, en **B** se observa parte del monitoreo de caudal realizado en el mes de abril donde la presencia de nieve era totalmente nula en esta zona, además el canal se encontraba semi-seco, debido a que en el momento se encontraban descargando agua de la presa ; finalmente en **C** se logra apreciar cualidades similares al mes de abril, no obstante nos encontrábamos en el mes de mayo donde la presencia del recurso fue menor aún.

Los datos de caudal que se obtuvieron en el seguimiento de la Laguna Cauquismachay serán presentados en la **Tabla 20**, posteriormente, se realizaron los cálculos de caudal correspondientes a cada uno de los meses como en el proceso anterior.

**Tabla 20.** Datos de caudal tomados de la Laguna Cauquismachay en los meses de Marzo, Abril y Mayo (Nevado Alcoy)

Fecha	Longitud (m)	T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)	Tp (s)	h (Altura (m))	b (Ancho (m))
24/03/21	10 m	15.0	14.0	14.0	14.3	0.23 m	0.74 m
28/04/21	10 m	14.0	17.0	20.0	17.0	0.20 m	0.7 m
30/05/21	10 m	17.0	18.0	20.0	18.3	0.10 m	0.65 m

Con referencia al orden presentado en la **Tabla 20** con los mismos datos se trabajó en la siguiente sección de cálculos donde se identificaron los caudales de la Laguna Cauquismachay con los mismos procesos realizados para la Laguna anterior, es decir, se empleó la ecuación del caudal.

Cálculos del mes de **marzo** en la Laguna Cauquismachay:

$$Q = 0.1702 \text{ m}^2 \times \frac{10\text{m}}{14.35 \text{ s}}$$

$$Q = 0.1702 \text{ m}^2 \times 0.697 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 0.118 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \text{ (Siendo este el caudal en m}^3\text{)}$$

$$Q = 0.118 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$

$$Q = 118 \frac{\text{L}}{\text{s}} \text{ (Siendo este el caudal en L)}$$

Cálculos del mes de **abril** en la Laguna Cauquismachay:

$$Q = 0.14 \text{ m}^2 \times \frac{10\text{m}}{17.0 \text{ s}}$$

$$Q = 0.14 \text{ m}^2 \times 0.59 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 0.0826 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \text{ (Siendo este el caudal en m}^3\text{ por segundo)}$$

$$Q = 0.0826 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$

$$Q = 82.6 \frac{\text{L}}{\text{s}} \text{ (Siendo este el caudal en L por segundo)}$$

Cálculos del mes de **mayo** en la Laguna Cauquismachay:

$$Q = 0.065 \text{ m}^2 \times \frac{10\text{m}}{18.3 \text{ s}}$$

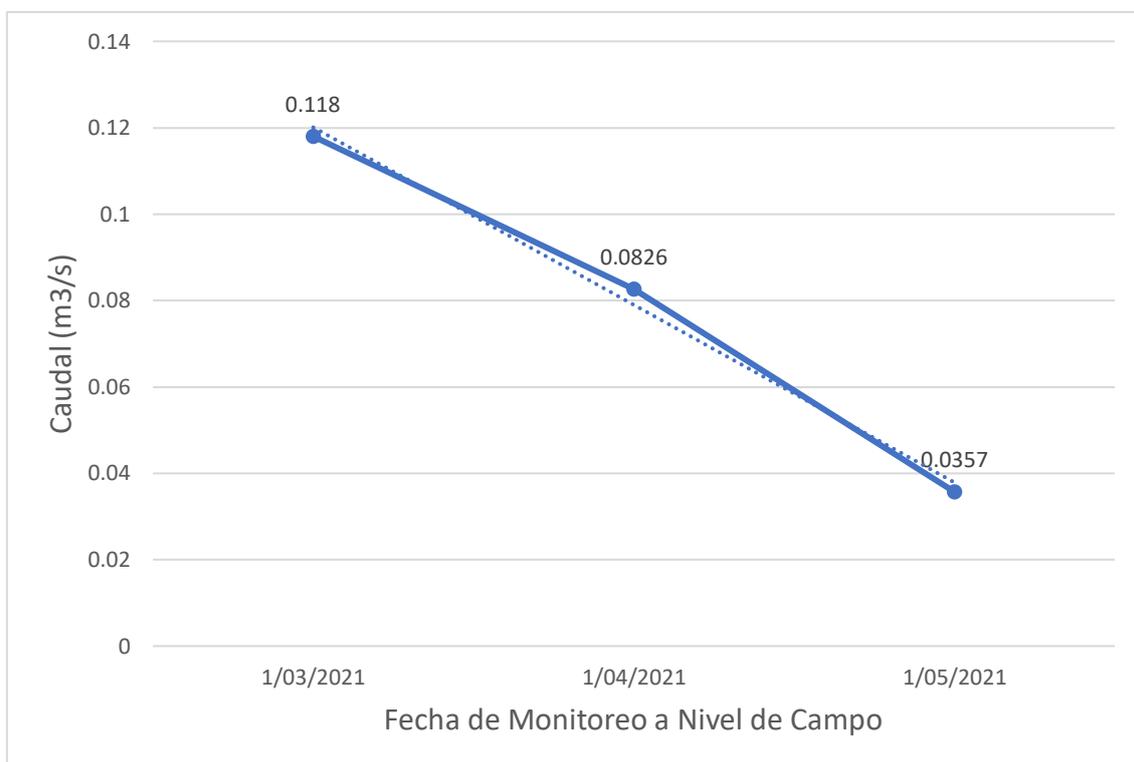
$$Q = 0.065 \text{ m}^2 \times 0.55 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 0.0357 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \text{ (Siendo este el caudal en m}^3\text{ por segundo)}$$

$$Q = 0.0357 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$

$$Q = 35.75 \frac{\text{L}}{\text{s}} \text{ (Siendo este el caudal en L por segundo)}$$

Seguidamente de la operacionalización de datos con la ecuación del caudal y lo datos que se obtuvieron, se realizó el siguiente **Gráfico 18**, para facilitar la interpretación del comportamiento del caudal de la Laguna Cauquismachay por 03 meses de evaluación.



**Gráfico 18.** Comportamiento del caudal estimado en la Laguna Cauquismachay por 3 meses de monitoreo (marzo, abril y mayo).

La situación ecosistémica del anterior proceso, se refleja en esta laguna, no obstante, las dificultades para la toma de datos del canal principal no fueron dables, por lo que se apreció el comportamiento del caudal en un canal alternativo, donde de igual forma la cobertura de nieve, daba cabida a la activación de filtraciones provenientes del Nevado estimando un caudal en el mes de marzo de 0.118 m³/s, decreciendo para el mes de abril, notoriamente en la pérdida de filtraciones, decayendo el caudal a una disponibilidad hídrica de 0.082 m³/s, por último, para el mes de mayo, mucho más notorio, el caudal disponible fue de 0.035 m³/s, no obstante, la denotación relevante es el decaimiento en la línea de tendencia central, reflejando el cambio de estación en el comportamiento del canal alternativo de la Laguna Cauquismachay.

## Evaluación espacio-temporal del cambio en las superficies glaciares del Nevado Rajuntay y el Nevado Alcoy

Para la identificación del estado actual evolutivo de ambos Nevados, se realizó un trabajo sistemático, con la finalidad de evaluar el comportamiento de la Cordillera la Viuda en su totalidad, es decir, las transformaciones que esta ha experimentado con el transcurrir del tiempo, sustentándolo en base a cada uno de los periodos donde esta ha sido, monitoreada; consecuentemente, se presenta en la **Tabla 21**, las fechas evaluadas y las extensiones glaciares reconocidas en este proceso.

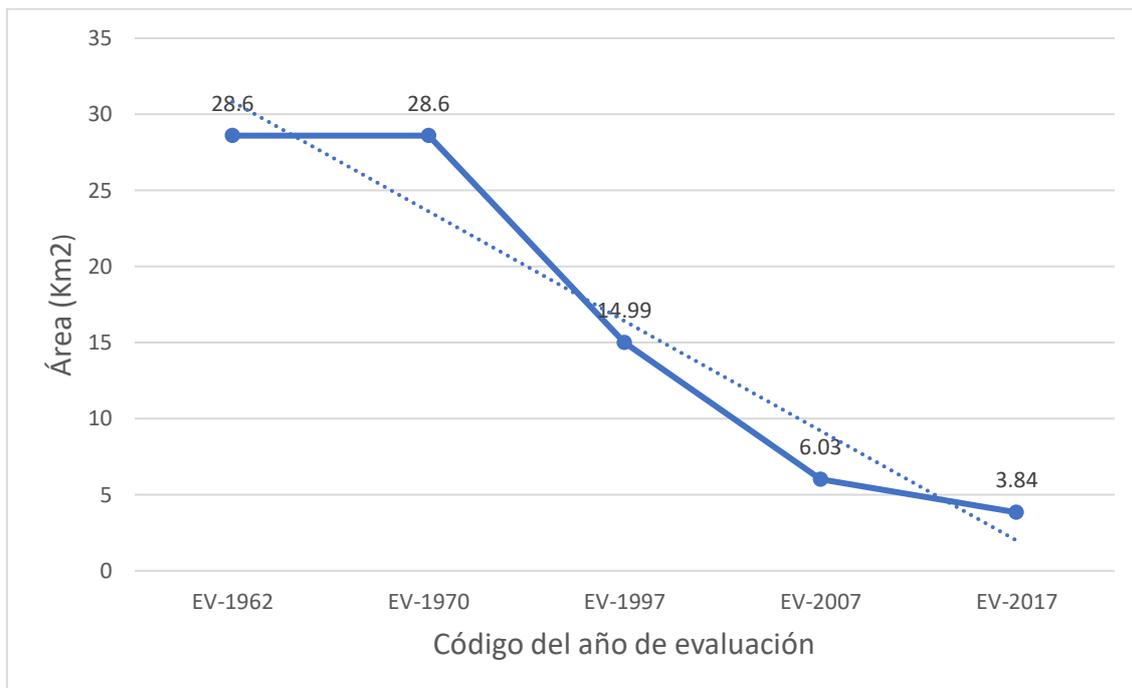
**Tabla 21.** Registro del comportamiento de la cobertura Glaciar de la Cordillera La Viuda

Cordillera	Año de Evaluación	Área (Km2)	Pérdida de Masa Glaciar (Km2)	Pérdida del Masa Glaciar (%)
La Viuda	1962	28.60	0	0
	1970	28.60	0	0
	1997	14.99	13.61	47.56
	2007	6.03	8.96	31.32
	2017	3.84	2.19	7.65
TOTAL			24.76	86.53

**Fuente:** Adaptado de [ANA, 2014](#) e [INAIGEM, 2017](#)

Dentro de este contexto, con datos veraces, se logra corroborar y conocer el comportamiento de toda la Cordillera de La Viuda desde el año 1962 hasta lo más actual siendo el año 2017, identificando una pérdida altamente significativa, para esto con mayor facilidad se podrán caracterizar los resultados en el

siguiente **Gráfico 19**, donde se esquematizó la relación entre los años de evaluación y la contabilidad que se llevó del área de dicha cordillera.



**Gráfico 19.** Seguimiento de la pérdida de masa glaciar en la Cordillera La Viuda en el periodo de 1962 – 2017

Evidentemente, la teoría natural que se maneja en función a los Nevados en el 2021, se refleja en el gráfico presentado, debido a que en un periodo de 55 años se ha perdido casi el 90% de la cobertura glaciar de la Cordillera la Viuda, hoy en día considerada dentro del conglomerado de Cordilleras en proceso de extinción. No obstante, por 8 años la Cordillera se mantuvo intacta desde 1962 hasta 1970, donde claramente comenzó el “crecimiento tecnológico” más conocido como el fracaso del siglo para la naturaleza, donde se comenzó a incrementar el parque automotor, el crecimiento demográfico y la migración de especies, dando cabida a una nueva constante, denominada pérdida de masa glaciar, donde se aprecia que desde el año 1970 hasta el 2017 se perdieron 24.76 Km2 de cobertura glaciar en la Cordillera La Viuda, reflejada también de forma gráfica con la línea de tendencia central que indica un decrecimiento total.

Así, luego de haber reconocido la situación de la Cordillera en su totalidad, se realizó un monitoreo espacial de la evolución particular a cada uno de los Nevados evaluados, siendo estos el Nevado Rajuntay y el Nevado Alcoy.

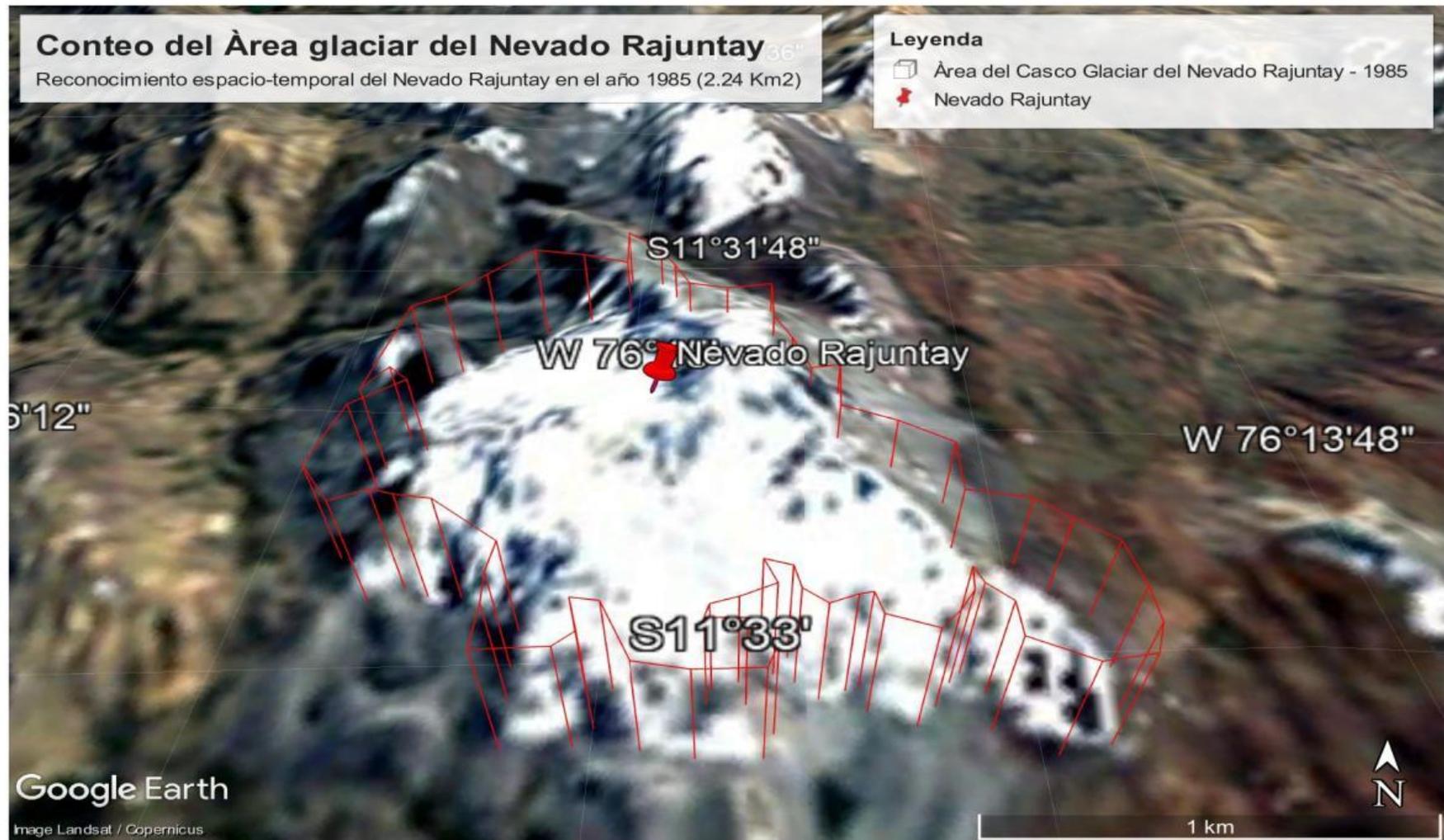
Para la ejecución de este proceso en el Nevado Rajuntay, se realizó la identificación de áreas y perímetros cubiertos de masa glaciar en diferentes tiempos, donde se comenzó desde el año 1985, 2010, 2016 y 2021; para reconocer lo mencionado se presentan la **Figura 34**, **Figura 35**, **Figura 36** y **Figura 37**, correspondiente a cada año según su orden; Por último, se organizó una vista generalizada con todos los años de evaluación, identificando los cambios en función al tiempo, esto se presentará en la **Figura 38**.

Según la **Figura 34**, el Nevado Rajuntay en el año 1985 poseía un casquete Glaciar que alcanzaba en longitud hasta las zonas bajas, por el lado derecho hacia la Laguna Pucacocha, por otra parte, en ese entonces contaba con área Glaciar de 2.24 km<sup>2</sup> y un perímetro de 8.84 km.

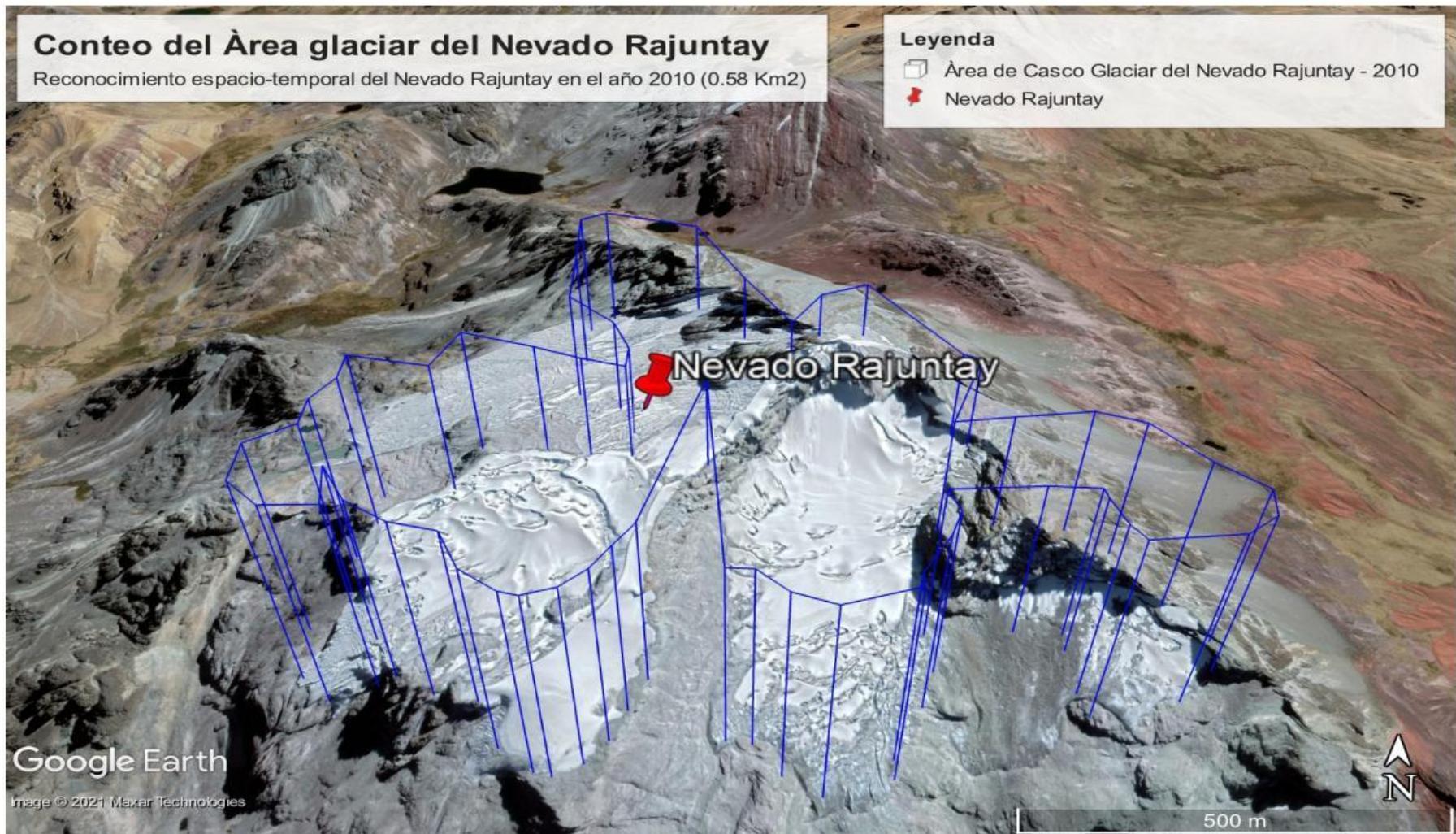
Además en la **Figura 35**, para el año 2010, se logró reconocer una alta diferencia en 25 años transcurridos, a primera impresión la reducción del casquete Glaciar era a menos de la mitad, identificando que se encontraba así también por la temporada de verano, registrando un área glaciar de 0.58 km<sup>2</sup> y un perímetro de 5.54 km.

Por otra parte, en la **Figura 36**, el año 2016 con mayor cantidad de glaciaciones en los contornos se presenta el Nevado Rajuntay, evidenciando una pérdida total del casquete bajo del lado derecho característico en el año 1985, de tal manera que presenta un área glaciar de 1.59 km<sup>2</sup> y un perímetro de 5.66 km, donde la mayoría de esta nieve es de bajo volumen, es decir mínima profundidad.

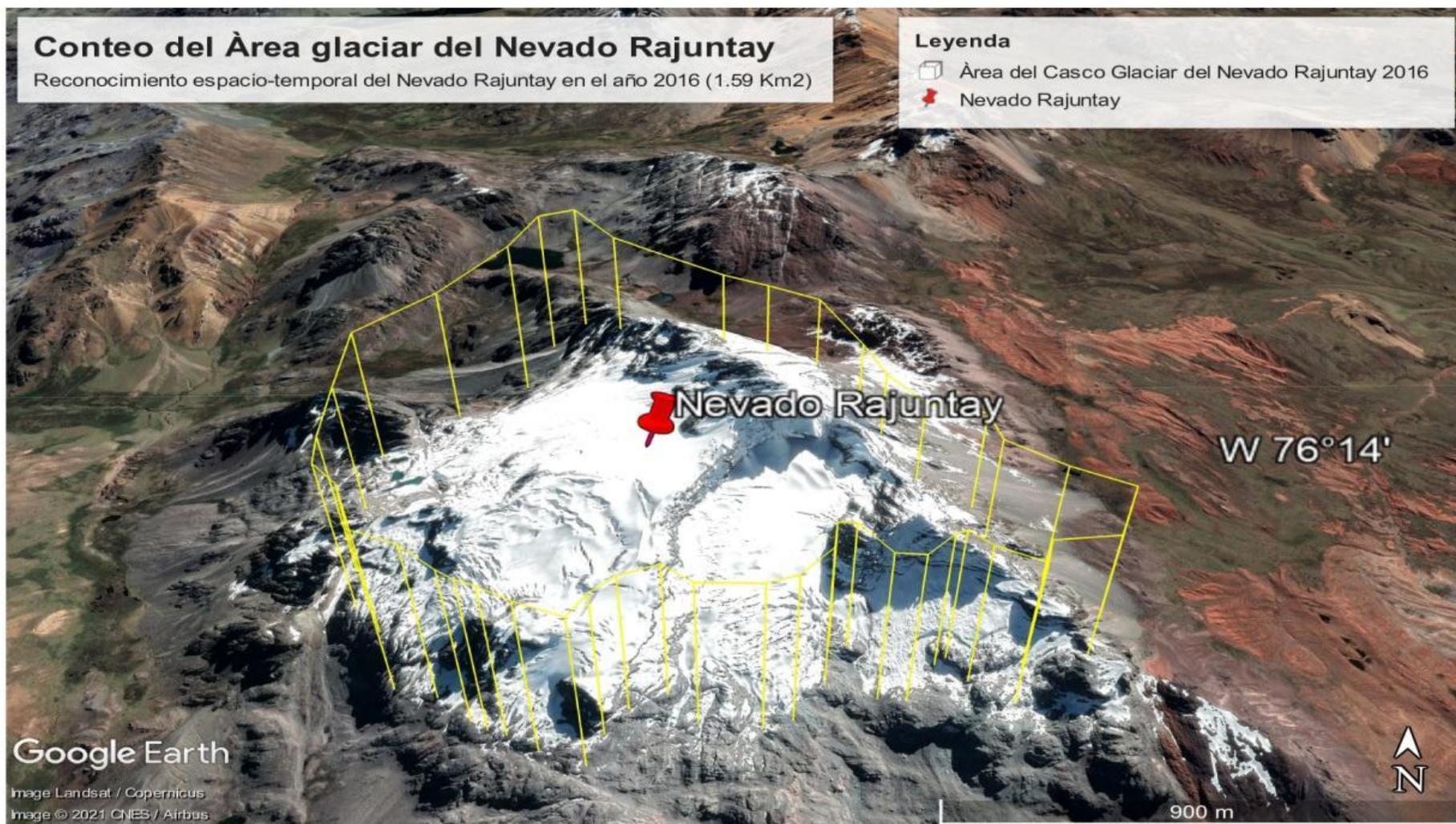
Finalmente como era de esperarse, la **Figura 37**, presenta notorios cambios en los contornos del Glaciar, diferenciando claramente la escasez de nieve, incluso la de baja profundidad, presentando también la aparición de una notoria franja de Roca granito facilitando su avistamiento, poco común en tiempos pasados, congruentemente se evidencia un área glaciar de 0.67 km<sup>2</sup> y un perímetro de 6.42 km.



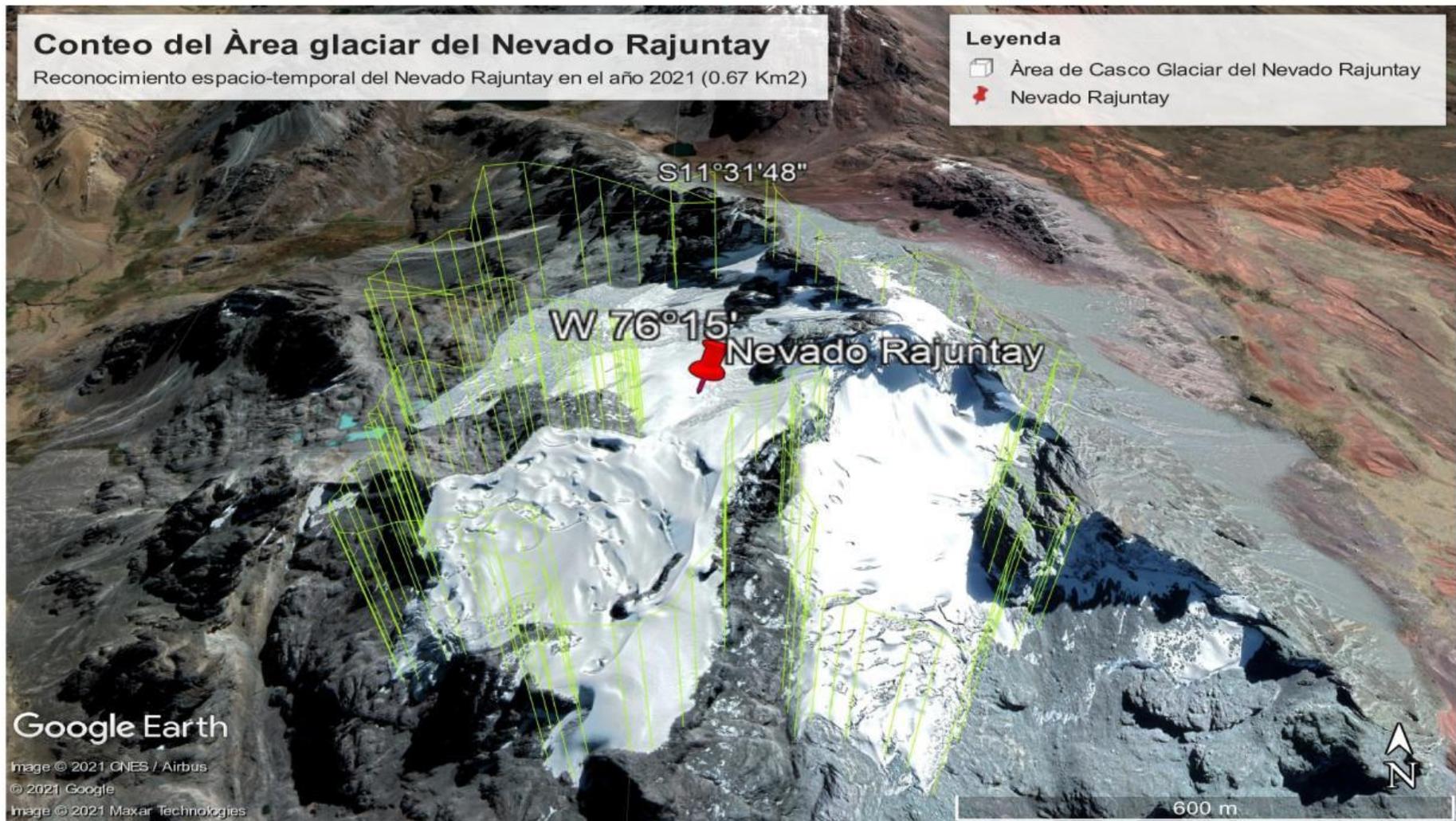
**Figura 34.** Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Rajuntay en el año 1985 (2.24 km2)



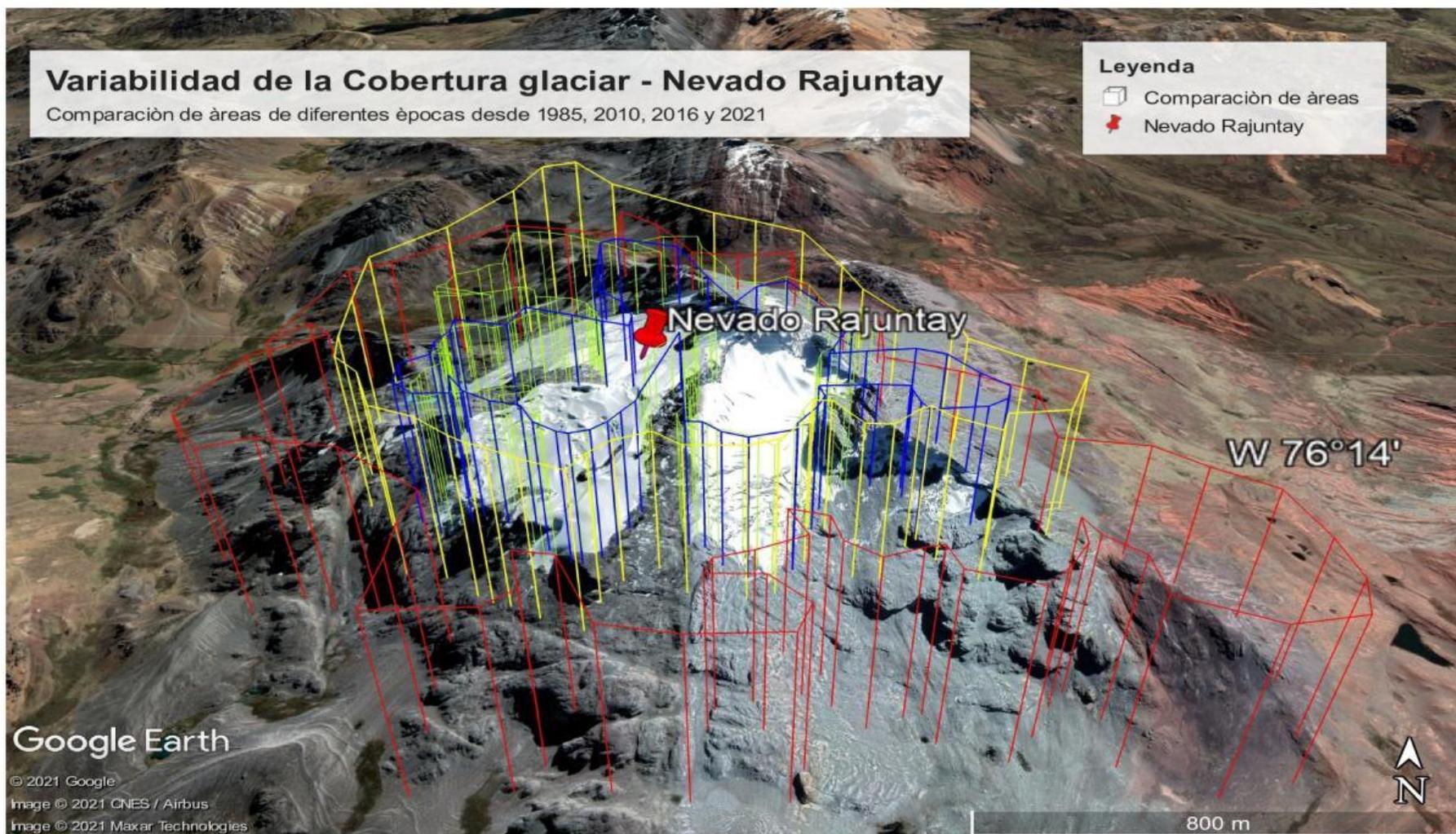
**Figura 35.** Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Rajuntay en el año 2010 (0.58 km<sup>2</sup>)



**Figura 36.** Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Rajuntay en el año 2016 (1.59 km2)



**Figura 37.** Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Rajuntay en el año 2021 (0.67 km2)



**Figura 38.** Comparación de la evolución de las áreas del Nevado Rajuntay en diferentes épocas desde 1985, 2010, 2016 y 2021

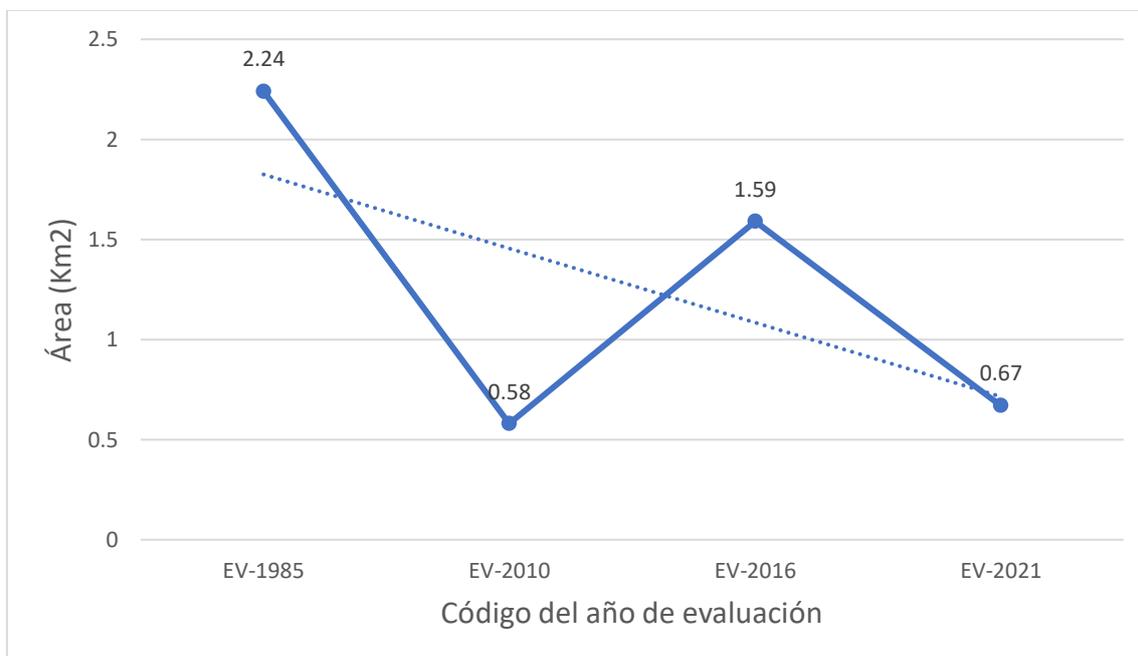
De esta forma en la **Figura 38**, se logran apreciar los cambios cualitativos y cuantitativos de la cobertura glaciaria en el Nevado Rajuntay, identificando el polígono proyectado a la superficie en coloración ROJO, como el área glaciaria más antigua, que para los años 1985 contaba con todos los contornos llenos de casquete profundo de nieve. De forma cronológica, apreciando el polígono de coloración AZUL, se identifica que al 2010 se perdió  $\frac{3}{4}$  de la cobertura glaciaria total existente hace 25 años del mismo Nevado, lo cual indica que el casquete glaciario ya no existía en las partes más bajas, por ende la fundición del albedo era más factible. Seguidamente con la delimitación del Polígono AMARILLO, se identifica que la zona baja limitante hacia la Laguna Pucacocha, retrocede y por la parte posterior al Nevado gana kilometraje al igual que por los lados, sin embargo, se denota muy fácilmente la disminución del casco glaciario. Por último, la actualidad se delimita con un polígono VERDE, encerrada por los contornos de todos los años evaluados anteriormente, lo que diferencia claramente la disminución de la masa glaciaria progresiva en función al tiempo de evaluación.

Finalmente, los datos extraídos se presentaron en la **Tabla 22**, con la finalidad de organizarlos en base a lo analizado.

**Tabla 22.** Registro del comportamiento de la cobertura Glaciaria del Nevado Rajuntay

<b>Nevado</b>	<b>Año de Evaluación</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Pérdida de Masa Glaciaria (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Pérdida del Masa Glaciaria (%)</b>
Rajuntay	1985	2.24	1.57	70.09
	2010	0.58		
	2016	1.59		
	2021	0.67		

Así en la **Tabla 22** se presentan cada uno de los registros obtenidos en el modelamiento espacial realizado en el Nevado Rajuntay, para concretar y reconocer el comportamiento de los datos se presenta el siguiente **Gráfico 20**.



**Gráfico 20.** Seguimiento de la pérdida de masa Glaciar del Nevado Rajuntay desde 1985 – 2021

Característica que acontece a nivel de la Cordillera La Viuda por completo, es la pérdida de masa glaciar en cada uno de los Nevados que la conforman; caso particular, fue la evaluación del Nevado Rajuntay, donde se identifica una anomalía en la secuencia decreciente de la cobertura glaciar, donde se aprecia que para el año 1985 el área glaciar era de 2.24 km<sup>2</sup> y en 25 años transcurridos hasta el 2010, decayó a 0.58 km<sup>2</sup> considerando una posible extinción del mismo, no obstante, la cobertura glaciar 6 años más tarde (2016) se incrementó a 1.59 km<sup>2</sup>, estando claramente por debajo de los niveles iniciales, pero para el año 2021 volvió a caer a 0.67 km<sup>2</sup>, puesto que en el gráfico se logra evidenciar la línea de tendencia central decreciente a lo largo de 36 años de seguimiento; así mismo, el Nevado tiene un presente mucho más incierto debido a la cantidad de factores externos que se presentan.

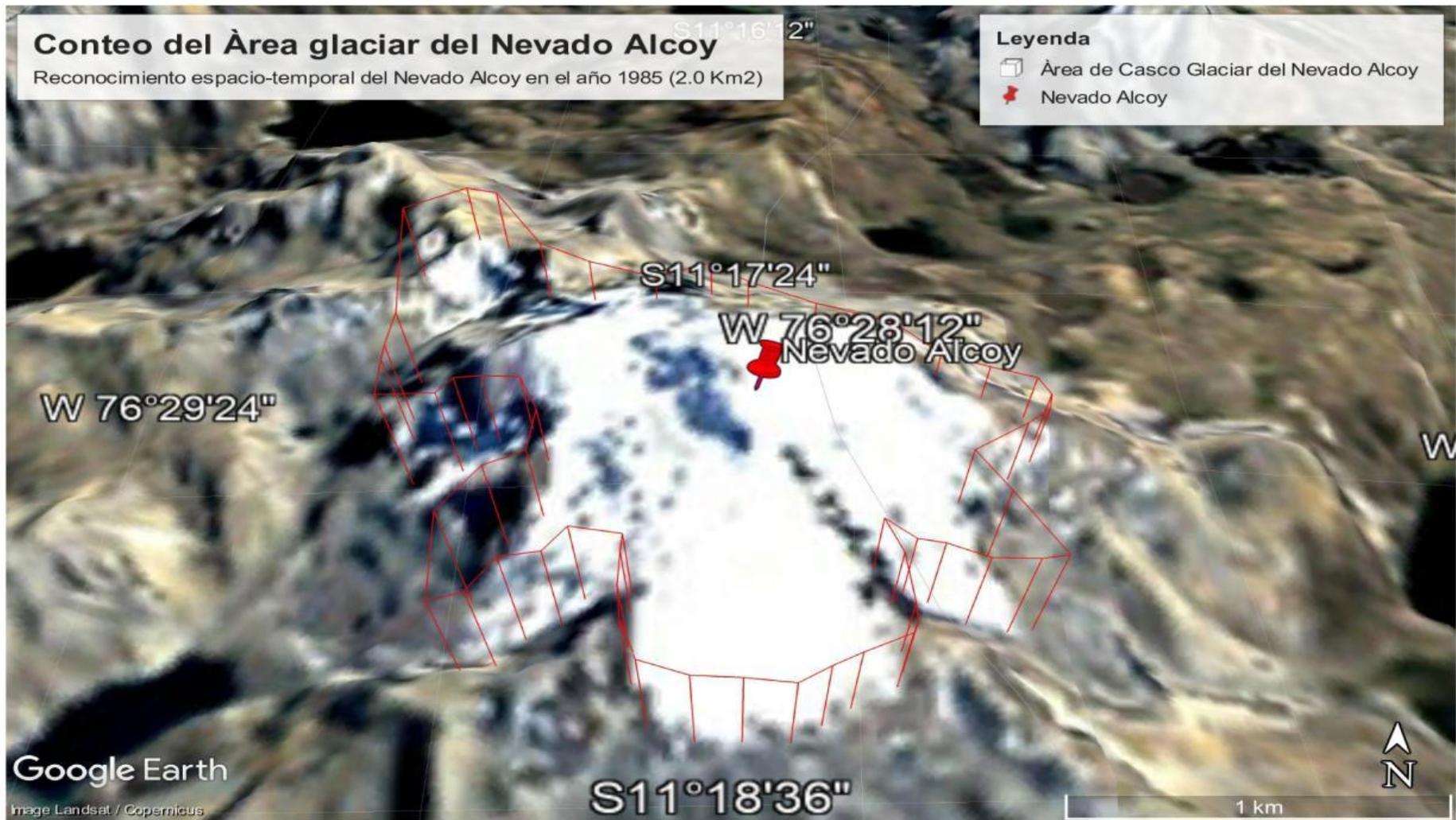
Por otra parte, para la ejecución de la misma metodología en el Nevado Alcoy, se identificó de áreas y perímetros cubiertos de masa glaciar en diferentes tiempos, donde se comenzó desde el año 1985, 2010, 2016 y 2021; para reconocer lo mencionado se presentan la **Figura 39**, **Figura 40**, **Figura 41** y **Figura 42**, correspondiente a cada año según su orden;

Según la **Figura 39**, el Nevado Alcoy en el año 1985 contaba con una extensión glaciar capaz de cubrir casi la totalidad de la roca oscura característica de la base, también de manera exacta contaba con área Glaciar de 2.00 km<sup>2</sup> y un perímetro de 7.90 km.

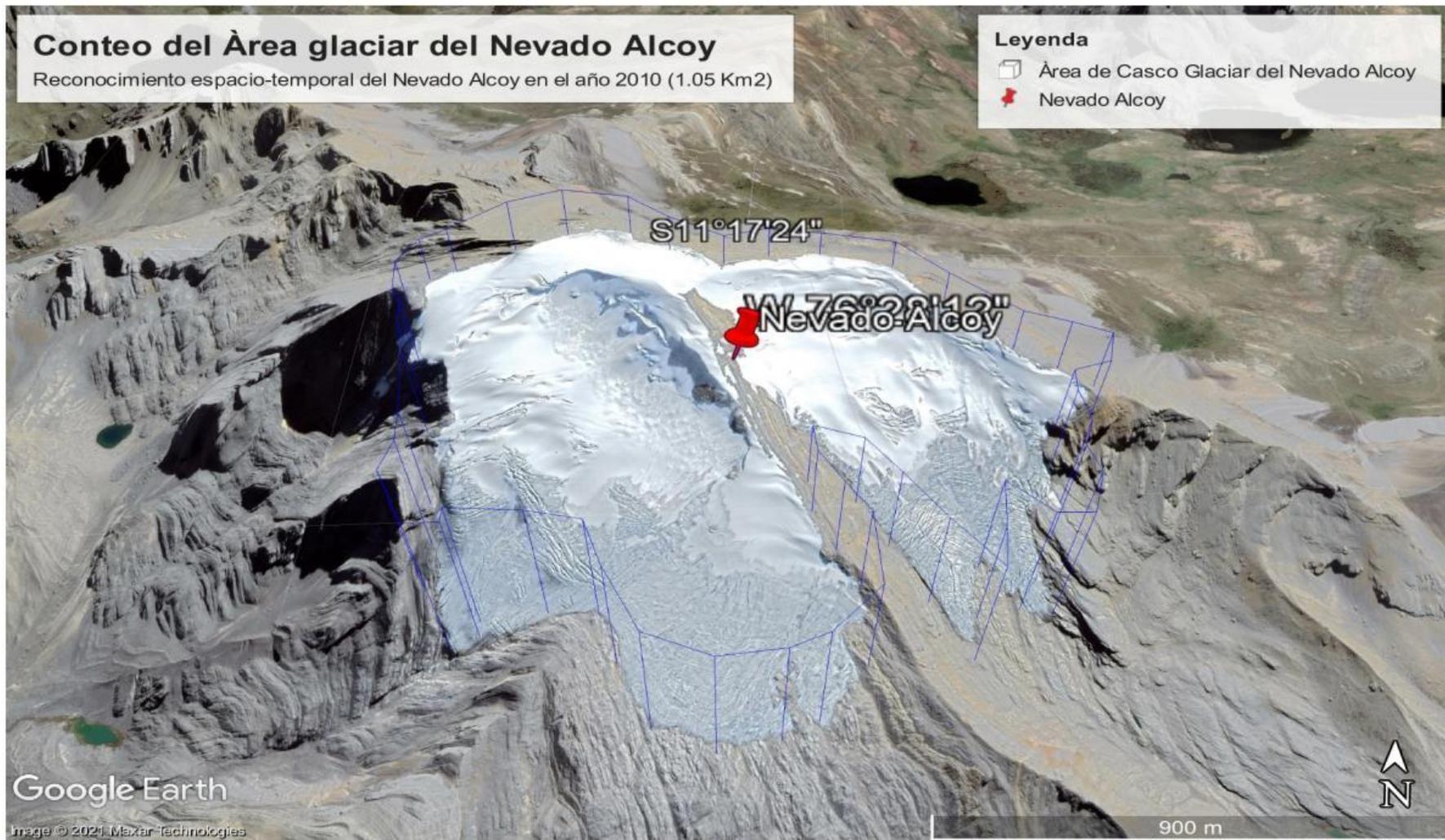
En otra evaluación dada en la **Figura 40**, durante el año 2010, la pérdida de los contornos del Nevado fue evidente, escasez de las glaciaciones características de las zonas de ablación, y retroceso del casco glaciar a una mayor altura, consecuentemente registrando un área glaciar de 1.05 km<sup>2</sup> y un perímetro de 5.85 km.

Secuencialmente, en la **Figura 41**, del año 2016 se aprecia un casco glaciar mucho más definido, característico de zona maciza, conformando una cúpula sólida de hielo, que a pesar de mantener una aparente estabilidad continuo con el decaimiento, presentando un área glaciar de 0.92 km<sup>2</sup> y un perímetro de 5.26 km.

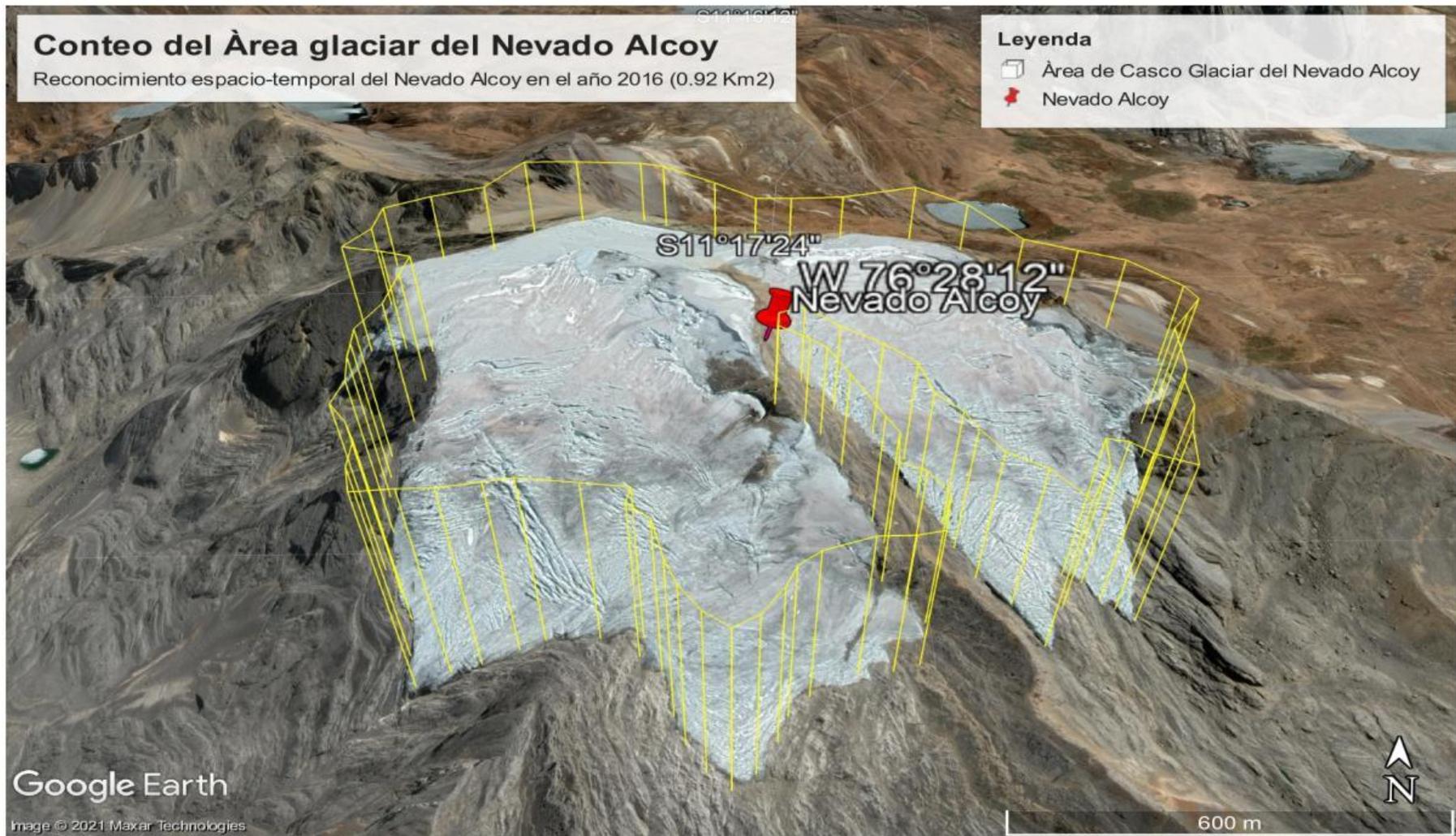
Por último, la **Figura 42**, del año 2021, se reconocen apariciones de glaciaciones en la parte Norte del Nevado, lo cual incrementa evidentemente su área, además de incrementar la presencia de cobertura glaciar en la parte media, donde se presenta una división espacial característica de un pico montañoso; para los cual se registró un área glaciar de 1.02 km<sup>2</sup> y un perímetro de 5.14 km.



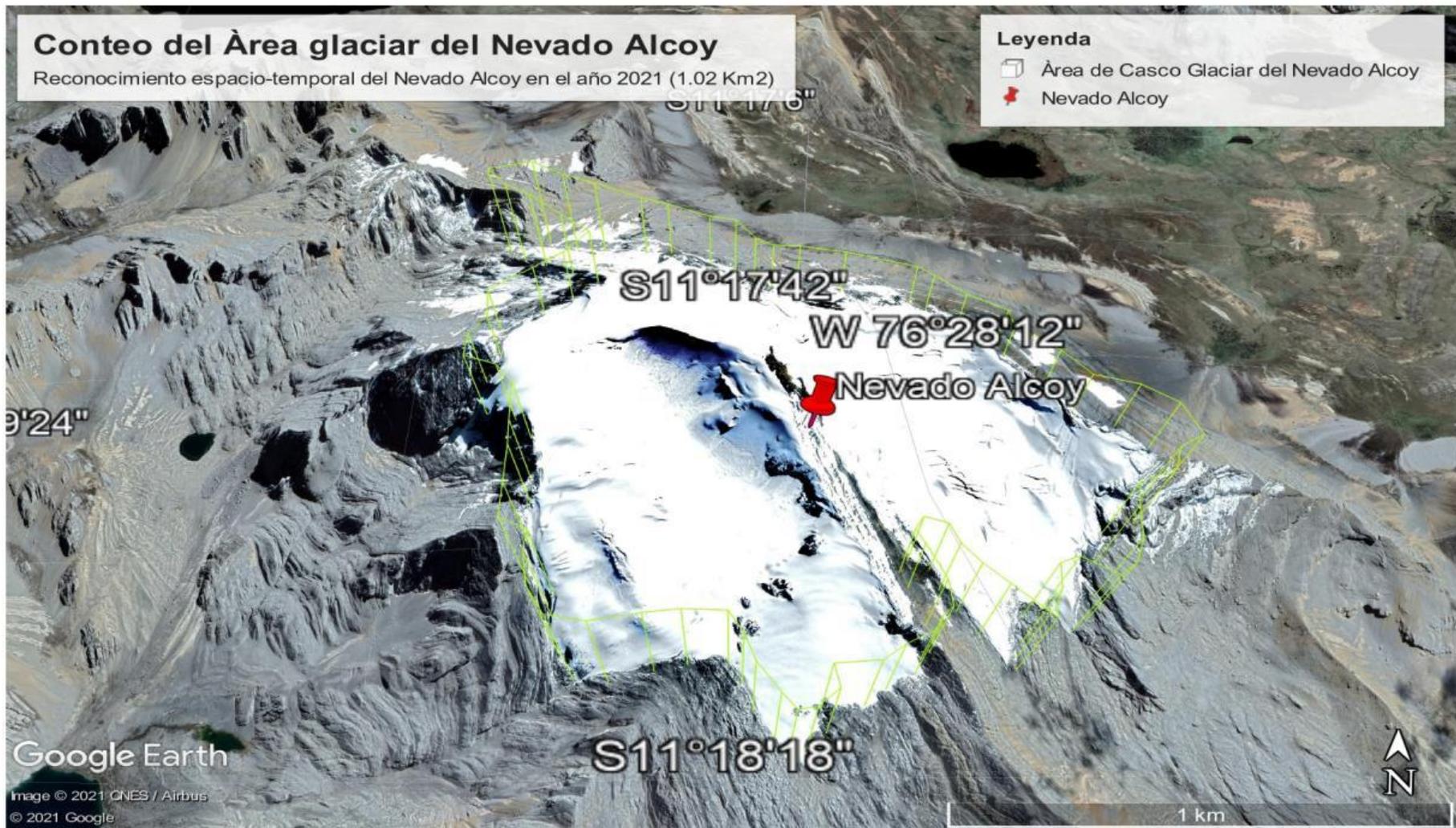
**Figura 39.** Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Alcoy en el año 1985 (2.0 km<sup>2</sup>)



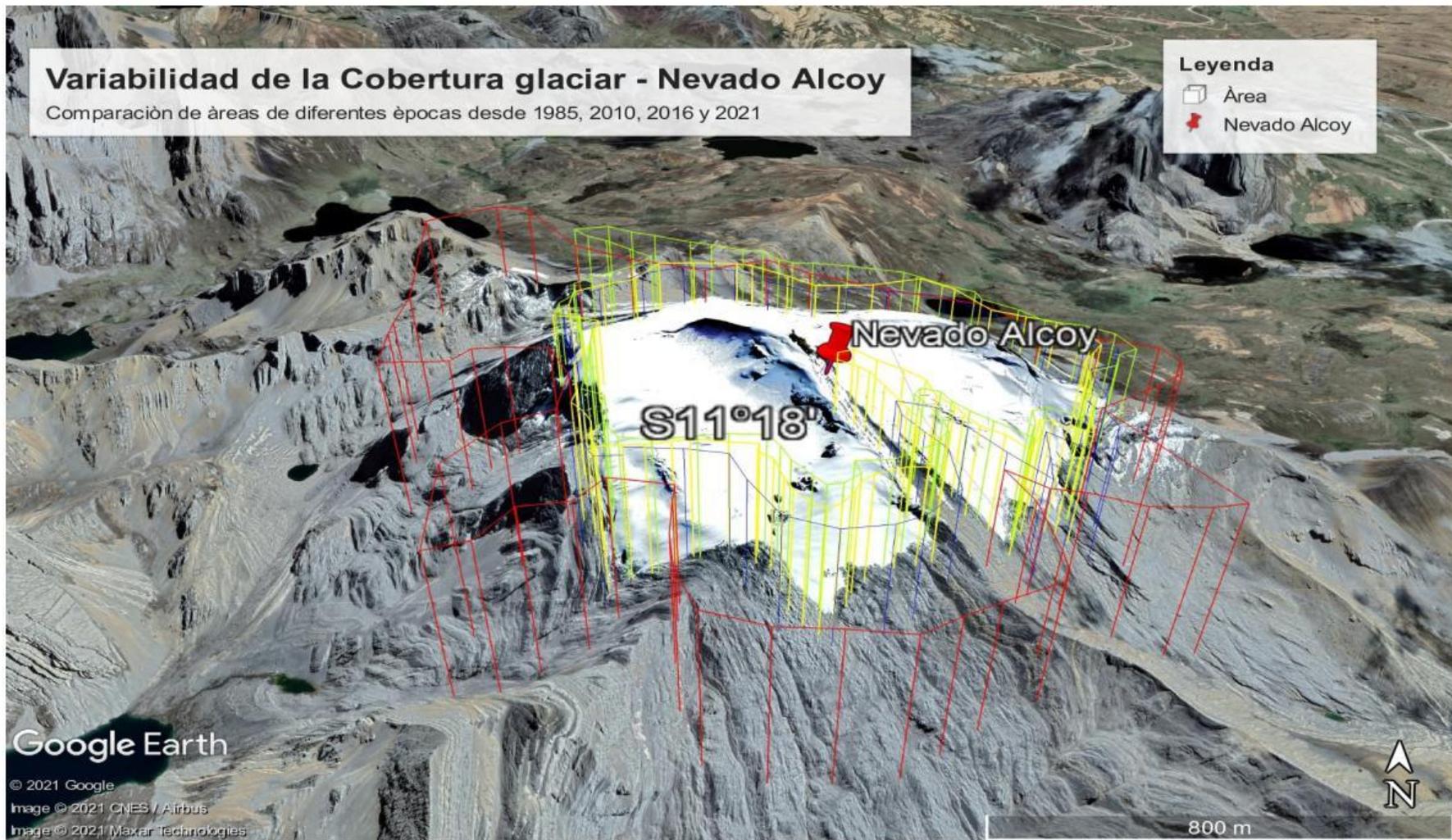
**Figura 40.** Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Alcoy en el año 2010 (1.05 km2)



**Figura 41.** Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Alcoy en el año 2016 (0.92 km<sup>2</sup>)



**Figura 42.** Reconocimiento espacio-temporal del Nevado Alcoy en el año 2021 (1.02 km<sup>2</sup>)



**Figura 43.** Comparación de la evolución de las áreas del Nevado Alcoy en diferentes épocas desde 1985, 2010, 2016 y 2021

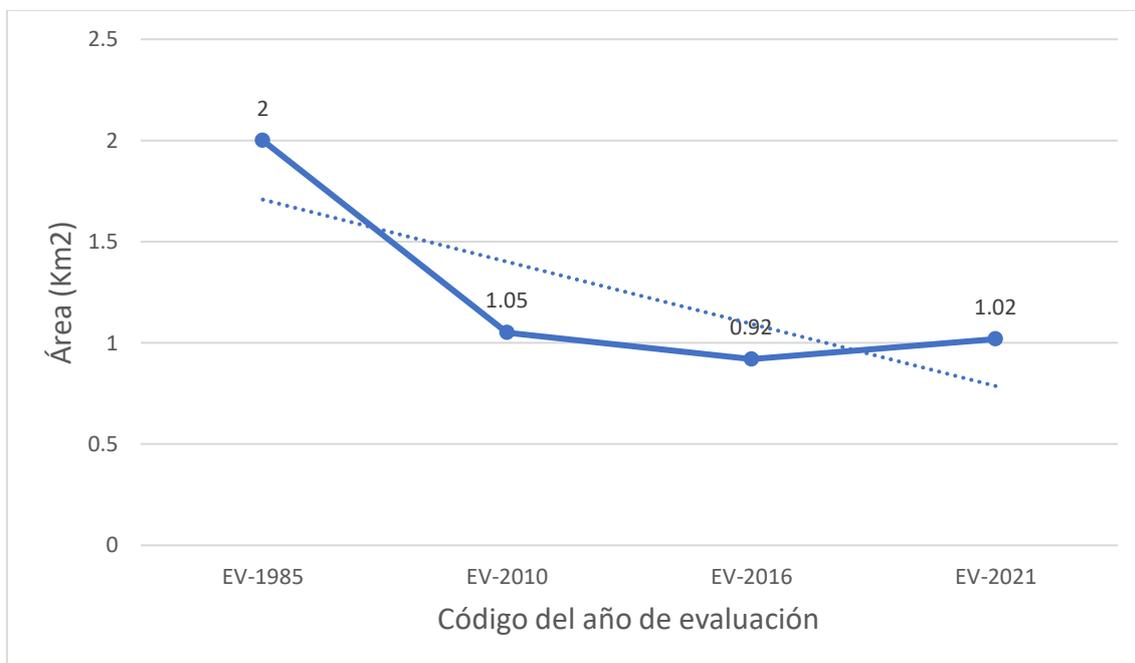
De esta forma en la **Figura 43**, casi con las mismas apreciaciones del análisis anterior el Nevado Alcoy presenta variaciones en su estructura inicial, identificando al polígono ROJO, como el área glaciár más antigua, que para los años 1985 poseía una amplia diferencia en área a la que adopta en la actualidad la mitad del nevado se encuentra activo. Para esto también el polígono AZUL, indicador del año 2010 enmarca una apreciación de que se redujo 0.95 km<sup>2</sup> en 25 años, proceso que se asemeja a lo sucedido en el Nevado Rajuntay. Seguidamente el Polígono AMARILLO, con menos proporcionalidad en área a comparación de años anteriores, representa la menor cantidad de cobertura glaciár registrada en 36 años de evaluación con 0.92 km<sup>2</sup>. Finalmente, el polígono VERDE, denota un crecimiento anómalo en la cobertura Glaciár del Nevado Alcoy donde en tan solo 5 años presenta un crecimiento de 0.1 Km<sup>2</sup>, lo que se le puede atribuir a la temporada de evaluación.

Así mismo, los datos registrados se presentaron en la **Tabla 23**, para luego ser esquematizados.

**Tabla 23.** Registro del comportamiento de la cobertura Glaciár del Nevado Alcoy

<b>Nevado</b>	<b>Año de Evaluación</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Pérdida de Masa Glaciár (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Pérdida del Masa Glaciár (%)</b>
Alcoy	1985	2.00	0.98	49
	2010	1.05		
	2016	0.92		
	2021	1.02		

En este sentido, en la **Tabla 23** se organizan los datos espaciales del Nevado Alcoy, para ser congruentes y evaluar de forma adecuada los datos se presenta el siguiente **Gráfico 21**.



**Gráfico 21.** Seguimiento de la pérdida de masa Glaciar del Nevado Alcoy desde 1985 – 2021

Ambos análisis realizados anteriormente a La Cordillera La Viuda y al Nevado Rajuntay, reflejaron un comportamiento decreciente de la cobertura de masa glaciar en función al transcurrir del tiempo. Por lo que evidentemente se establece una secuencia esquematizada del Nevado Alcoy que demuestra el decaimiento de su cobertura glaciar, donde se asumió que para el año 2016 el casco glaciar de las zonas bajas del nevado habían desaparecido, considerando dichas área como albedo de baja profundidad. Para el año 1985 el área glaciar era de 2.00 km<sup>2</sup> y en 31 años transcurridos hasta el 2016, decayó hasta el punto histórico más bajo de cobertura glaciar con un área de 0.92 km<sup>2</sup> (menos de la mitad del Nevado. No obstante, para año 2021 se presentó una diferencial proveniente de la temporada de evaluación, que cualitativamente incremento el casco glaciar y los contornos de albedo hasta llegar a alcanzar un área glaciar actual de 1.02 km<sup>2</sup>, finalmente se logra evidenciar la línea de tendencia central decreciente característica de toda la extensión glaciar de la Cordillera a lo largo de 36 años de seguimiento.

## Determinación de la Presencia de Black Carbon (Hollín) en el Nevado Rajuntay

El proceso de toma de muestras superficiales de nieve, se realizó durante 3 meses para cada uno de los Nevados, las consideraciones que se tuvieron al realizar los monitoreos en Rajuntay, fue de registrar la velocidad del viento previamente al recojo de la nieve superficial, así se presenta en la **Figura 44**, los procesos de toma de datos con el anemómetro en los meses de marzo (**A**), abril (**B**) y mayo (**C**).



**Figura 44.** Monitoreo de la velocidad del viento (m/s) y temperatura ambiental (°C) por cada expedición realizada en el Nevado Rajuntay

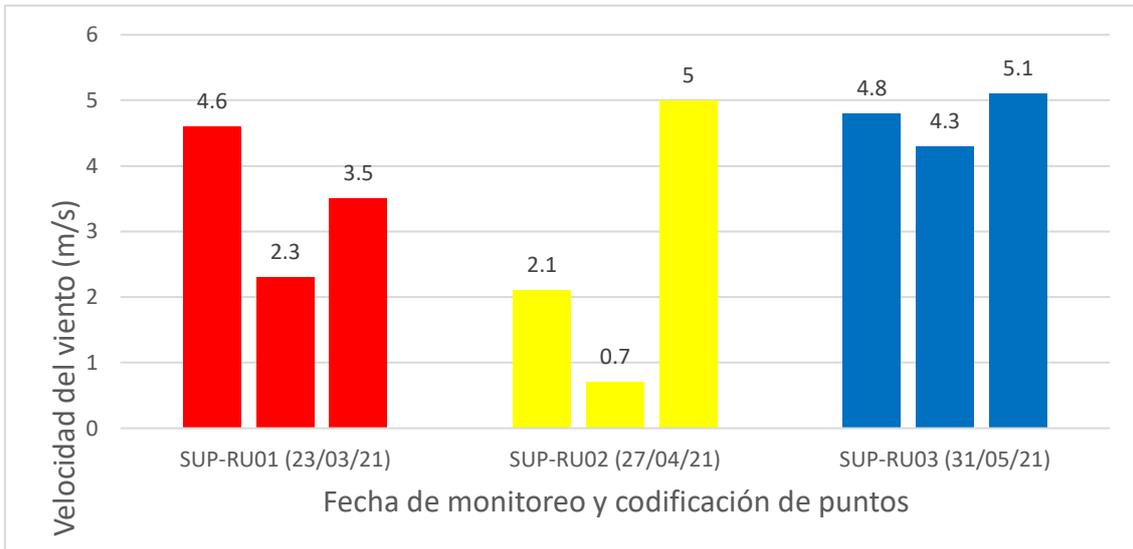
En este sentido, la sección **A** denota la toma de datos con el anemómetro en el punto **SUP-RU01** donde se realizaron 3 registros de velocidad del viento 4.6m/s, 2.3m/s y 3.5m/s y de igual forma se realizaron 3 registros de temperatura de

8°C, 8°C y 7.9°C todos registrados en el mes de marzo; por otra parte en la sección **B** en el punto **SUP-RU02** se realizaron 3 registros de velocidad del viento 2.1m/s, 0.7m/s y 5.0m/s y de igual forma se realizaron 03 registros de temperatura de 12°C, 12.1°C y 12.1°C todos registrados en el mes de abril; por último, en la sección **C** en el punto **SUP-RU03** se realizaron 3 registros de velocidad del viento 4.8m/s, 4.3m/s y 5.1m/s y de igual forma se realizaron 3 registros de temperatura de 7°C, 7°C y 7°C todos registrados en el mes de mayo; todos los datos fueron presentados en la **Tabla 24** para organizarlos de forma secuencial.

**Tabla 24.** Registro de datos tomados previa recolección de muestras en el Nevado Rajuntay

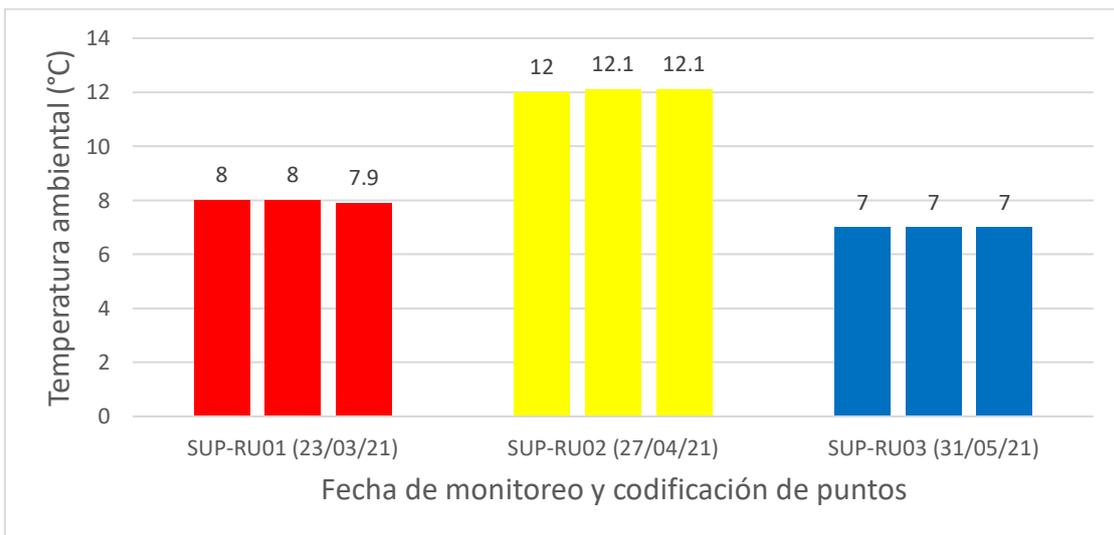
Fecha de Monitoreo	Código del punto	Velocidad del viento (m/s)	Temperatura ambiental (°C)
23/03/2021	SUP-RU01	4.6	8
		2.3	8
		3.5	7.9
27/04/2021	SUP-RU02	2.1	12
		0.7	12.1
		5.0	12.1
31/05/2021	SUP-RU03	4.8	7
		4.3	7
		5.1	7

Así, es como se organizaron los datos obtenidos previa toma de muestras, siendo separarlos según el indicador como lo son velocidad del viento (m/s) y la temperatura ambiental (°C), por consiguiente, cada uno de los datos fueron esquematizados en base a su codificación y fecha; por ende, el comportamiento de dichos indicadores se presentan en el **Gráfico 22** y el **Gráfico 23**



**Gráfico 22.** Comportamiento de la velocidad del viento (m/s) previa toma de muestras en el Nevado Rajuntay

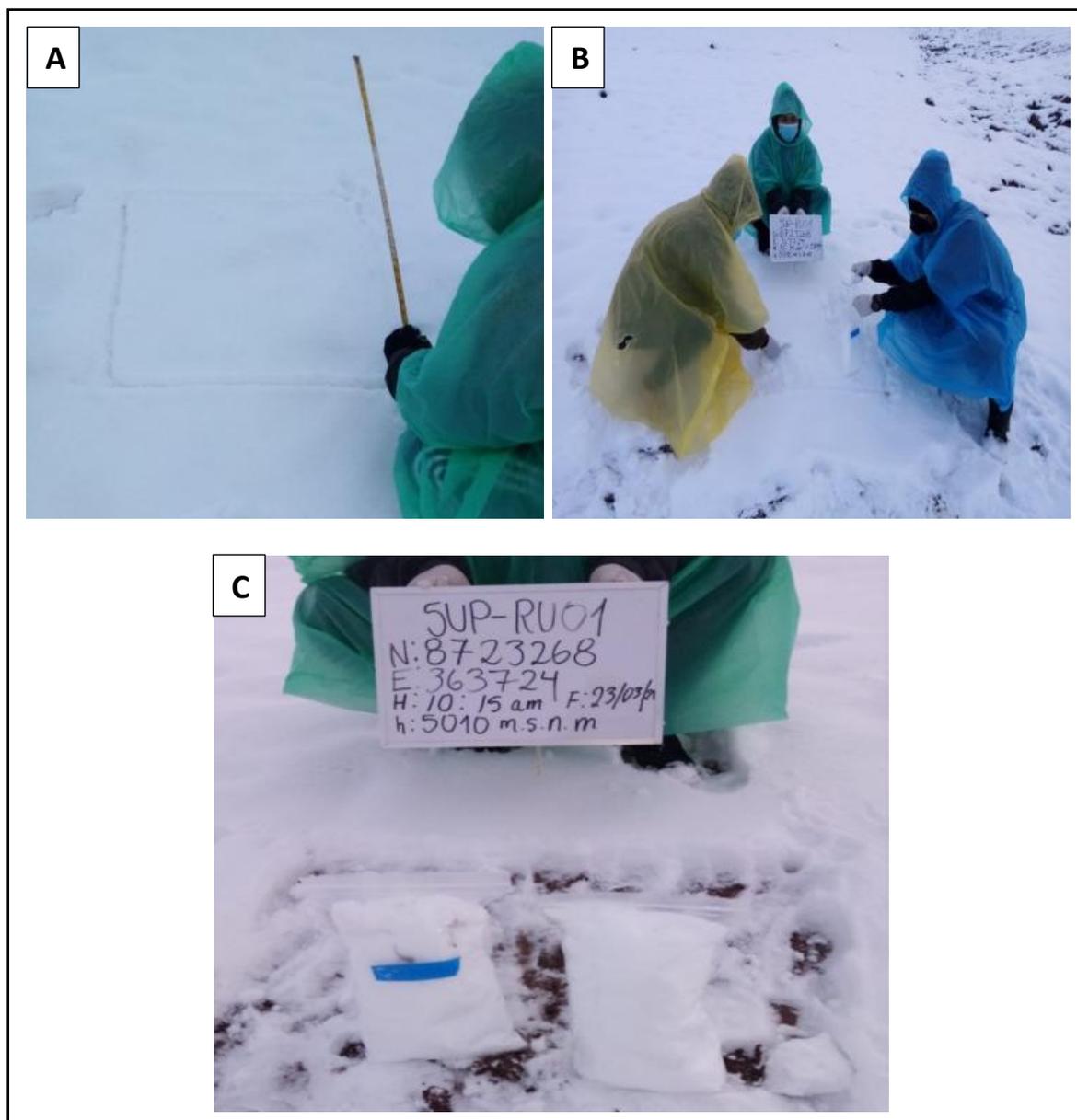
La corriente de vientos, según lo apreciado a nivel de campo y por lo esquematizado no presenta una estabilidad, tiende a variar en base al comportamiento climatológico, además según los datos obtenidos, los vientos más fuertes se presentaron en el mes de mayo reflejándose en la apariencia climática.



**Gráfico 23.** Comportamiento de la temperatura ambiental (°C) previa toma de muestras en el Nevado Rajuntay

Previo toma de muestras en los 3 meses, se presentó una clara estabilidad en las temperaturas, presentando a lo máximo 0.1°C de variación entre los 3 registros tomados por cada fecha.

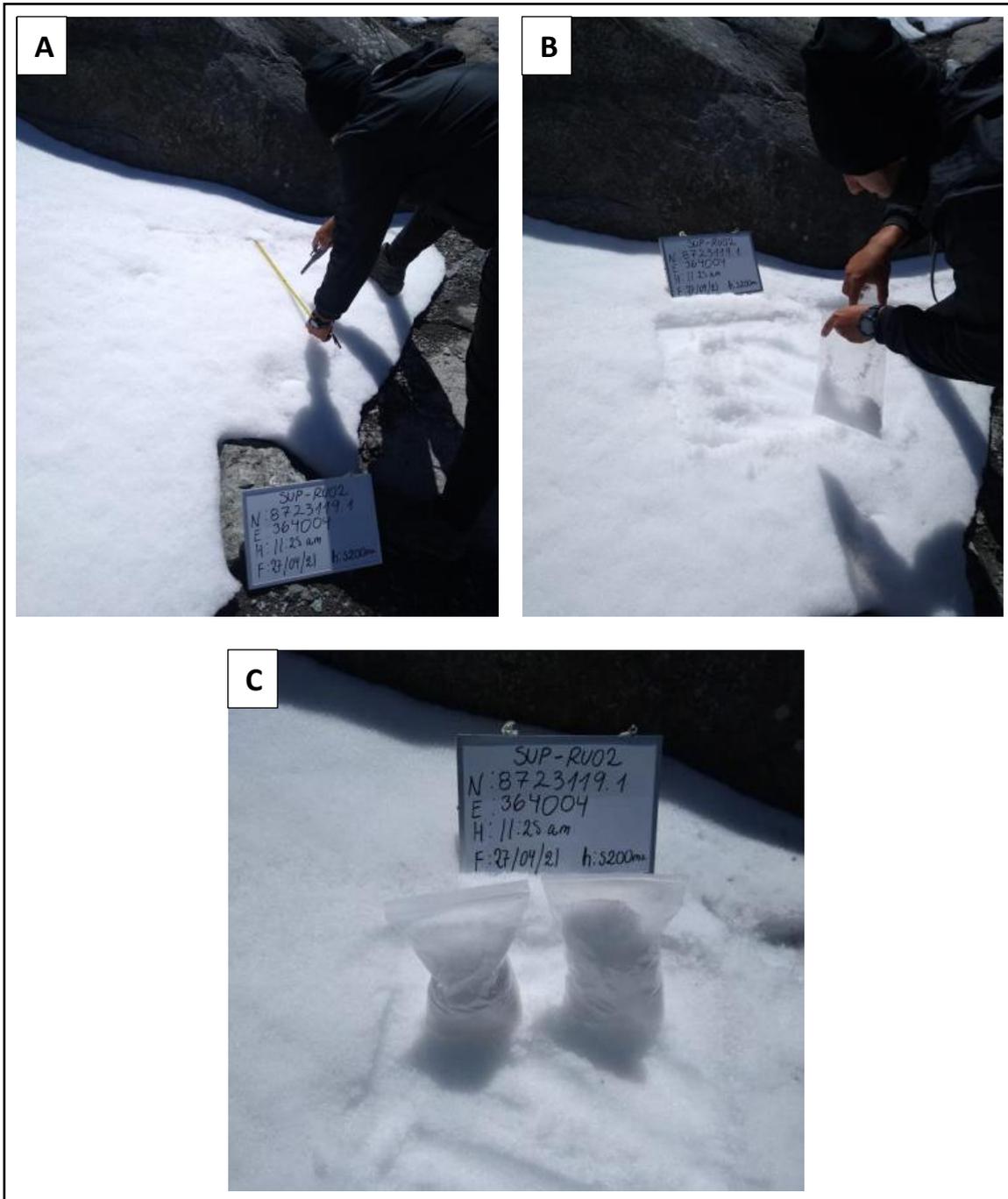
Luego de realizar los registros pertinentes, se procedió a la toma de muestras, en las siguientes **Figura 45**, **Figura 46** y **Figura 47**; se presenta los procesos realizados en los meses de marzo, abril y mayo para la recaudación de la nieve superficial. Finalizando en la **Figura 48**, se presentan los proceso de filtrado, obtención de sedimentos y almacenamiento de las muestras representativas.



**Figura 45.** Toma de muestras de superficie glaciar en el Nevado Rajuntay a codificación SUP-RU01 con coordenadas N: 8723268 y E: 363724 mes de marzo.

La toma de muestras en el punto SUP-RU01, se realizó como se puede apreciar en la sección **A**, con la medición de un área de 50 cm<sup>2</sup>, delimitando un cuadrante de trabajo, del cual en la sección **B** se puede observar cómo se retiran 2 cm de

cobertura superficial de nieve, puesto que en la sección **C** se presentan las muestras debidamente almacenadas en 2 bolsas herméticas de 1kg de capacidad cada una.



**Figura 46.** Toma de muestras de superficie glaciar en el Nevado Rajuntay a codificación SUP-RU02 con coordenadas N: 8723119.1 y E: 364004 mes de abril.

La toma de muestras en el punto SUP-RU02, tuvo un nivel de complejidad mucho más elevado a comparación del mes anterior, debido a que el cambio de estación

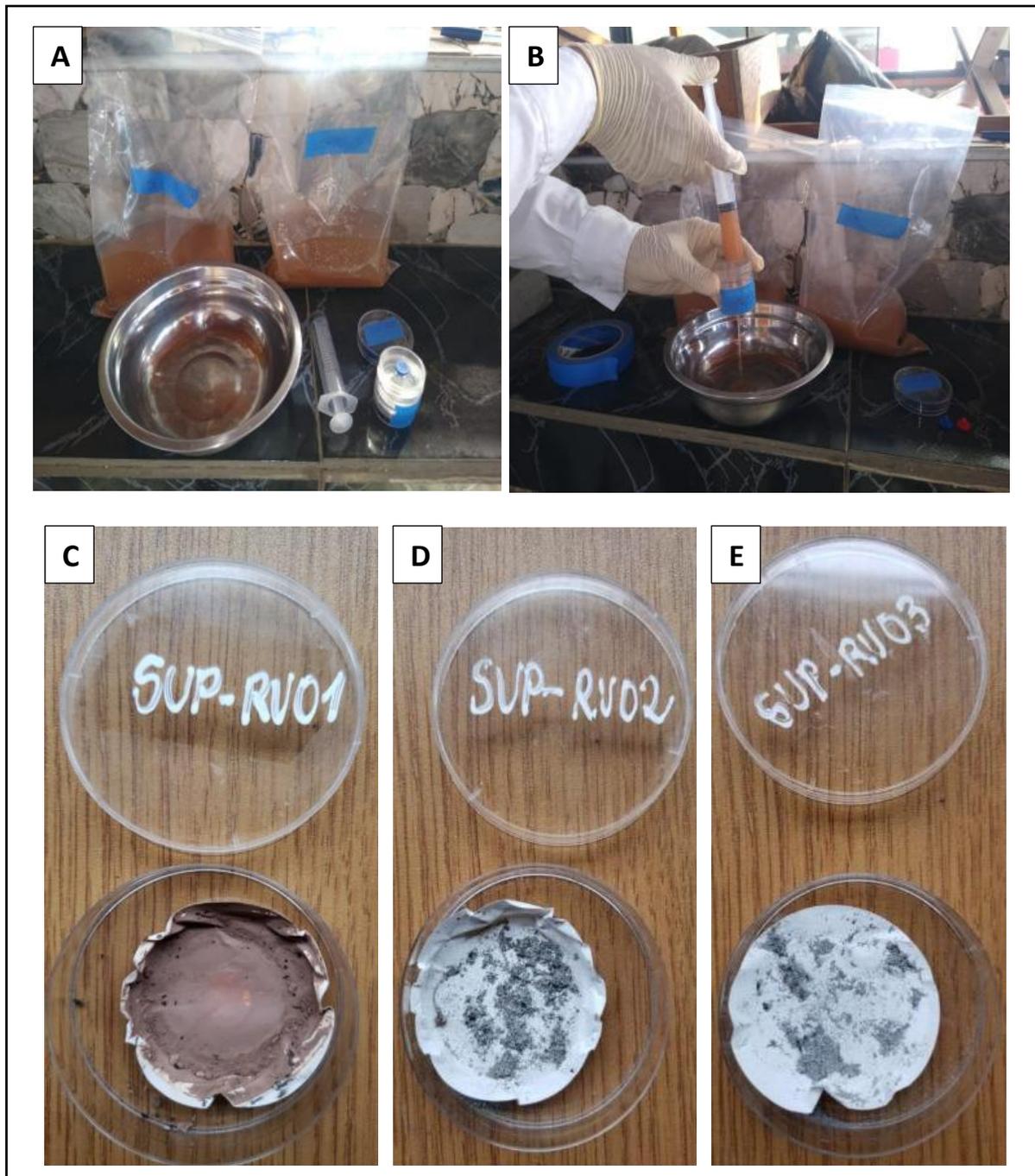
obligó el retroceso de la cobertura glaciaria, es decir, para realizar la toma de muestras se tuvieron que ascender 190 m. más. No obstante, luego de terminar el ascenso, tanto en la sección **A**, **B** y **C**; se realizaron los mismos procesos del mes de marzo para la recolección de las muestras.



**Figura 47.** Toma de muestras de superficie glaciaria en el Nevado Rajuntay a codificación SUP-RU03 con coordenadas N: 8723119.1 y E: 364004 mes de mayo.

Por último, la recolección de muestras en el punto SUP-RU03, presentaron un valor agregado al ascenso de los 5200 m.s.n.m, debido a que el comportamiento climático desde la llegada era inestable, presentó una alta demanda de neblina a lo largo del camino desde las 4:30 am hasta las 6:30 am, no obstante, luego

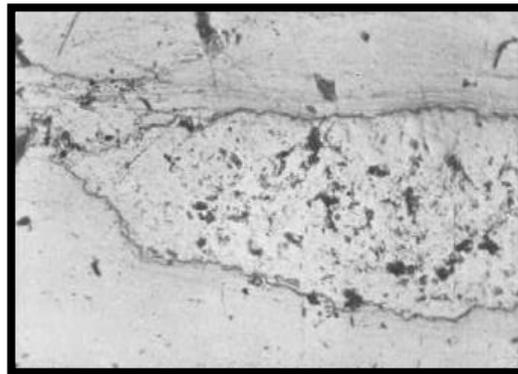
de recolectar las muestras y emprender el camino de regreso, inicio una tormenta eléctrica que fue de la mano con granizada y precipitaciones. Fuera de las mencionadas complicaciones; tanto en la sección **A**, **B** y **C**; se realizaron los mismos procesos de los meses de marzo y abril para la recolección de las muestras.



**Figura 48.** Proceso de filtración aplicado a cada muestra obtenida del Nevado Rajuntay por 3 meses, para la obtención de sedimentos representativos.

La obtención de los sedimentos representativos fue el mismo para las muestras tomadas del Nevado Rajuntay en los meses de marzo, abril y mayo; Inicialmente como se aprecia en la sección **A** se emplearon, 1 PADS a presión (adaptado de monitoreos ocupacionales), 1 Jeringa de 20ml, 1 filtro de celulosa de 0.45 micras, 1 recipiente de acero inoxidable (previamente lavado con agua destilada) y finalmente las muestras, evidentemente de cada monitoreo; Por otra parte, en la sección **B** se aprecia el proceso de filtrado, una vez ya colocado el filtro de celulosa en medio del PADS, se comenzó a pasar los 2Kg de hielo fundido por este, donde quedaron atrapadas los sedimentos representativos de las muestras; Luego de todo el proceso, en las secciones **C**, **D** y **E**, se presentan las muestras de **SUP-RU01**, **SUP-RU02** y **SUP-RU03** donde yacen secas y almacenadas en sus placas Petri, listas para los 2 procesos de evaluación que pasaron.

Para emplear de manera adecuada el trabajo microscópico, se tomaron las fuentes microscópicas comparativas de 3 autores, con la finalidad de fundamentar las caracterizaciones e interpretaciones realizadas en las imágenes obtenidas de manera propia de cada una de las muestras; por ende, en las **Figura 49**, **Figura 50** y **Figura 51** se demuestran las bases teóricas.

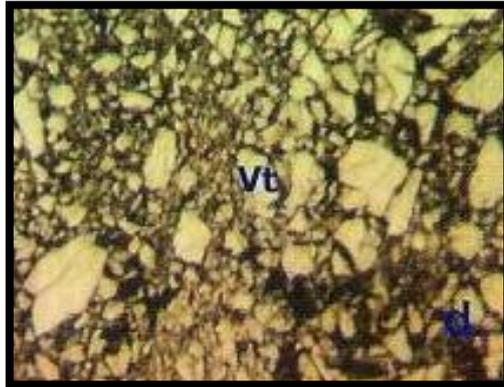


**Figura 49.** Reconocimiento de carbón mineral VITRENO o VITRINITA componentes microscópicos de una muestra

**Fuente:** [Hevia, V. 1953](#)

Donde reconoce que la morfología del carbón no es precisa, no obstante indica que estas formas van desde cuerpos asimétricos hasta formaciones lineales; con una característica distintiva, la totalidad de carbón encontrado en muestras

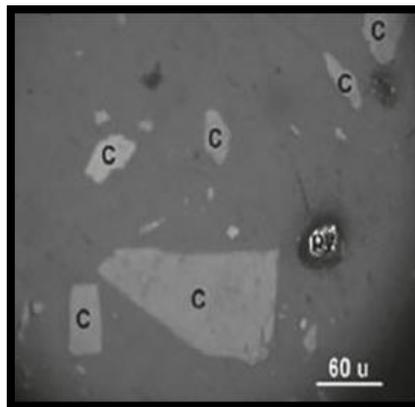
microscópicas presenta una coloración totalmente negra sin transparencia alguna.



**Figura 50.** Identificación de carbón por medio de VITRODENTRINITA naciente de la VITRINITA

**Fuente:** [Rincón, M. 2010](#)

Dicho análisis con métodos microscópicos más actualizados caracteriza las pigmentaciones negras como vitrodentrinita que con microscopios avanzados puede ser reconocida tan solo con el brillo que estos son capaces de transmitir en sus superficies, acotando que no presentan ningún tipo de transparencia.

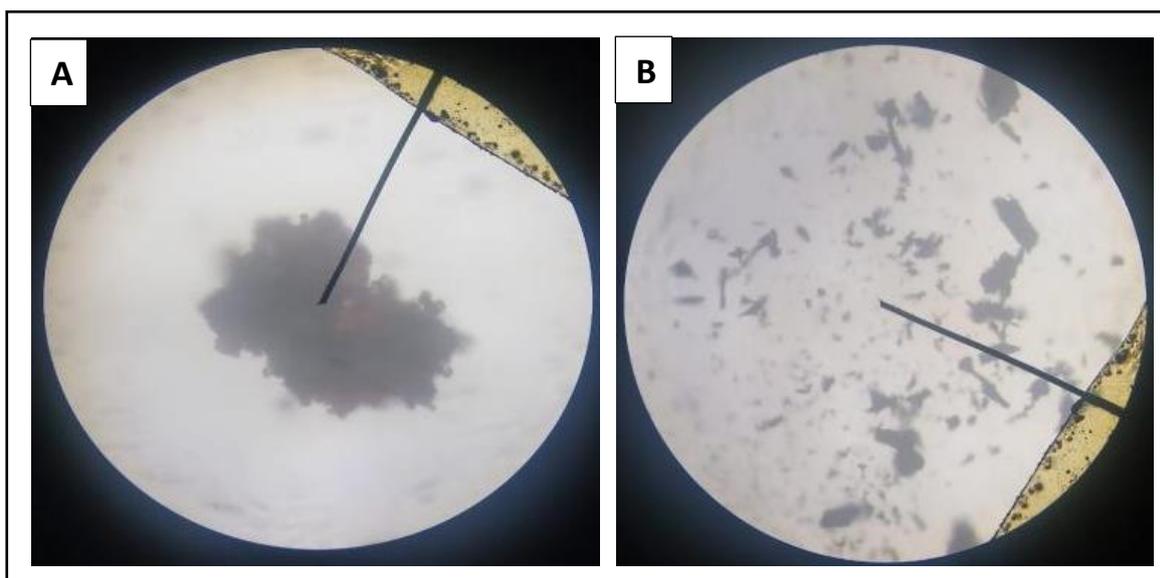


**Figura 51.** Grafito libre en "C" y sus cambios morfológicos

**Fuente:** [Quijandría, J. y Aramburú, R. 2016](#)

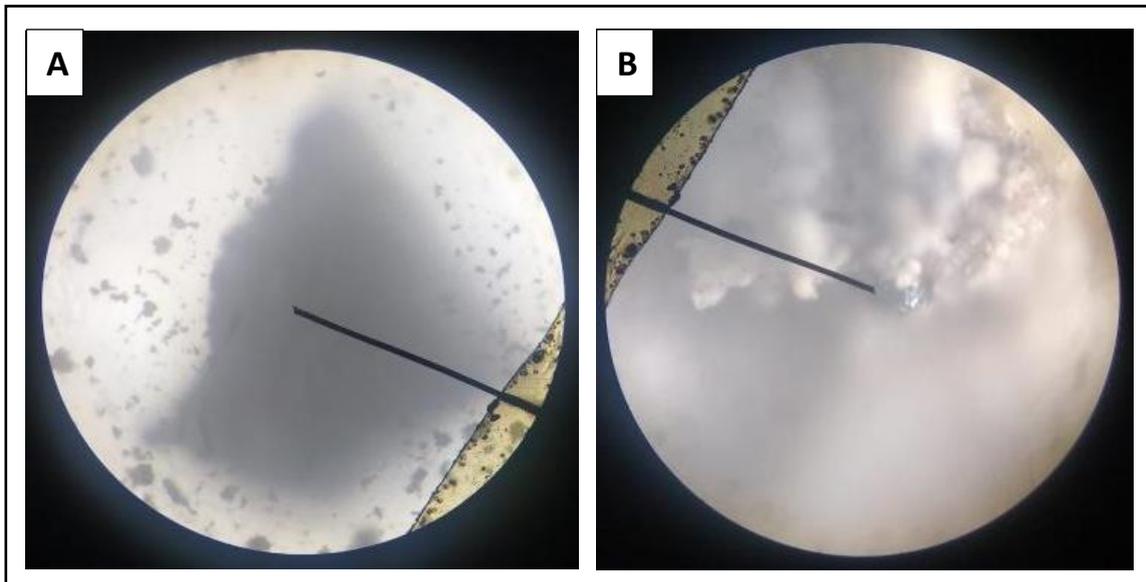
La realización de caracterizaciones microscópicas es capaz de arrojar resultados en materia de presencia de grafito y pirita.

Seguidamente, a las 3 muestras de sedimentos obtenidas del Nevado Rajuntay, se le realizó una evaluación microscópica, con la finalidad de contribuir con los resultados obtenidos de la evaluación de espectro IR. Para fundamentar el trabajo realizado, se toma como base las características del estudio. En este sentido a las coloraciones más llamativas de cada muestra, se las seleccionó y fueron caracterizadas con el microscopio; para esto se presenta en las **Figura 52, Figura 53 y Figura 54**; la evaluación realizada a las muestras de codificación SUP-RU01, SUP-RU02 y SUP-RU03 respectivamente.



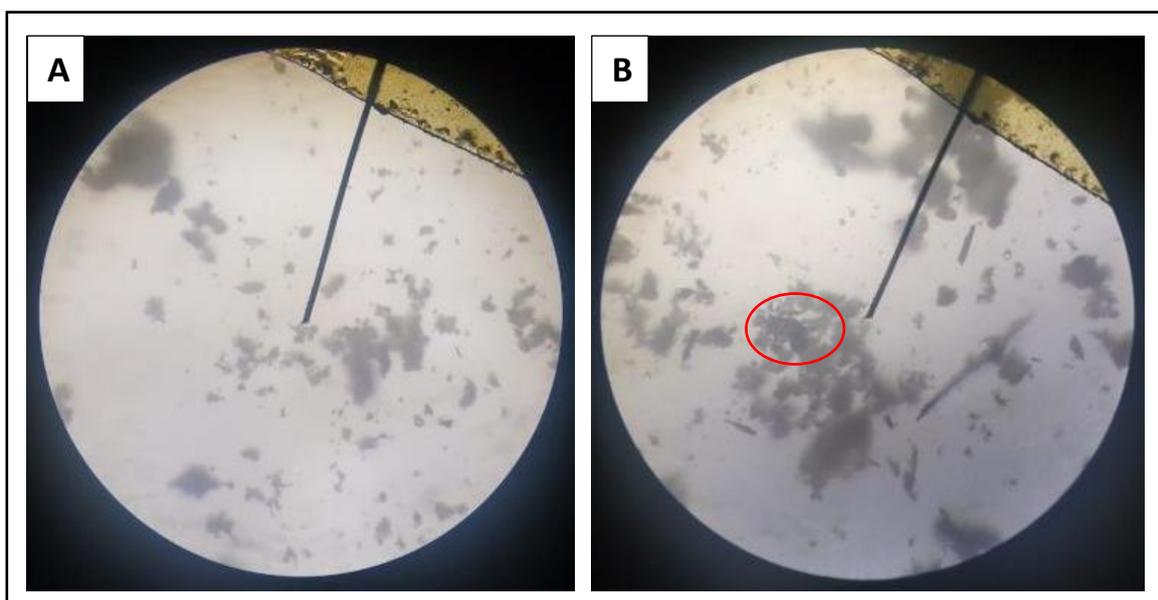
**Figura 52.** Caracterización de 2 coloraciones diferentes en la muestra de código SUP-RU01

Luego de analizar la primera muestra a nivel microscópico con un ocular de tornillo micrométrico 10X a un número de escala de oculares para acromáticos de 20:1 en un microscopio solar con energía luminaria artificial, se lograron encontrar 2 tipos de cualidades distintas, uno de estos presenta una coloración pardo en la sección **A**, lo que se caracteriza como un terrón arcilloso debido a su transparencia rojiza, denotando también por los contornos que su composición estructural está a base de partículas conformando un conglomerado. Por otra parte, la segunda coloración llamativa fue la de unas pigmentaciones totalmente negras, por ende, en la sección **B** se llevó un sedimento al microscopio y se observaron partículas que no cuentan con una morfología exacta y que no denotan ningún tipo de transparencia, lo cual según la **Figura 49** asemeja dichas partículas a la presencia de vitrinita en la muestra.



**Figura 53.** Caracterización de 2 coloraciones diferentes en la muestra de código SUP-RU02

Seguidamente se analizó la segunda muestra a nivel microscópico con un ocular de tornillo micrométrico 10X a un número de escala de oculares para acromáticos de 20:1 en un microscopio solar con energía luminaria artificial, donde en este caso se apreciaba también 2 cualidades distintas, la primera tenía una aparente pigmentación negra la cual fue tomada y observada en la sección **A** donde se descarta la presencia de algún tipo de agente externo, ya que presenta alto nivel de transparencia en los contornos y según la **Figura 49** una partícula de carbón no debe presentar ningún tipo de aspecto trasparente. Por consiguiente, la segunda coloración llamativa fue de un color plomizo, por ende en la sección **B** se tomó una pequeña proporción de este sedimento, y fue llevado al microscopio donde se evidencia la presencia de una partícula de roca granito fanerítico; de tal modo que la muestra representativa del mes de Abril no presenta argumentos ni tampoco aspectos cualitativos que efectúen algún indicio de la presencia de partículas de carbón.



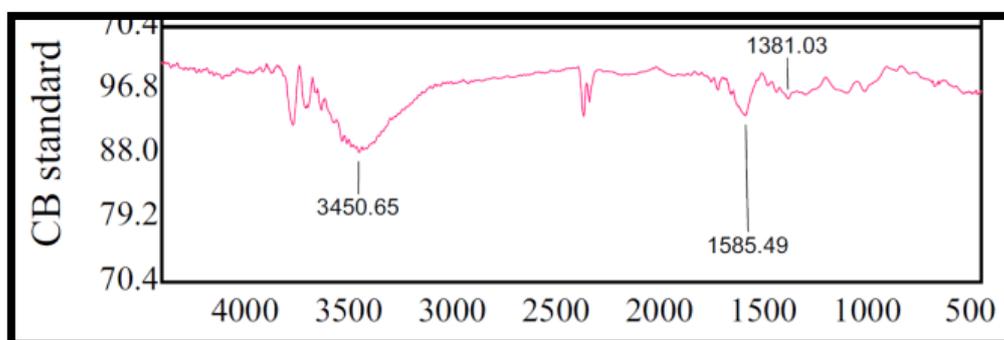
**Figura 54.** Caracterización de 2 morfologías diferentes en la muestra de código SUP-RU03

Seguidamente se analizó la tercera muestra a nivel microscópico con un ocular de tornillo micrométrico 10X a un número de escala de oculares para acromáticos de 20:1 en un microscopio solar con energía luminaria artificial, donde en este caso se apreciaba también 2 cualidades morfológicas distintas, la primera tenía una aparente pigmentación negra la cual fue tomada y observada en la sección **A** donde se descarta que sea algún tipo de carbón debido a su alta transparencia y morfología sin punta a los contornos, aparentemente siendo sedimentos de polvo, mas no carbón, que según la **Figura 49** y la **Figura 50**, una partícula de carbón no debe presentar ningún tipo de aspecto transparente. Luego, la segunda morfología llamativa fue la de pigmentos negros con una tonalidad más fuerte, por ende en la sección **B** se tomó una pequeña proporción de este sedimento, y fue llevado al microscopio donde no se lograba percibir la presencia de pigmentos negro en su totalidad, no obstante, dentro de la confusa visibilidad detrás del conglomerado de tierra se marca con un círculo rojo la posible presencia bajo el conglomerado de tierra de un pigmento negro sin transparencia lo que podría ser un indicador de la presencia de algún tipo de carbón asemejándolo a un sedimento de vitrinita.

Finalizadas las evaluaciones por medio del microscopio, las muestras fueron enviadas al laboratorio de la Facultad de Petróleo de la Universidad Nacional de

Ingeniería (UNI), donde fue realizado el análisis por espectro de Infrarrojo (Espectro IR) para la determinación cualitativa de presencia de Black Carbon (Hollín) en las muestras; cabe mencionar que después de realizar el análisis con el microscopio se crearon interrogantes en función a las coloraciones que poseen las muestras; por ende, al trabajo conjunto que se realizó con el personal a cargo del análisis, se sugirió, que en cada muestra se analicen las mismas coloraciones que se analizaron con el microscopio, creando de esta manera una contrastación entre uno y otro resultado.

El patrón de Espectro IR de Black carbon (Hollín) no es común, no obstante, en un estudio realizado en indonesia se realizó este proceso, determinando un patrón referente presentado en la **Figura 55**.

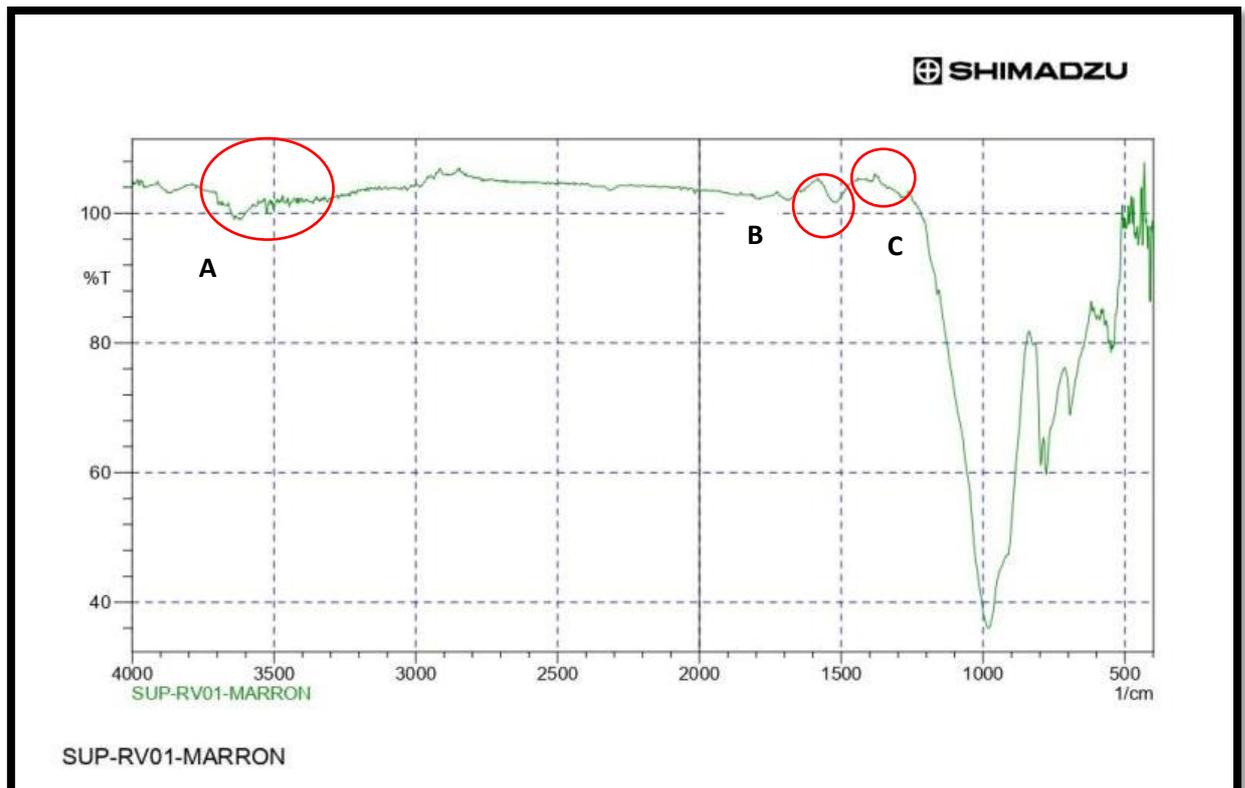


**Figura 55.** Patrón estándar de Black Carbon para determinación por espectro de IR

Fuente: [Sugatri, et. al. 2021](#)

Donde indica que para determinar la presencia cualitativa de Black Carbon se deben apreciar 3 picos, el primero debe de tener alrededor de 3450.65  $\text{cm}^{-1}$  que implica la presencia de un grupo Hidroxilo; el segundo pico debe tener alrededor de 1585.49  $\text{cm}^{-1}$  que denota la presencia de compuestos aromáticos y el tercero debe tener alrededor de 1381.03  $\text{cm}^{-1}$  que será un indicador de la presencia de un grupo carboxilo.

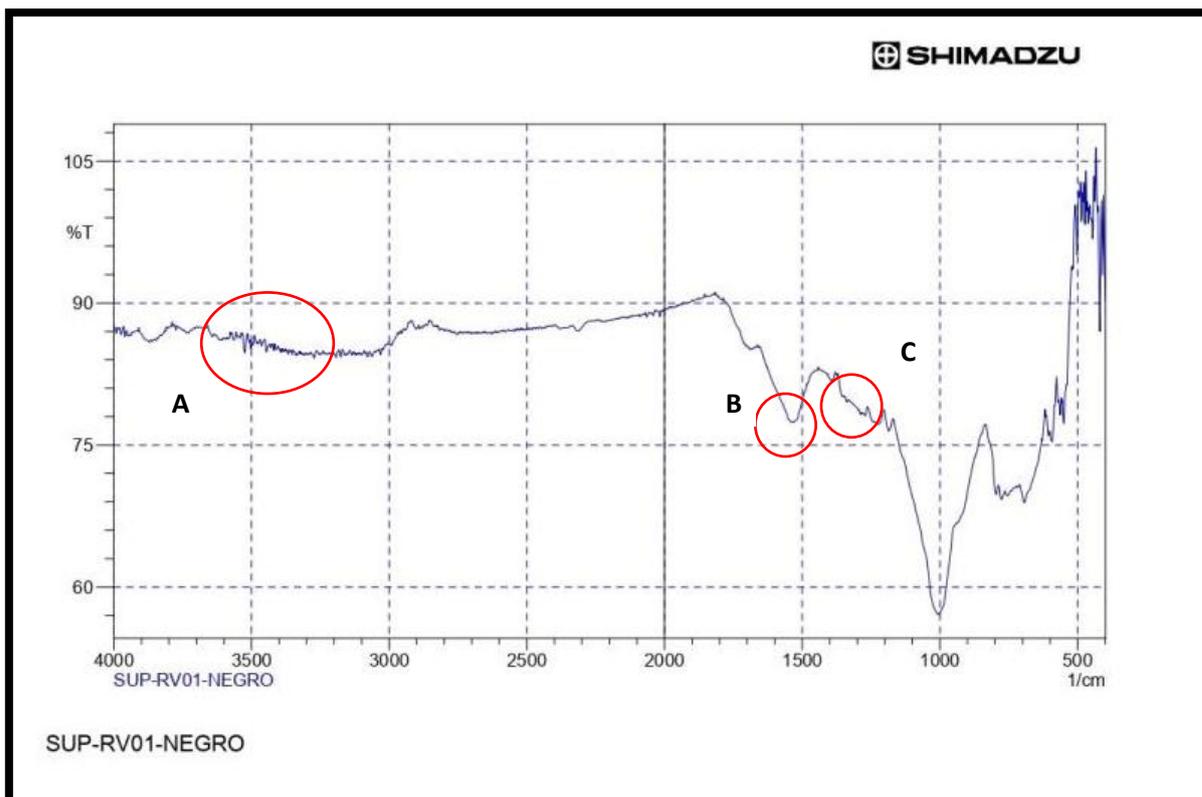
Con los resultados proporcionados por el laboratorio, se caracterizaron todos y cada uno de ellos, por consiguiente son presentados en el **Gráfico 24** y **Gráfico 25**, la frecuencia de ondas obtenida en la muestra del Nevado Rajuntay tomada el mes de marzo.



**Gráfico 24.** Espectro IR de los sedimentos marrones de la muestra SUP-RU01

Por ende, en la interpretación práctica del gráfico se puede observar en **A** que existe una alteración que no es capaz de alcanzar un pico, por ende, queda descartada la presencia de algún grupo hidroxilo, por otra parte en **B** si se aprecia coincidentemente un pico de 1570  $\text{cm}^{-1}$  lo que implica la presencia de un compuesto aromático; finalmente en **C** no se aprecia ningún tipo de indicio o inclinación hacia un pico, lo que denota la ausencia de algún grupo carboxilo.

Se concluye, que en la coloración MARRÓN de la muestra codificada como SUP-RU01, **no existe** la presencia de Black Carbon (Hollín).

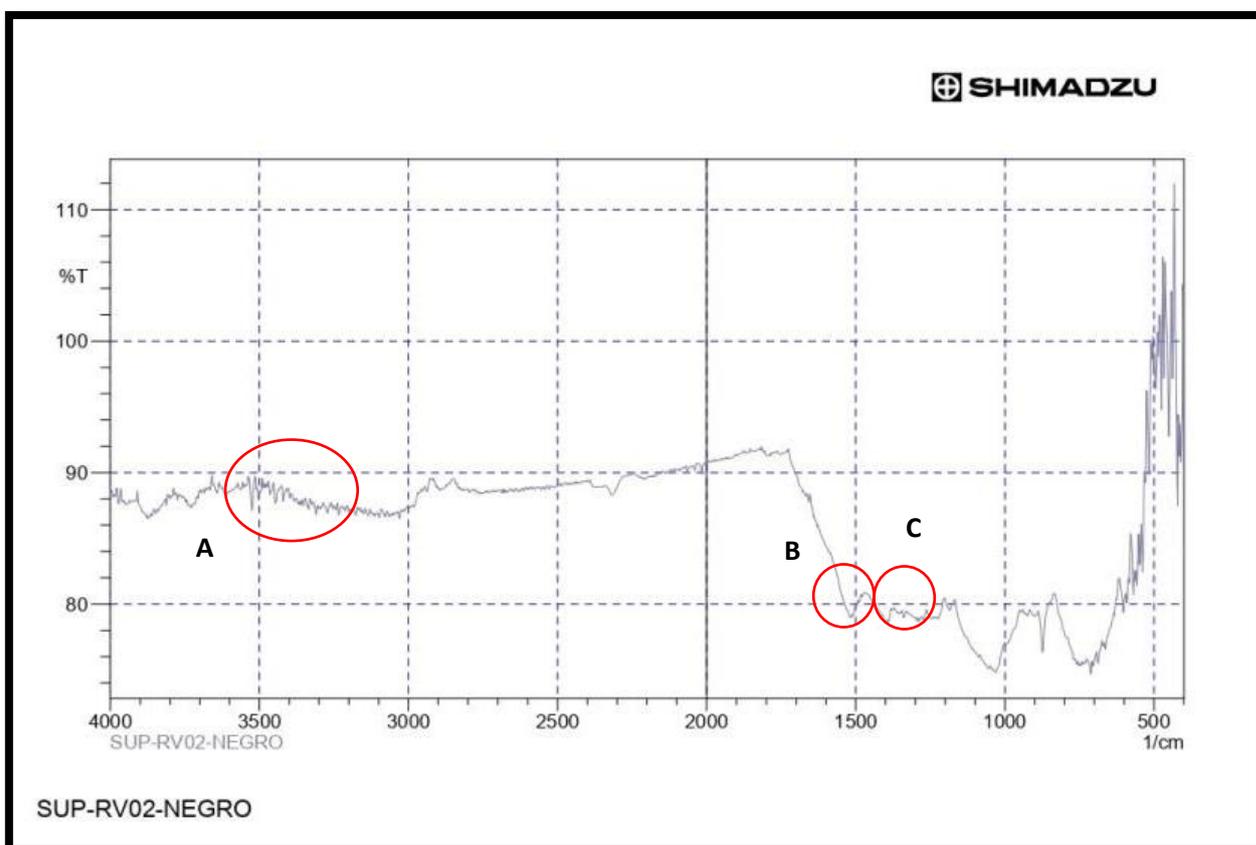


**Gráfico 25.** Espectro IR de los sedimentos negros de la muestra SUP-RU01

Al realizar, la interpretación práctica del gráfico se puede observar en **A** que existe una tendencia a la formación de un pico desde 3250  $\text{cm}^{-1}$  hasta 3490  $\text{cm}^{-1}$  alteración capaz de alcanzar un pico, por ende, se determina la presencia de un grupo hidroxilo con una frecuencia de onda débil, seguidamente en **B** si, se logra corroborar la presencia de un pico de 1580  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda fuerte, determinando la presencia de un compuesto aromático; finalmente en **C** se determina la presencia de un pico de 1340  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda débil, lo que corrobora la presencia de un grupo carboxilo.

Se concluye, que en la coloración NEGRO de la muestra codificada como SUP-RU01, **existe** la presencia de Black Carbon (Hollín).

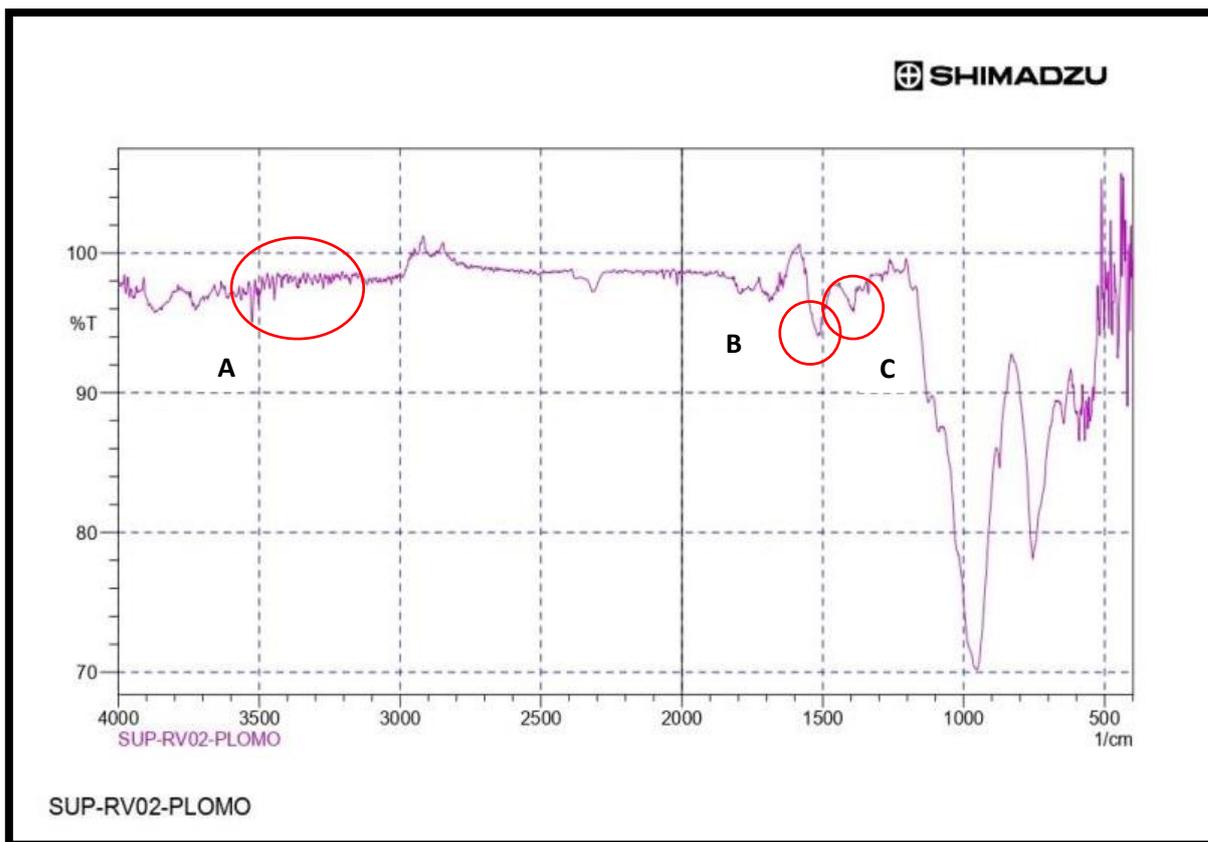
Estableciendo una separación por cada resultado según la temporalidad de evaluación y toma de muestra se presentan los **Gráfico 26** y **Gráfico 27**, para la interpretación de la frecuencia de ondas obtenida en la muestra del Nevado Rajuntay tomada el mes de abril.



**Gráfico 26.** Espectro IR de los sedimentos negros de la muestra SUP-RU02

Al realizar, la interpretación práctica del gráfico se puede observar en **A** que existe una tendencia a la formación de un pico desde 3250  $\text{cm}^{-1}$  hasta 3490  $\text{cm}^{-1}$  alteración capaz de alcanzar un pico, por ende, se determina la presencia de un grupo hidroxilo con una frecuencia de onda débil, seguidamente en **B** existe un pico 1550  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda débil que podría ser parte de un compuesto aromático; finalmente en **C** se presenta una alteración en 1300  $\text{cm}^{-1}$  hasta 1490  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda muy débil, lo que no es suficiente para demostrar indicios de un grupo carboxilo.

Se concluye, que en la coloración NEGRO de la muestra codificada como SUP-RU02, **no existe** la presencia de Black Carbon (Hollín).

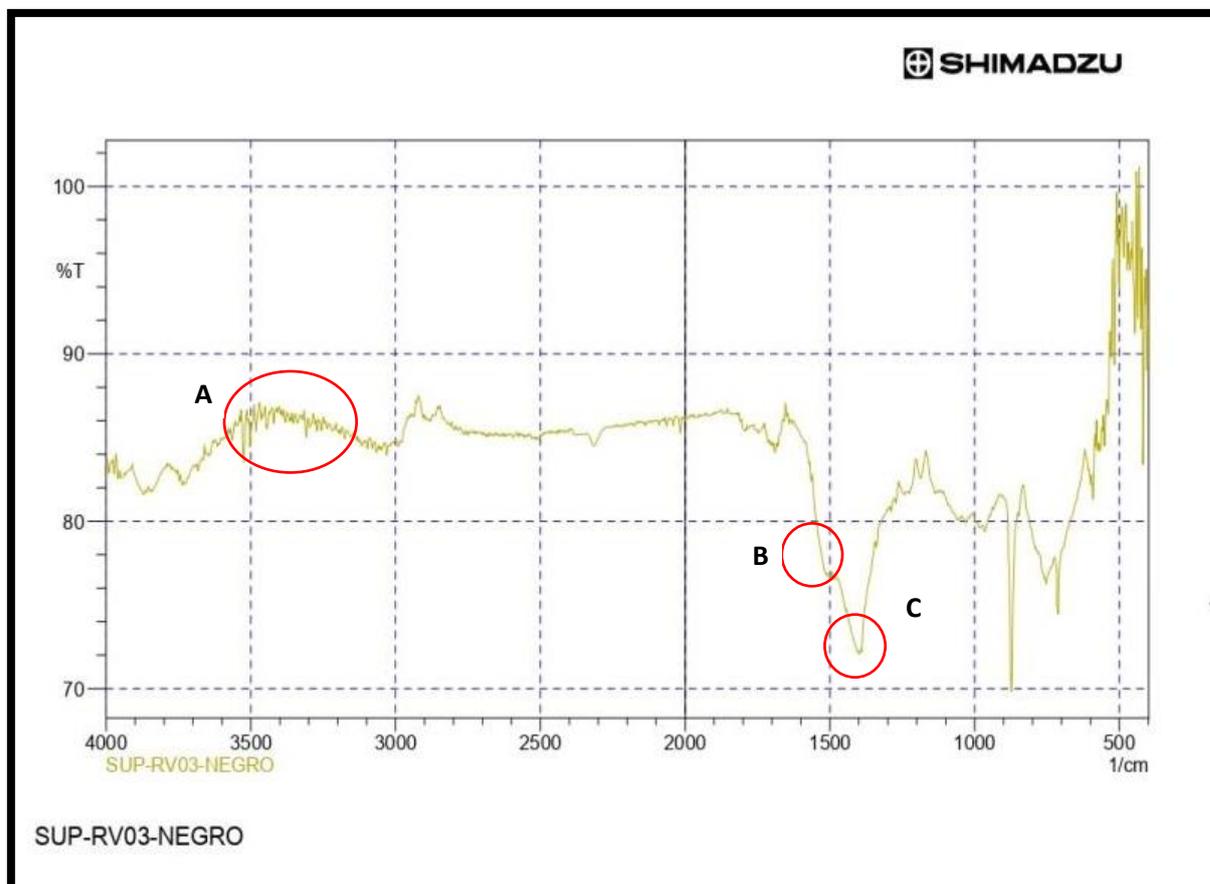


**Gráfico 27.** Espectro IR de los sedimentos plomos de la muestra SUP-RU02

En la interpretación del gráfico se puede observar en **A** que existe una tendencia acelerada en la formación de un pico desde 3300  $\text{cm}^{-1}$  hasta 3550  $\text{cm}^{-1}$ , por ende, se determina la presencia de un grupo hidroxilo con una frecuencia de onda relativamente fuerte, seguidamente en **B** si, se logra corroborar la presencia de un pico de 1550  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda fuerte, determinando la presencia de un compuesto aromático; finalmente en **C** se determina la presencia de un pico de 1380  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda fuerte, lo que corrobora la presencia de un grupo carboxilo.

Se concluye, que en la coloración PLOMO de la muestra codificada como SUP-RU02, **existe** la presencia de Black Carbon (Hollín).

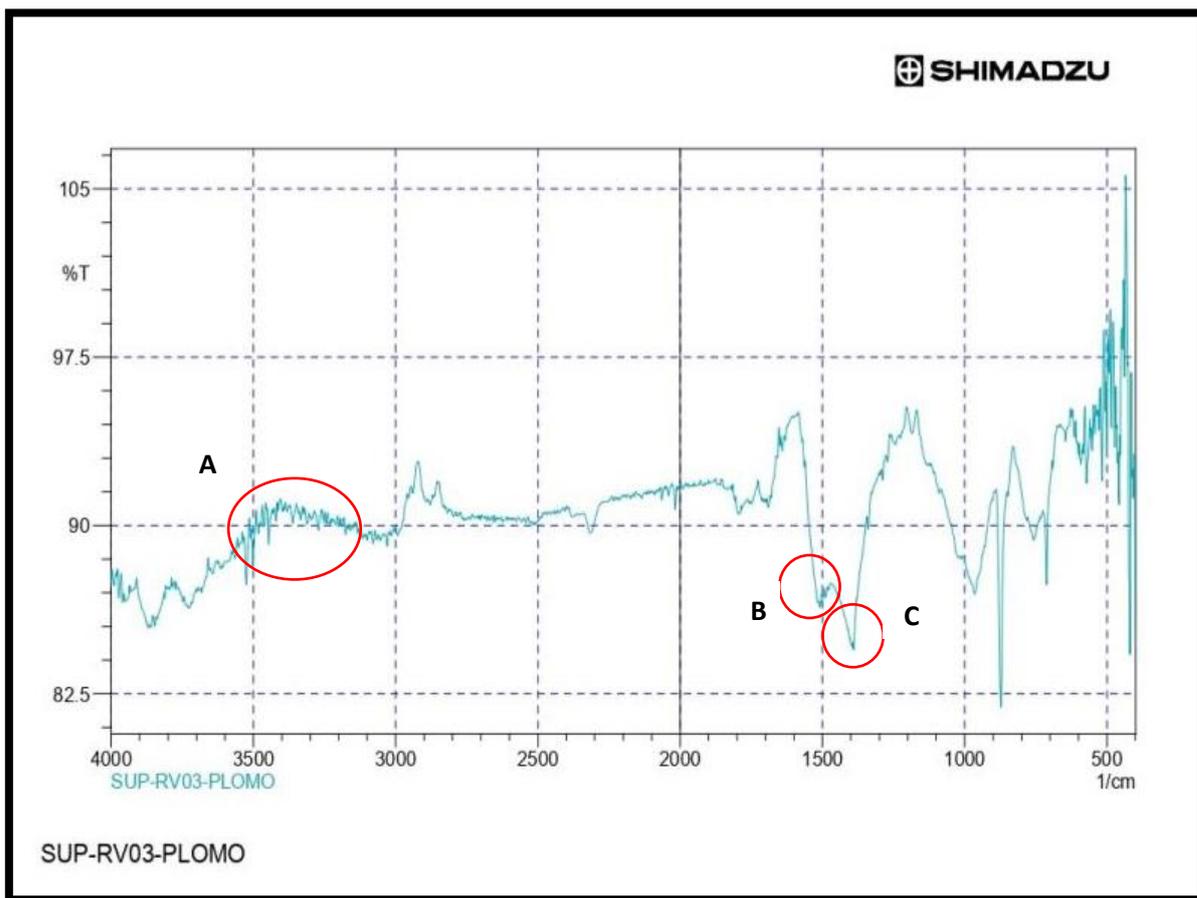
Los últimos resultados de las muestras tomadas en el Nevado Rajuntay en la última expedición del mes de mayo se presentan en los **Gráfico 28** y **Gráfico 29**.



**Gráfico 28.** Espectro IR de los sedimentos negros de la muestra SUP-RU03

En la interpretación del gráfico se puede observar en **A** que existe una tendencia decreciente en la formación de un pico desde 3250  $\text{cm}^{-1}$  hasta 3500  $\text{cm}^{-1}$ , por ende, se descarta la presencia de un grupo hidroxilo con una frecuencia de onda débil, seguidamente en **B** no se logra apreciar la presencia de ningún pico en la zona referenciada a los 1500  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda nula, descartando la presencia de algún compuesto aromático; finalmente en **C** si se determina la presencia de un pico de 1390  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda fuerte, lo que corrobora la presencia de un grupo carboxilo.

Se concluye, que en la coloración NEGRO de la muestra codificada como SUP-RU03, **no existe** la presencia de Black Carbon (Hollín).



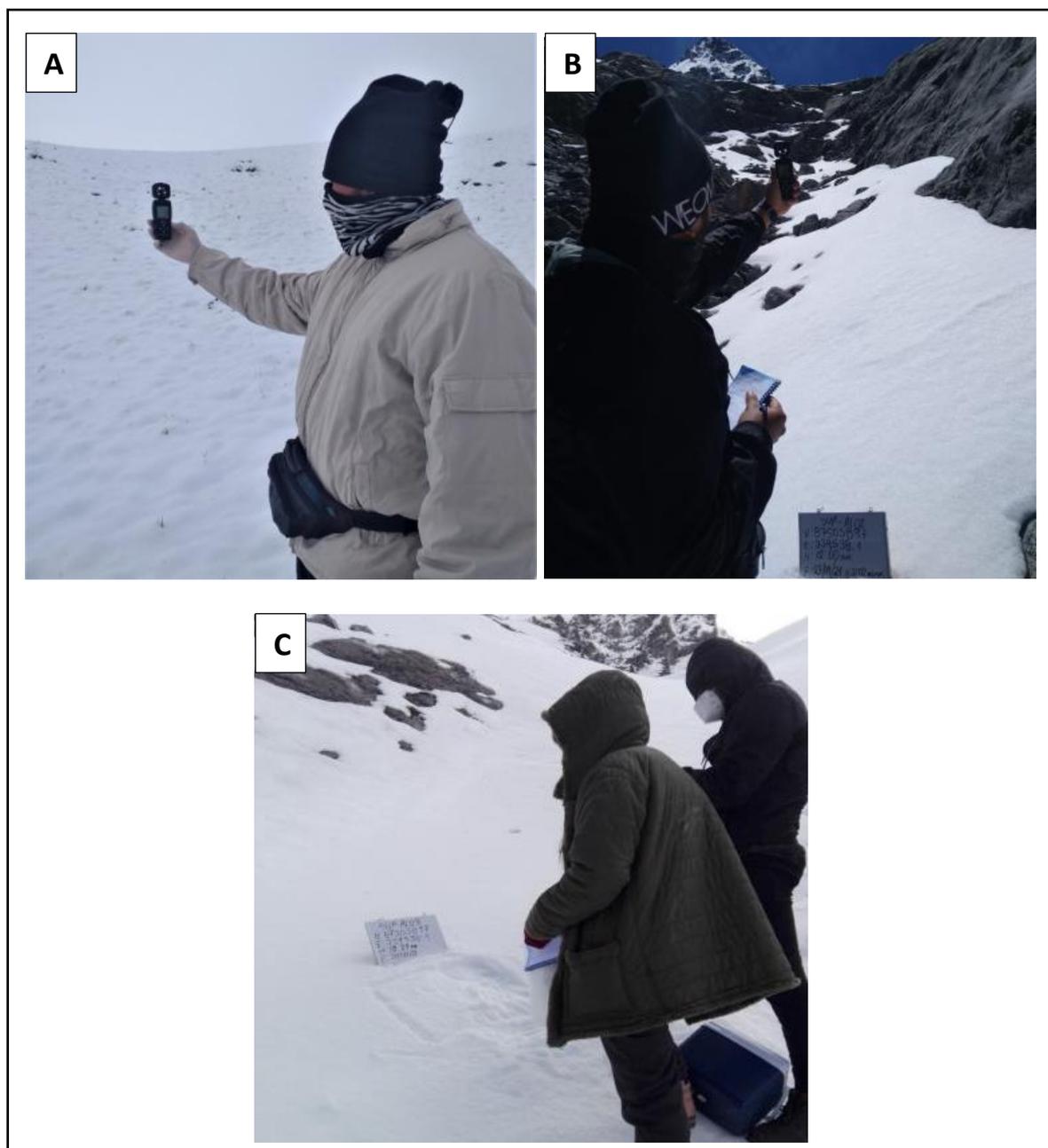
**Gráfico 29.** Espectro IR de los sedimentos plomos de la muestra SUP-RU03

En la interpretación del gráfico se puede observar en **A** que existe una tendencia decreciente en la formación de un pico desde 3250  $\text{cm}^{-1}$  hasta 3500  $\text{cm}^{-1}$ , por ende, se descarta la presencia de un grupo hidroxilo con una frecuencia de onda débil, seguidamente en **B** se logra apreciar la presencia de un pico en la zona referenciada a los 1510  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda débil, descartando la presencia de algún compuesto aromático; finalmente en **C** si se determina la presencia de un pico de 1380  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda fuerte, lo que corrobora la presencia de un grupo carboxilo.

Se concluye, que en la coloración PLOMO de la muestra codificada como SUP-RU03, **no existe** la presencia de Black Carbon (Hollín).

## Determinación de la Presencia de Black Carbon (Hollín) en el Nevado Alcoy

Simultáneamente a los procesos de monitoreo del Nevado Rajuntay, se evaluaron las condiciones climáticas previa toma de muestras en el Nevado Alcoy con una diferencia cronológica (+- 1 día), el proceso de evaluación de la velocidad del viento (m/s) y temperatura ambiental (°C), con el anemómetro se presenta en la **Figura 56**.



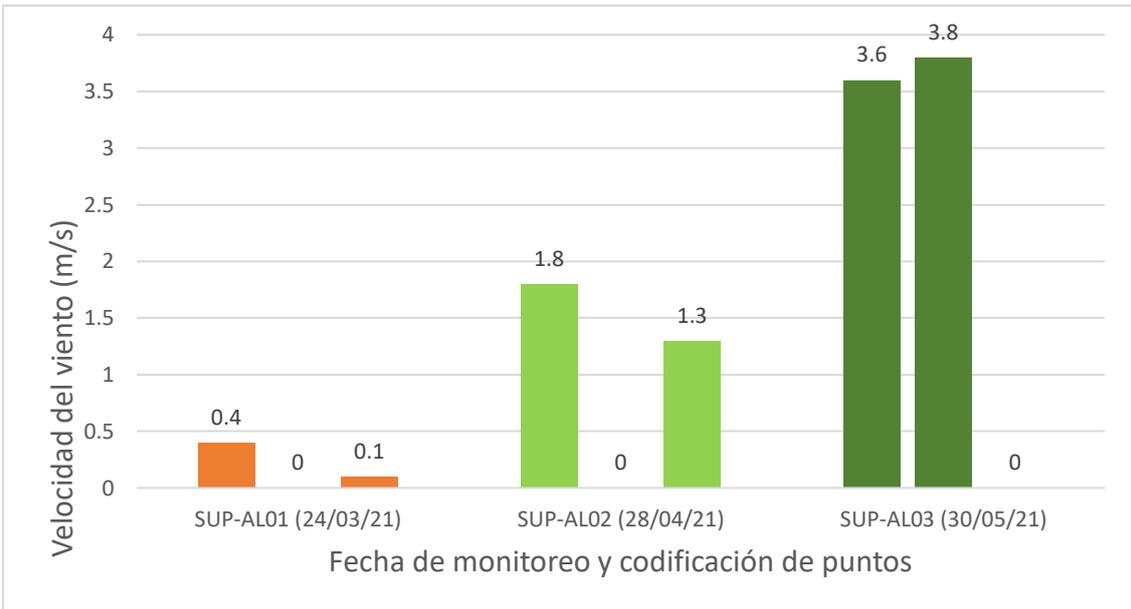
**Figura 56.** Monitoreo de la velocidad del viento (m/s) y temperatura ambiental (°C) por cada expedición realizada en el Nevado Alcoy

Dentro de la toma de registros, la sección **A** denota la toma de datos con el anemómetro en el punto **SUP-AL01** donde se realizaron 3 registros de velocidad del viento 0.4m/s, 0.0m/s y 0.1m/s y de igual forma se realizaron 3 registros de temperatura de 6.0°C, 6.0°C y 6.0°C todos registrados en el mes de marzo; por otra parte en la sección **B** en el punto **SUP-AL02** se realizaron 3 registros de velocidad del viento 1.8m/s, 0.0m/s y 1.3m/s y de igual forma se realizaron 3 registros de temperatura de 8.0°C, 8.2°C y 8.3°C todos registrados en el mes de abril; por último, en la sección **C** en el punto **SUP-AL03** se realizaron 3 registros de velocidad del viento 3.6m/s, 3.8m/s y 0.0m/s y de igual forma se realizaron 3 registros de temperatura de 6.9°C, 7.0°C y 6.9°C todos registrados en el mes de mayo; todos los datos fueron presentados en la **Tabla 25** para organizarlos de forma secuencial.

**Tabla 25.** Registro de datos tomados previa recolección de muestras en el Nevado Alcoy

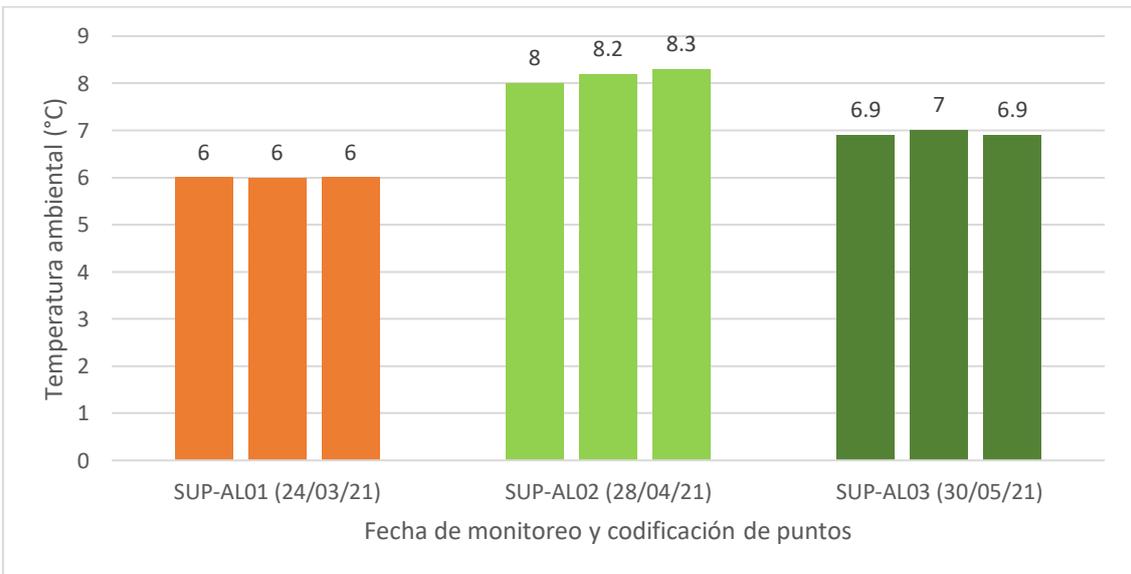
Fecha de Monitoreo	Código del punto	Velocidad del viento (m/s)	Temperatura ambiental (°C)
24/03/2021	SUP-AL01	0.4	6
		0.0	6
		0.1	6
28/04/2021	SUP-AL02	1.8	8
		0.0	8.2
		1.3	8.3
30/05/2021	SUP-AL03	3.6	6.9
		3.8	7
		0.0	6.9

De esta forma, fue más preciso organizar los datos obtenidos previa toma de muestras, siendo separarlos según el indicador como lo son velocidad del viento (m/s) y la temperatura ambiental (°C), luego los mismos datos fueron esquematizados en base a su codificación y fecha; por ende, el comportamiento de dichos indicadores se presentan en el **Gráfico 30** y el **Gráfico 31**



**Gráfico 30.** Comportamiento de la velocidad del viento (m/s) previa toma de muestras en el Nevado Alcoy

La geología del Nevado Alcoy es un tanto complicada, debido a que se encuentra cubierta por otras colinas, carentes de cobertura glaciar, las cuales evidentemente influyen en la llegada de la corriente de viento a la zona glaciar, por ende, como se aprecia en los 3 registros de cada mes, se evidencia un 0m/s indicador de que las corrientes de viento no son continuas en la zona.



**Gráfico 31.** Comportamiento de la temperatura ambiental (°C) previa toma de muestras en el Nevado Alcoy

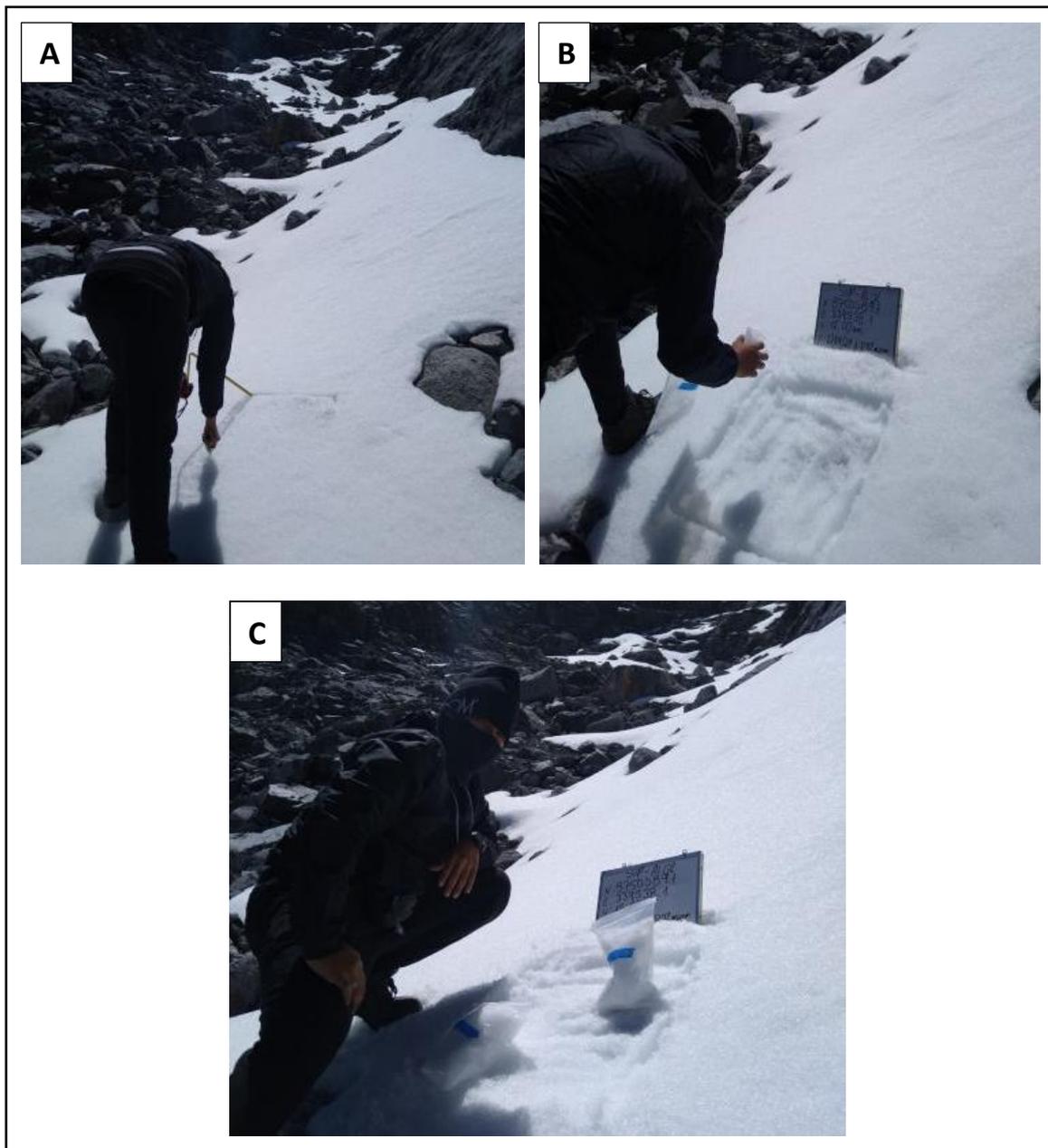
Punto que debe ser mencionado es que las temperaturas en el Nevado Alcoy son sensitivamente más bajas que en Nevado Rajuntay, atribuido a la mayor cantidad de lagunas que existen en la zona, además en el gráfico se observa una estabilidad consecuente de las temperaturas registradas en cada monitoreo, no obstante, siendo más bajas que los 9°C.

Finalmente, se procedió a la toma de muestras, en las siguientes **Figura 57**, **Figura 58** y **Figura 59**; se presenta los procesos realizados en los meses de marzo, abril y mayo para la recaudación de la nieve superficial. Por último, en la **Figura 60**, se presentan los proceso de filtrado, obtención de sedimentos y almacenamiento de las muestras representativas



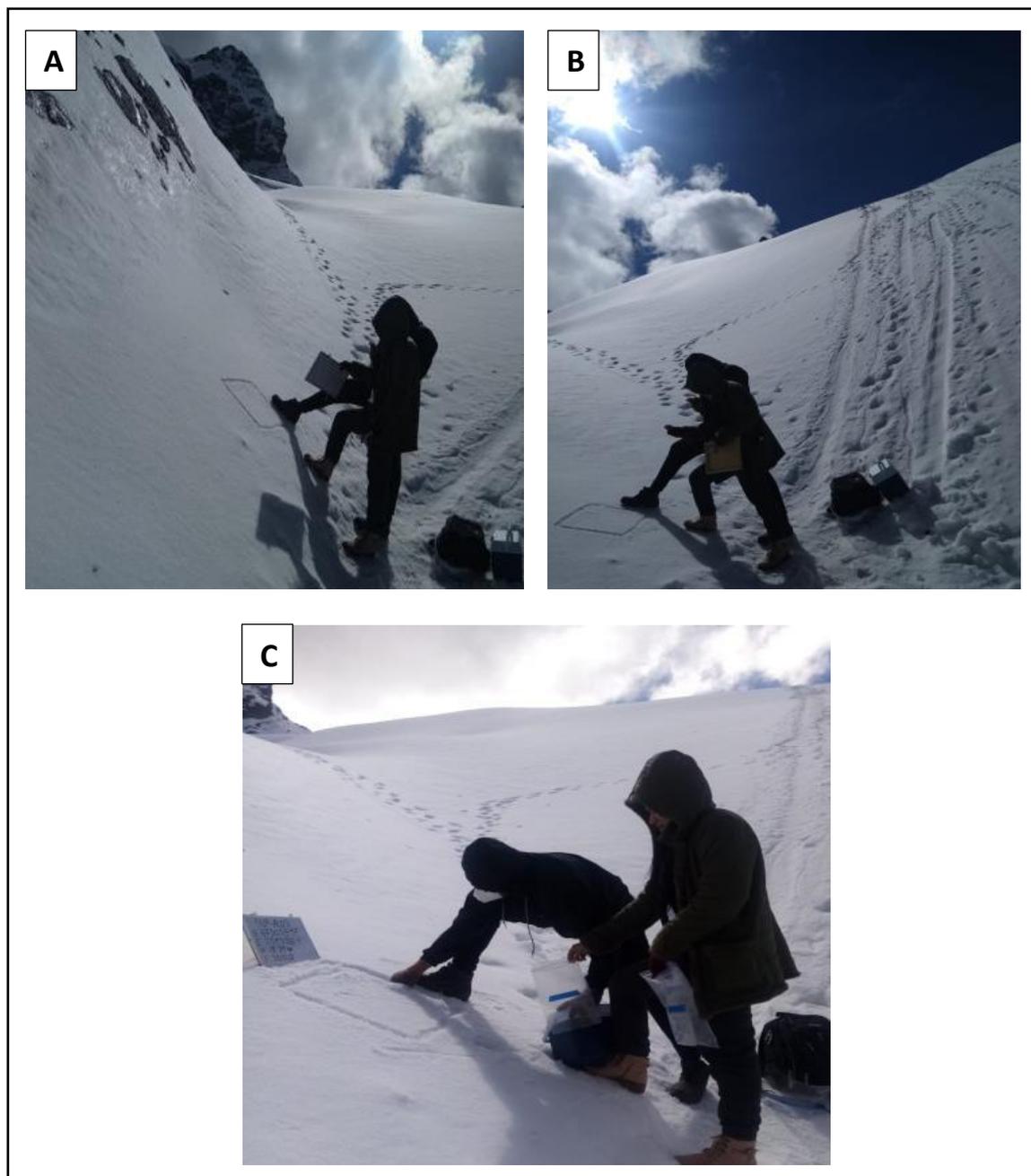
**Figura 57.** Toma de muestras de superficie glaciar en el Nevado Alcoy a codificación SUP-AL01 con coordenadas N: 8750868 y E: 340079 mes de marzo.

En el punto SUP-AL01, se realizó la toma de muestras, como se puede apreciar en la sección **A**, la lectura de las coordenadas y la delimitación del espacio de trabajo, seguidamente en la sección **B** se puede observar cómo se retiran 2 cm de cobertura superficial de nieve, puesto que en la sección **C** se presentan las muestras debidamente almacenadas en 2 bolsas herméticas de 1kg de capacidad cada una.



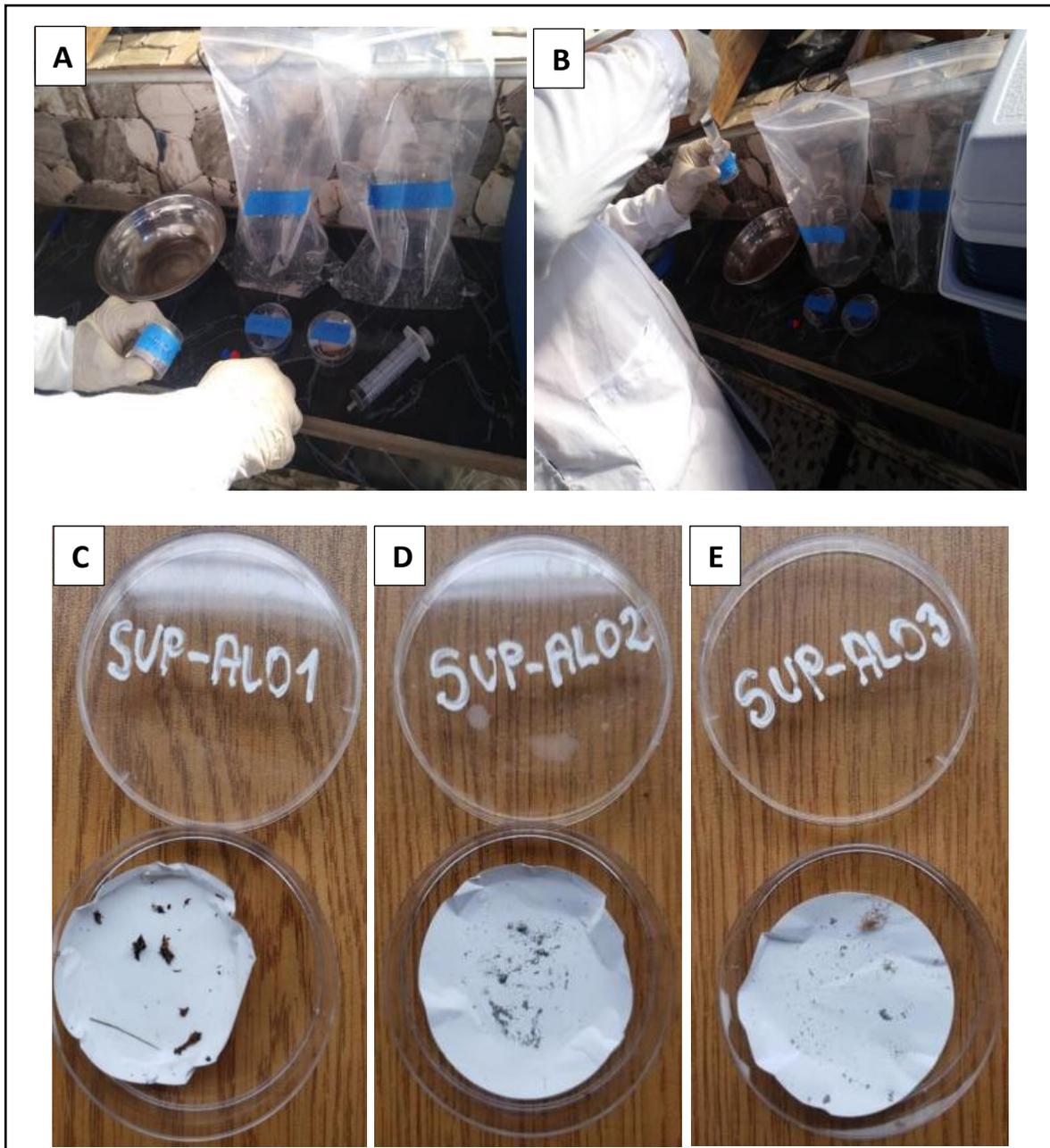
**Figura 58.** Toma de muestras de superficie glaciar en el Nevado Alcoy a codificación SUP-AL02 con coordenadas N: 8750589.7 y E: 339538.1 mes de abril.

Para el mes de abril en el Nevado Alcoy se presentó la misma problemática que en el Nevado Rajuntay; el punto SUP-AL02, debido a que el cambio de estación obligó el retroceso de la cobertura glaciaria, es decir, para realizar la toma de muestras se tuvo que ascender 164 m. más. No obstante, luego de terminar el ascenso, tanto en la sección **A**, **B** y **C**; se realizaron los mismos procesos del mes de Marzo para la recolección de las muestras.



**Figura 59.** Toma de muestras de superficie glaciaria en el Nevado Alcoy a codificación SUP-AL03 con coordenadas N: 8750589.7 y E: 339538.1 mes de mayo

En mayo se apreciaron a nivel campo diferencias en la condición climática, no obstante, en la sección **A**, **B** y **C**; se observa que pese a esto se realizaron los mismos procesos de los meses de marzo y abril para la recolección de las muestras en el punto SUP-AL03. Se debe añadir que la situación climática fue pasando, lo cual a 1 hora de emprender el descenso después de la toma de muestras, las nubes desaparecieron, dejando un campo sumamente despejado.



**Figura 60.** Proceso de filtración aplicado a cada muestra obtenida del Nevado Alcoy por 3 meses, para la obtención de sedimentos representativos

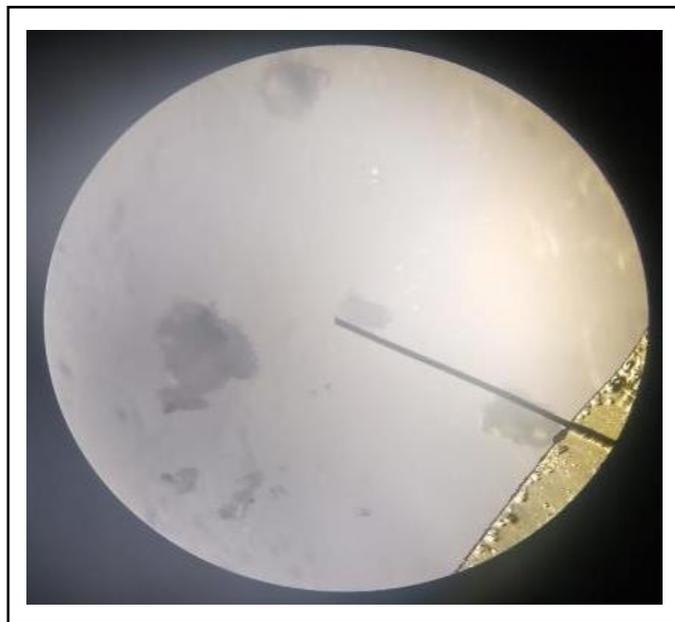
De igual manera al trabajo realizado en las 3 muestras del Nevado Rajuntay. La obtención de los sedimentos representativos fue el mismo para las muestras tomadas del Nevado Alcoy en los meses de marzo, abril y mayo; Inicialmente como se aprecia en la sección **A** se empleó, 1 PADS a presión (adaptado de monitoreos ocupacionales), 1 Jeringa de 20ml, 1 filtro de celulosa de 0.45 micras, 1 recipiente de acero inoxidable (previamente lavado con agua destilada) y finalmente las muestras, evidentemente de cada monitoreo; Por otra parte, en la sección **B** se aprecia el proceso de filtrado, una vez ya colocado el filtro de celulosa en medio del PADS, se comenzó a pasar los 2Kg de hielo fundido por este, donde quedaron atrapadas los sedimentos representativos de las muestras; Luego de todo el proceso, en las secciones **C**, **D** y **E**, se presentan las muestras de **SUP-AL01**, **SUP-AL02** y **SUP-AL03** donde yacen secas y almacenadas en sus placas Petri, listas para los 2 procesos de evaluación que pasaron.

Luego de la obtención de dichas muestras, las 3 placas Petri de sedimentos obtenidos del Nevado Alcoy, se le realizó la misma operación microscópica, con la finalidad de contribuir con los resultados obtenidos de la evaluación de espectro IR. En este sentido a las coloraciones y morfología más llamativas de cada muestra, se las seleccionó y fueron caracterizadas con el microscopio; para esto se presenta en las **Figura 61**, **Figura 62** y **Figura 63**, las evaluaciones realizadas a las muestras de codificación SUP-AL01, SUP-AL02 y SUP-AL03 respectivamente.



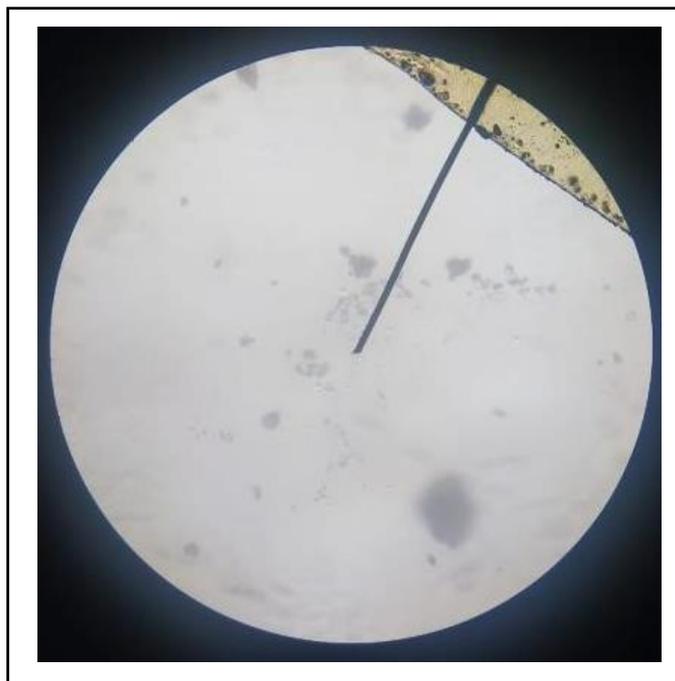
**Figura 61.** Caracterización de 2 morfologías diferentes en la muestra de código SUP-AL01

Luego de analizar la primera muestra a nivel microscópico con un ocular de tornillo micrométrico 10X a un número de escala de oculares para acromáticos de 20:1 en un microscopio solar con energía luminaria artificial, se lograron encontrar 2 tipos de cualidades distintas, uno de estos presenta una coloración verde claro en la sección **A**, se caracteriza lo que a simple vista es un tejido vegetal, por su translucidez y las ramificaciones con las que viene acompañado. Por otra parte, en la sección **B** aparentemente se presentan las mismas características de la primera muestra; no obstante, el contorno derecho efectivamente indica las características de una hoja de planta pero la zonas en los círculos rojos, tenía pequeñas partículas sólidas adheridas, las cuales se optó por no separar, debido a que no se podían apreciar bien y parecían ser parte de la fibra. Por ende, con el método de evaluación microscópica no lo logró obtener ninguna señal de carbón.



**Figura 62.** Caracterización de 1 morfología particular en la muestra de código SUP-AL02

Luego de analizar la segunda muestra a nivel microscópico con un ocular de tornillo micrométrico 10X a un número de escala de oculares para acromáticos de 20:1 en un microscopio solar con energía luminaria artificial, se logró encontrar 1 tipo de partículas, donde claramente, no se aprecia ningún tipo de relevancia cualitativa debido a la alta transparencia que tienen estos fragmentos, añadiendo que su morfología tiene los contornos redondos sin apariencias de carbón.

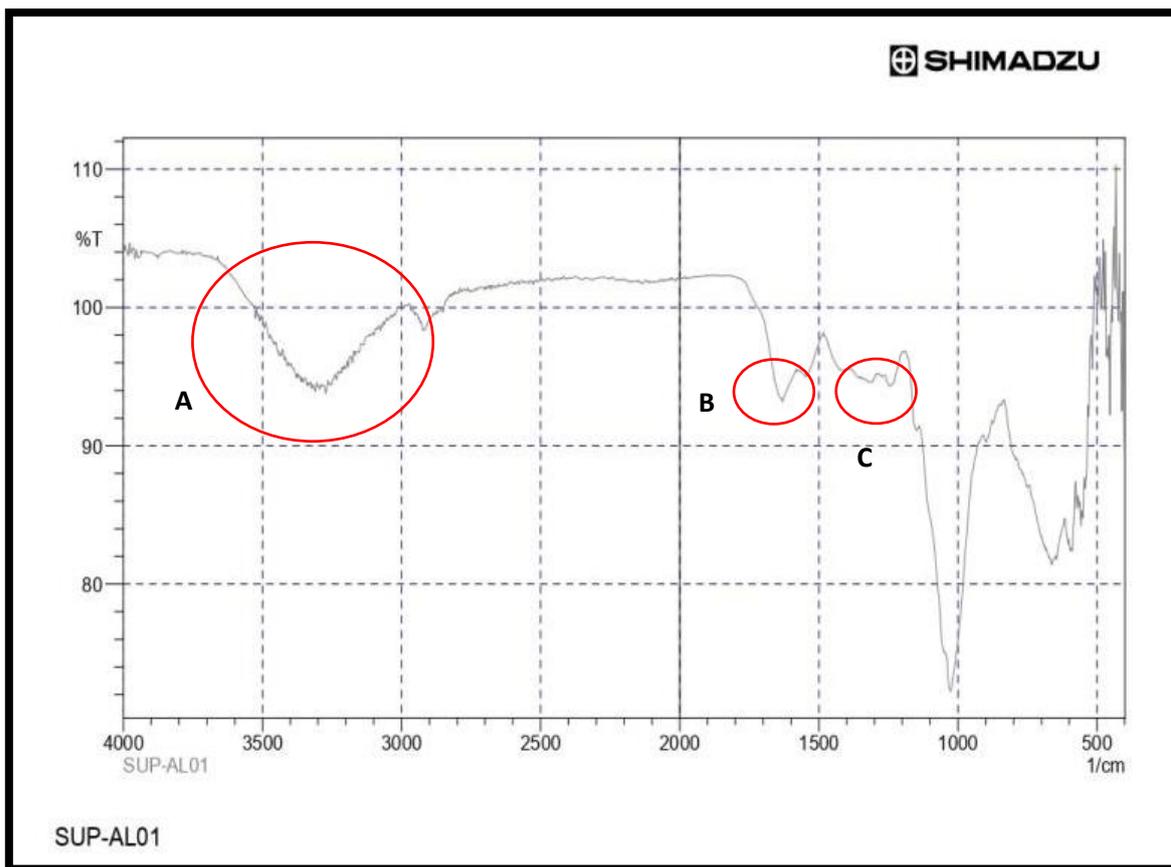


**Figura 63.** Caracterización de 1 morfología particular en la muestra de código SUP-AL03

Por último, al analizar la tercera muestra a nivel microscópico con un ocular de tornillo micrométrico 10X a un número de escala de oculares para acromáticos de 20:1 en un microscopio solar con energía luminaria artificial, se logró encontrar 1 tipo de partículas igual que en el código anterior, donde evidentemente, las partículas carecen de propiedades que puedan asemejarse a la morfología del carbón.

De igual forma que en el análisis de resultados realizado en la sección anterior para el Nevado Rajuntay, se procederá a evaluar los espectro IR en base a la **Figura 55**, titulada Patrón estándar de Black Carbon para determinación por espectro de IR, con la finalidad de realizar la misma operación de compatibilidad frente a las muestras del Nevado Alcoy.

Para esto, se presentarán los gráficos en función de las temporadas en las que fueron recolectadas las muestras, de tal manera que serán reconocidas por su codificación según lo rotulado. Por consecuencia, en el siguiente **Gráfico 32** se presenta el espectro IR de la muestra SUP-AL01 tomada en el mes de marzo.

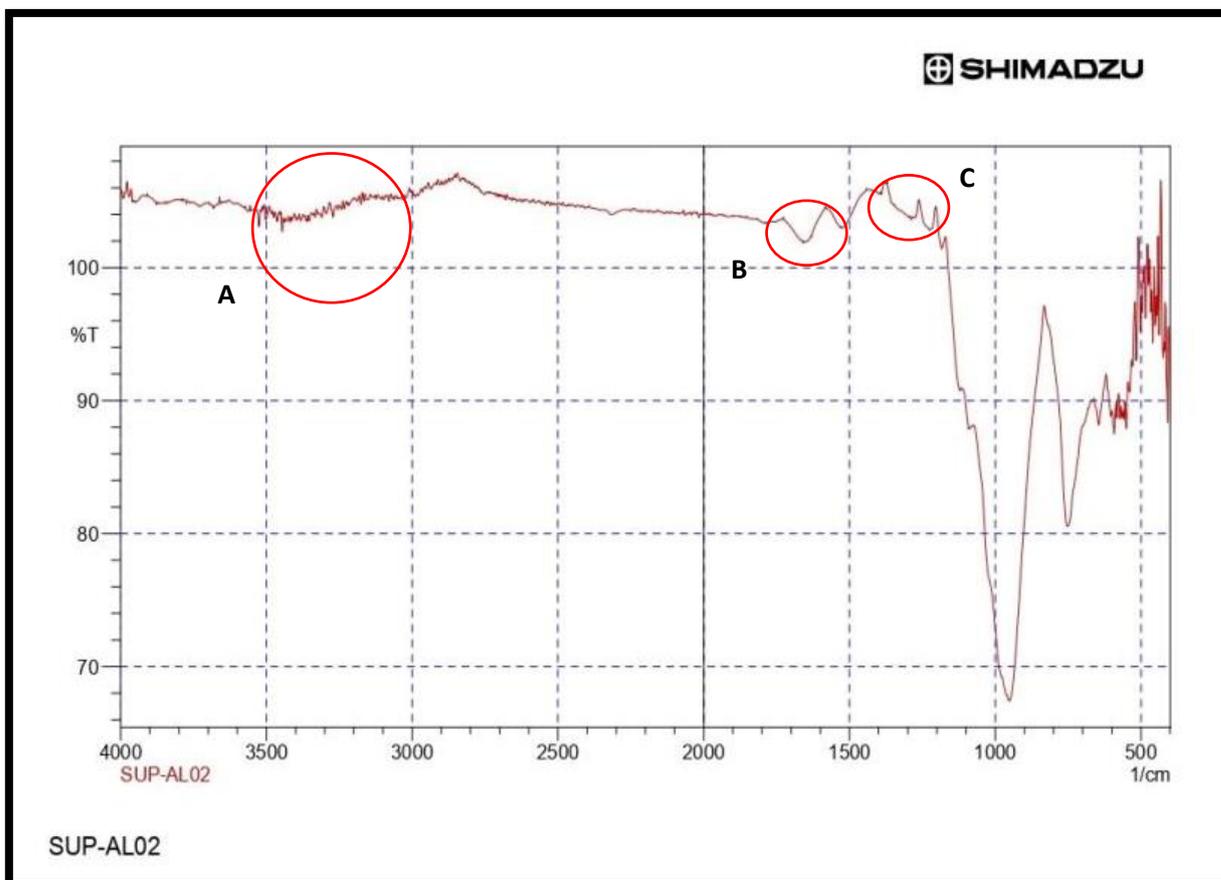


**Gráfico 32.** Espectro IR de los sedimentos de la muestra SUP-AL01

Luego de interpretar la frecuencia de ondas del proceso; en **A** se demuestra la formación de un pico continuo a 3390  $\text{cm}^{-1}$ , indicador de la presencia de un grupo hidroxilo fuerte, totalmente igual al patrón presentado en la **Figura 55**. Seguidamente en **B** se logra apreciar la presencia de un pico en la zona referenciada a los 1610  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda fuerte, determinando la presencia de compuestos aromáticos igual que en la **Figura 55**; finalmente en **C** también, se determina la presencia de un pico de 1310  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda fuerte, lo que corrobora la presencia de un grupo carboxilo.

Se concluye, que en la poca presencia de sedimentos existente en la muestra codificada como SUP-AL01, **existe** Black Carbon (Hollín); debido a la definida similitud entre la frecuencia de ondas del patrón obtenido en Indonesia y la frecuencia de ondas obtenida en Marzo sobre el Nevado Alcoy.

Luego de la obtención del hallazgo en el Nevado Alcoy en el mes de marzo; se procedió a evaluar los resultados obtenidos en el **Grafico 33**, perteneciente a la muestra de codificación SUP-AL02 tomada el mes de abril.

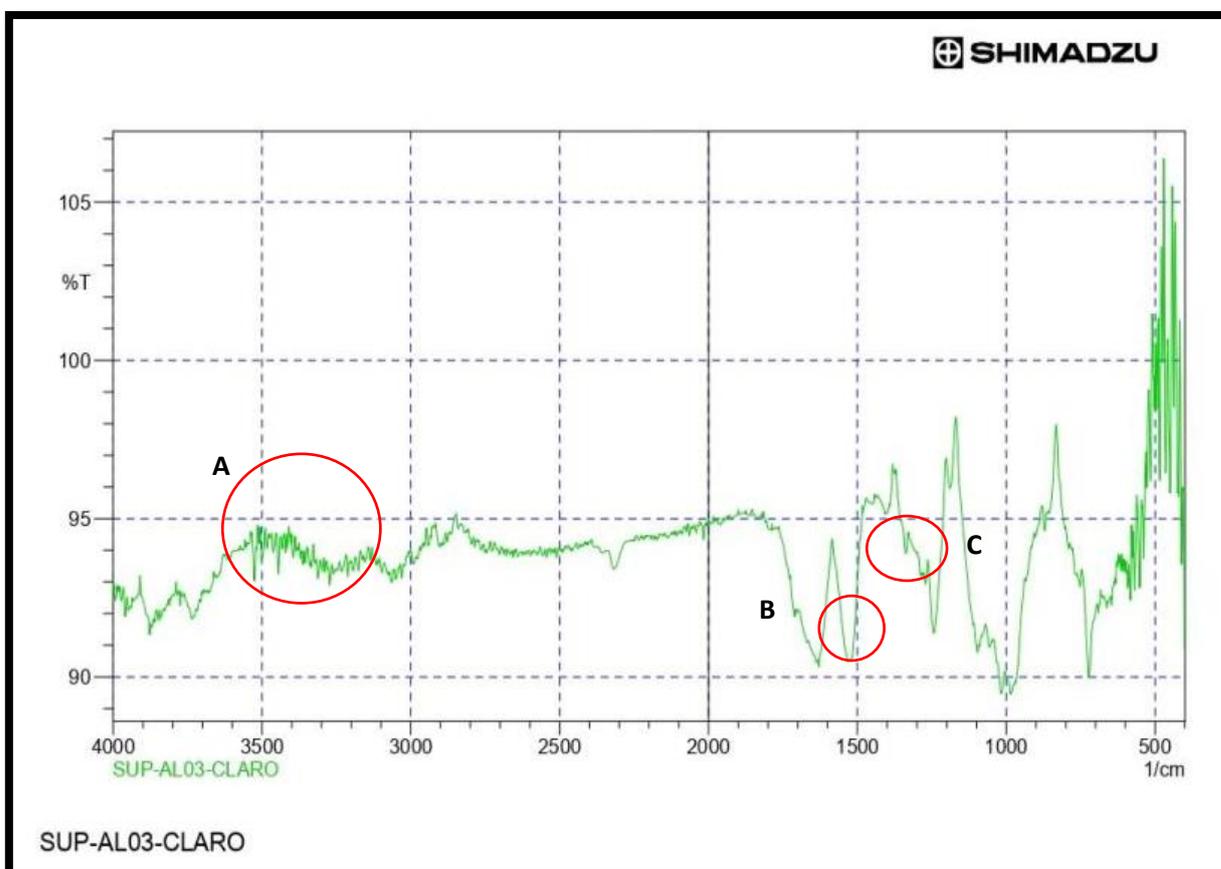


**Grafico 33.** Espectro IR de los sedimentos de la muestra SUP-AL02

Luego de interpretar la frecuencia de ondas del proceso; en **A** se demuestra la formación de alteraciones demasiado bajas desde a 3250  $\text{cm}^{-1}$  hasta 3500  $\text{cm}^{-1}$ , lo que significa ausencia total de un grupo hidroxilo. Seguidamente en **B** se logra evidencia la presencia de un pico en la zona referenciada a los 1600  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda fuerte, determinando la presencia de compuestos aromáticos. Y finalmente en **C** se pierde la formación de posibles picos al unirse entre sí con una tendencia a estabilizarse en caso de aparentar un pico, sería demasiado débil para corroborar la presencia de un grupo carboxilo.

Se concluye, que en los sedimentos existentes en la muestra codificada como SUP-AL02, **no existe** Black Carbon (Hollín).

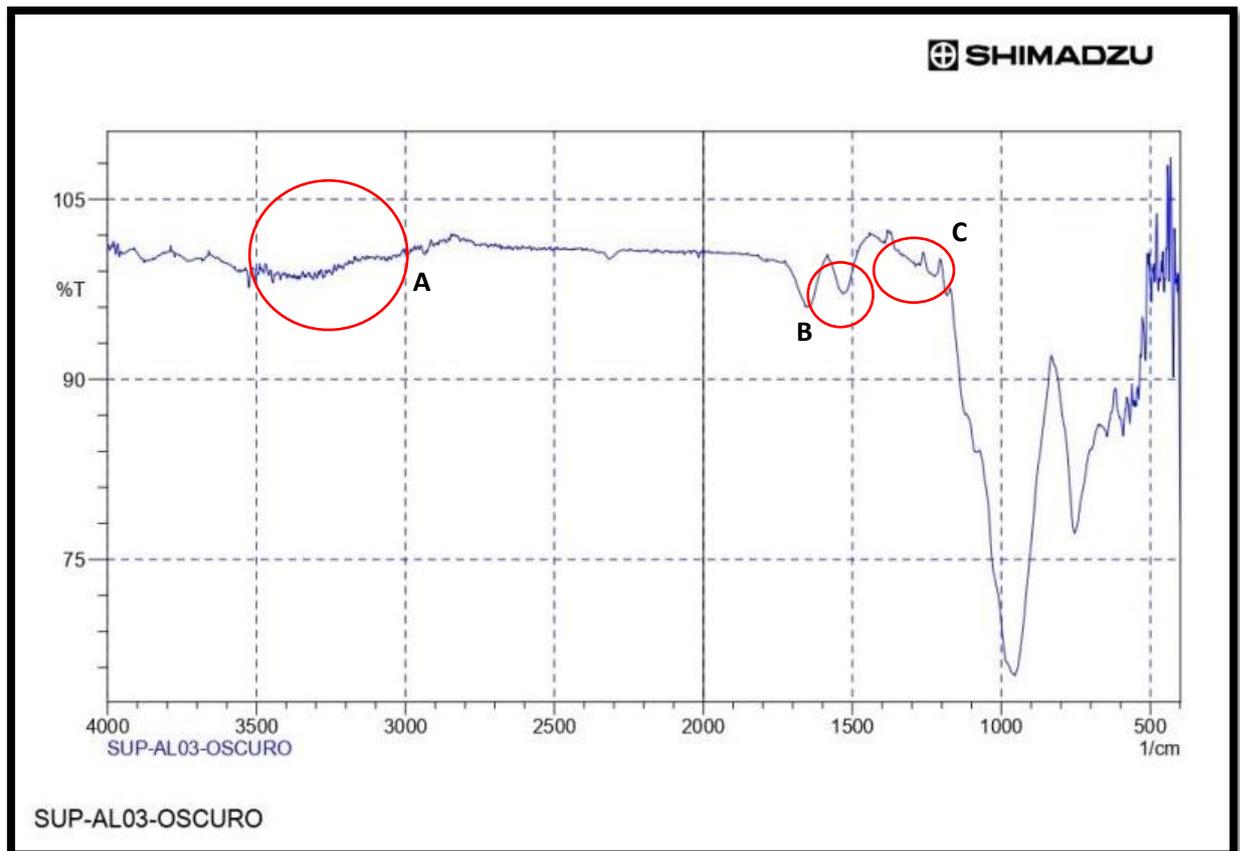
Finalmente, la última muestra del Nevado Alcoy de codificación SUP-AL03 fue analizada en 2 partes debido a que el laboratorio consideró que existían 2 tonalidades diferentes, denominándolas como claro y oscuro, tal como se presentan en el **Gráfico 34** y **Gráfico 35** respectivamente.



**Gráfico 34.** Espectro IR de los sedimentos claros de la muestra SUP-AL03

Luego de interpretar la frecuencia de ondas del proceso; en **A** se demuestra la formación de un conglomerado de picos inestables a 3390  $\text{cm}^{-1}$ , indicador de la ausencia de algún grupo hidroxilo. Seguidamente en **B** se logra apreciar la presencia de un pico en la zona referenciada a los 1550  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda fuerte, determinando la presencia de compuestos aromáticos; finalmente en **C**, se denota la ausencia de algún pico indicador sino a 1380  $\text{cm}^{-1}$  se observa una frecuencia creciente sin picos, lo que corrobora efectivamente la ausencia de un grupo carboxilo.

Se concluye, que en la denominación de sedimentos CLAROS de la muestra codificada como SUP-AL03, **no existe** Black Carbon (Hollín).



**Gráfico 35.** Espectro IR de los sedimentos oscuros de la muestra SUP-AL03

Finalizando la interpretación de la frecuencia de ondas la última muestra representativa; en **A** se demuestra la ausencia total de picos, indicador de la ausencia de algún grupo hidroxilo. Seguidamente en **B** se logra apreciar la presencia de un pico en la zona referenciada a los 1540  $\text{cm}^{-1}$  con una frecuencia de onda fuerte, determinando la presencia de compuestos aromáticos; finalmente en **C**, se denota la ausencia de algún pico, se observa una frecuencia creciente sin picos, lo que corrobora efectivamente la ausencia de un grupo carboxilo.

Se concluye, que en la denominación de sedimentos OSCUROS de la muestra codificada como SUP-AL03, **no existe** Black Carbon (Hollín).

## V. DISCUSIÓN

Posteriormente al análisis de las muestras a nivel microscópico con un ocular de tornillo micrométrico 10X a un número de escala de oculares para acromáticos de 20:1 en un microscopio solar con energía luminaria artificial, se lograron hallar en la muestra **SUP-RU01**, la presencia de pigmentaciones marrones que luego del proceso se caracterizó como terrón arcilloso; luego en la misma muestra se identificaron pigmentaciones totalmente negras, por ende, se revisó una pequeña proporción del sedimento y se reconocieron partículas que no cuentan con una morfología exacta y que no denotan ningún tipo de transparencia, asemeja dichas partículas a la presencia de vitrinita en la muestra (carbón mineral) denotando que si existe carbón; de igual forma en la muestra **SUP-RU02** se observaron pigmentos plomos, los cuales fueron reconocidos como una partícula de piedra granito fanerítico, por otra parte, se apreciaron pigmentos relativamente negros y luego de ser observados se descartó la teoría de que sea algún tipo de carbón ya que presentaba un alto nivel de transparencia en los contornos pero si portaba la morfología indefinida; por último en **SUP-RU03** inicialmente se descartó la existencia de Black carbon debido a que ninguna partícula presentaba intensidad en coloración negra, no obstante, en una proporción en la parte del fondo se percibió un pigmento negro total pero a causa de la poca visibilidad solo se señalizó, en la figura recolectada más no, se confirmó la hipótesis. Luego continuando la evaluación sobre la muestra de codificación **SUP-AL01** solo se percibió la presencia de tejidos vegetales, con sedimentos adheridos, debido a la poca congruencia, no se tomó una muestra de dichas partículas. Por otra parte en las muestras **SUP-AL02 y SUP-AL03** se restó importancia debido a la falta de indicios. Se debe añadir el sustento de que la realización de caracterizaciones microscópicas es capaz de arrojar resultados en materia de presencia de grafito y pirita ([Quijandría y Aramburú, 2016](#)); de forma controversial se alude que para la caracterización de pigmentaciones con coloraciones complejas requiere de microscopios avanzados, no obstante, se añade que para pigmentaciones negras como vitrodentrinita puede ser reconocida tan solo con el brillo que estos son capaces de transmitir en sus superficies, acotando que no presentan ningún tipo de transparencia ([Rincón, 2010](#)); por último, se consideró como indicador principal que la morfología del carbón no es precisa, no obstante, indica que estas formas van desde cuerpos

asimétricos hasta formaciones lineales; con una característica distintiva, la totalidad de carbón encontrado en muestras microscópicas presenta una coloración totalmente negra sin transparencia alguna ([Hevia, 1953](#)).

El análisis de espectro IR, se realizó a todas las muestras obtenidas a nivel de campo, por sugerencia interpuesta hacia el laboratorio, dados los resultados microscópicos, se realizó el análisis IR por cada tipo de coloración significativa en las muestras, ya que con el método microscópico se había hallado la presencia de carbon en la coloración negra de la muestra **SUP-RU01** con alta congruencia e indicios teóricos; en este sentido fueron 10 los procesos al quemado en el espectrofotómetro y 10 fueron los gráficos de resultados obtenidos; entonces así fue que en el código **SUP-RU01 MARRÓN** se descartó la presencia de Black carbon tal como se referencio en el microscopio, seguidamente el hallazgo fue extremadamente satisfactorio debido a que en el código **SUP-RU01 NEGRO se halló la presencia de Black carbón** de igual manera que con el método de microscopio; se procede a detallar su (FDO), con un pico creciente de 3250 cm<sup>-1</sup> hasta 3490 cm<sup>-1</sup> determinando la presencia de un grupo hidroxilo, un pico de 1580 cm<sup>-1</sup> determinando la presencia de un compuesto aromático y un pico final de 1340 cm<sup>-1</sup> determinando la presencia de un grupo carboxilo; por otro lado, en el código **SUP-RU02 NEGRO** se descartó la presencia de Black carbon tal como se referencio con el método microscópico, Luego en el código **SUP-RU02 PLOMO** (el cual no se sugirió al laboratorio debido a que con el microscopio se determinó que era un fragmento de granito fanerítico) de forma independiente el laboratorio decidió realizar el proceso a los pigmentos plomos, y **se halló la presencia de Black carbón**; se procede a detallar su (FDO) con un pico creciente de 3300 cm<sup>-1</sup> hasta 3550 cm<sup>-1</sup> determinando la presencia de un grupo hidroxilo, un pico de 1550 cm<sup>-1</sup> determinando la presencia de un compuesto aromático y un pico final de 1380 cm<sup>-1</sup> determinando la presencia de un grupo carboxilo; Por otro lado en los códigos **SUP-RU03 NEGRO** y **SUP-RU03 PLOMO**, no se logró hallar ningún tipo de compuesto similar al carbón. Consecutivamente, para el código **SUP-AL01** como se menciona anteriormente se interpuso la hipótesis de partículas adheridas a una muestra de fibra vegetal como se determinó con el método

microscópico, por lo que se decidió que dicha muestra de fibra vegetal pase al proceso al quemado por completo, de esta manera **se halló la presencia de Black carbón**, siendo este el hallazgo más significativo de toda la investigación ya que para el Nevado Alcoy todo indicaba un alto grado de pureza; en este contexto se procede a detallar su (FDO) con un pico creciente de 3390  $\text{cm}^{-1}$  determinando la presencia de un grupo hidroxilo, un pico de 1610  $\text{cm}^{-1}$  determinando la presencia de un compuesto aromático y un pico final de 1310  $\text{cm}^{-1}$  determinando la presencia de un grupo carboxilo. Finalmente como se observó, para los códigos **SUP-AL02**, **SUP-AL03 CLARO** y **SUP-AL03 OSCURO** (el código **SUP-AL03** se dividió por iniciativa del laboratorio) No se encontró ningún indicador de la presencia de Black Carbon. Como base fundamental se presenta el espectro IR del carbón negro estándar inicial, el cual se caracteriza por tener 3 frecuencias de onda que deben congeniar entre sí, para corroborar la presencia de dicho componente externo; el primer pico se debe formar a una alteración de ondas oscilante a 3450.65  $\text{cm}^{-1}$  donde se denota la presencia de un grupo Hidroxilo, el segundo indicio se presenta con la formación de 1 pico de 1585.49  $\text{cm}^{-1}$  el cual será un indicador de la presencia de un compuesto aromático y finalmente el último pico se debe formar alrededor de 1381.03  $\text{cm}^{-1}$  evidenciando la presencia de un grupo carboxilo ([Sugatri, et. al., 2017](#)); Por otra parte, no necesariamente se tiene que emplear el método de espectro IR, que es poco común para Black carbón, sino también se sugiere que para trabajar en un seguimiento del grafito, tanto natural y cristalizado se debe aplicar un seguimiento en periodos de 25, 50 y 75 días logrando apreciar una alteración en las muestras. Se debe someter la muestra en altas temperaturas (Aprox. a 90°C) luego al momento de desintegrarse, se forma el carbono grafitico que también puede ser analizado por los métodos de difracción de rayos X, espectroscopia y métodos termogravimétricos ([Pisapia, et. al., 2009](#)); se suma también que por frecuencia de ondas (espectroscopía), se logra identificar el carbono orgánico y carbono elemental sinónimo de carbono grafitico, en diferentes formas (carbón en aerosol y carbón negro). Producido por causas antrópicas o causas naturales ([Chow, et. al., 2005](#)); con la misma metodología de campo fueron tomadas diversas muestras de la Cordillera Blanca, luego fueron analizadas por el método LAHM, que es empleado para partículas absorbentes de luz presentes en muestras de superficies glaciares, cuantifica el

black carbon y con este se halló que los picos más altos están en las partes bajas de los glaciares con un promedio de 70 ng/g de H<sub>2</sub>O y en zonas de alta montaña registran mínimas cantidades de 2 ng/g de H<sub>2</sub>O ([Schmitt, et. al., 2014](#)); de igual forma al monitorear el Nevado Ampay, se tomaron 10 muestras representativas de nieve y se cuantificó la presencia de black carbon más alta de 65, 224 ng/g de H<sub>2</sub>O en octubre, y la mínima en febrero de 20,941 ng/g de H<sub>2</sub>O a causa de las precipitaciones ([Soto, 2020](#)); apoyando los métodos de campo y el tipo de equipo empleado se monitoreo también, el Nevado Coropuna, el promedio encontrado fue de 58.31 ng/g de H<sub>2</sub>O. Corrobora que a mayor altitud se encuentra menor cantidad de black carbon y que a menor altitud se encuentra mayor cantidad de black carbon. El carbono se presenta no de una forma singular sino de diferentes características como en aglomeraciones y fragmentos puntiagudos ([Salcedo, 2018](#)); se añade también que para analizar resultado obtenidos con el método LAHM se emplea el software SNICAR, este proceso se empleó en los glaciares Yanapaccha y Shallap; se resalta que los nevados que se encuentran más cerca de los centros poblados tienen mayor presencia de carbón negro ([Sanchez, 2016](#)); controversialmente se añade una forma más de estudiar este compuesto, de tal modo que en Huancayo la concentración de carbón negro se expresa en µg/m<sup>3</sup>, se evidencia por la quema de biomasa, es decir, la quema de cualquier compuesto que presente grafito, se convertirá en black carbon y por la corriente del aire terminan siendo volatizadas a una velocidad del viento de 4 m/s predominante en zonas urbanas y los vientos de 5 a 7 m/s arrastran las biomásas presentes en la cuenca del Amazonas y esto a la vez es transportado como un contaminante atmosférico, el cual se mantiene suspendido en la ciudad de Huancayo y es capaz de transportarse a las zona de nevados ([Suarez, et. al., 2017](#)); apoyando la temática de arrastre de partículas por corrientes de viento en zonas alto andinas, se describe que el carbón mineral en sus diferentes rangos como antracita, bituminoso, lignito e incluso fuera de estos la turba, son capaces de volatilizarse, debido a que cuentan con un alto contenido de carbón fijado, lo cual incrementa su poder calorífico y disminuye la humedad en su superficie, haciendo que este pierda peso ([Menéndez, 2012](#)). Es necesario hacer énfasis en que la presencia de un agente antrópico denominado Black carbon, denota la situación actual basada en la priorización del crecimiento económico, minimizando los daños colaterales, que de forma sincronizada

afectan los ecosistemas de montaña, y opacan la vida de mucha diversidad de especies ([Viñuales, 2018](#)).

Dentro de la evaluación multifactorial realizada en el año 2021, se identificó que la radiación solar tiende a variar en base a la ubicación de la zona; reconociendo que en las zonas costeras la radiación solar directa alcanza los 4.0 – 4.5 Kwh/m<sup>2</sup>, siendo el caso de Ancón, Ventanilla, Callao, San Miguel, Barranco, y Lurín; por otra parte, las zonas del Este de Lima o zonas transitorias conocidas como la Sierra de Lima, Huarochirí y Canta, evidencian en la actualidad, rangos de radiación solar entre 4.5 – 5.0 Kwh/m<sup>2</sup>, por último, las zonas de alta montaña, donde se albergan las Cordilleras, Nevados y Lagunas; referencian una predominancia de radiación solar en el rango de 5.5 – 6.0 Kwh/m<sup>2</sup>, además luego de realizar los procesos de reconocimiento espacial verificando la incidencia de radiación solar, se calcularon los valores de radiación solar con datos tomados en campo de cada expedición, por lo cual no se encontró ningún tipo de anomalía significativa; fortaleciendo los resultados presentados, se indica que un patrón de radiación solar para el mes de Mayo en las zonas de alta montaña de Lima y Junín en el periodo de 1975 -1990 se mantuvieron en un rango de 5.5 – 6.0 Kwh/m<sup>2</sup> ([SENAMHI, 2021](#)), identificando que radiación solar dentro de las zonas de alta montaña es una constante desde aproximadamente 41 años. Consecuentemente existen diversas metodologías para emplear dentro de la materia de radiación solar, tal como el procesamiento de datos de estaciones meteorológicas, interpolación de datos de radiación solar, interpolación topográfica a un radio de 100 km y de forma satelital, de estos modos ya es posible conocer incidencia de radiación solar sobre la superficie terrestre. Se debe considerar dentro de la ecuación, una constante de valor 1366 w/m<sup>2</sup> representa la distancia que tiene el sol hacia la tierra, así se logra hallar la radiación solar incidente en un día específico, con el número de orden del día en el año, variando según la estación climática ([Entrena, 2014](#)); dentro del ámbito influyente de la radiación solar, se realizaron expediciones en los nevados Yanapaccha y Shallap, se halló la presencia de carbón negro en la superficie de los nevados, y determinaron que la radiación solar llega con alta demanda energética para ser absorbido en forma de calor, provocando una acelerada

pérdida de cobertura glaciaria; además se hace énfasis, en que el Nevado Shallap tiene más presencia de carbón, debido que se encuentra a una menor altitud a diferencia de Yanapacha ([Sánchez, 2016](#)); cabe aclarar que los procesos degenerativos en glaciares se deben a que la incidencia de radiación solar alcanza el valor de 7,0 kwh/m<sup>2</sup>, teniendo una mayor influencia y provocando el calentamiento de partículas absorbentes de luz, lo que acelera el derretimiento de la superficie glaciaria ([Soto, 2020](#)); finalmente se presenta otro aporte concordante, que indica la factibilidad de que con datos de estaciones meteorológicas del SENAMHI, se realice un seguimiento de 15 años, con la finalidad de establecer un patrón de tendencia en base a las temperaturas mínimas y máximas para predecir temperaturas a futuro; hallando valores promedios de energía solar indicando que a futuro dicho parámetro se posicionará en las zonas alto andinas con un valor promedio de 6 kwh/m<sup>2</sup> al día ([Camayo, et. al., 2019](#)).

El procesamiento de los datos en materia de parámetros climatológicos relacionó el comportamiento de las precipitaciones y la temperatura con las cargas emergentes de los caudales. Luego de monitorear las precipitaciones en tiempo real, durante 3 meses, se concluyó que dichos picos altos y bajos son característicos de una temporada habitual de cambio de estación; es decir; la alta demanda de precipitaciones en marzo es un indicador de que la temporada de invierno prevalece; por otro lado, a mediados del mes de abril se logró percibir la disminución característica de precipitaciones debido al ingreso de la estación de verano, es así como se mantuvieron para el mes de mayo consecutivamente; inverso fue el caso de las temperaturas; puesto que en marzo las características propias de invierno se mantuvieron por debajo de los 10°C/día, luego para mediados del mes de abril se verificó el cambio en el incremento de la temperatura, alcanzado los 13°C/día y finalmente para el mes de mayo las condiciones térmicas se mantuvieron a los 13°C/día, sin embargo, se presentaron algunas anomalías propias de las zonas altiplánicas, con tormentas eléctricas y precipitaciones. A la par, los parámetros climáticos antes citados se vieron reflejados en cada uno de los cálculos realizados para los caudales emergentes de la Laguna Pucacocha (Nevado Rajuntay) y la Laguna Cauquismachay (Nevado Alcoy); denotando que ambos presentan con el pasar

del tiempo una disminución en sus cuerpos de agua; siendo así que en ambos canales se determinó que el propio cambio de estación (disminución de precipitaciones e incremento en las temperaturas) es el causante del decrecimiento en los caudales de cada laguna respectivamente. Dando sustentabilidad a lo mencionado anteriormente, se conoce que con datos obtenidos por el SENAMHI se estimó que las precipitaciones se presentan en el mes de diciembre oscila entre 214 mm a 736 mm, las cuales se dan por finalizadas en el mes de marzo y la temperatura se incrementa en ese periodo debido a los cambios por el fenómeno climático ([Ramos, 2018](#)); Se debe aclarar que es complejo realizar pronósticos climáticos, ya que durante las estaciones del año, el cambio climatológico y meteorológico es constante. Además se alude que las cuencas tienen la capacidad de poder adaptarse a las precipitaciones, pero con un límite determinado de caudal ([Victoriano, 2018](#)); se resalta que con normalidad, según las áreas evaluadas, existe un comportamiento estándar de las precipitaciones con temporadas donde la influencia de los fenómenos del niño y niña no tiene acción. Indica que las alteraciones en la estabilidad de las precipitaciones solo se relacionaban a fenómenos naturales, no obstante, en la actualidad se añadió que el accionar antrópico, es un factor altera la estabilidad general de los ecosistemas. ([Enríquez, et. al., 2013](#)); los cambios sobre el ciclo del recurso hídrico conllevarán al decrecimiento en la presencia del caudal en las partes bajas de la cuenca ([Ivanova, et. al., 2018](#)); a esto se añade que el crecimiento demográfico actual implica el mayor requerimiento de recurso hídrico; reconociendo que las zonas rurales, aquejan un déficit de abasto reservorios, canales de regadío y planes de gestión regulación y abastecimiento ([Chávez y Gonzales, 2015](#)); consecuentemente la disponibilidad hídrica del Perú presenta inestabilidad en su totalidad frente al cambio climático y al calentamiento global el crecimiento demográfico del Perú, incremento la necesidad hidrológica ([Urstein, 2018](#)); efectivamente en ejemplificaciones, existen evidencias de cambios; como es ejemplo, en ciudad de México existe una alta percepción ante la variabilidad climatológica, por la pérdida de precipitaciones naturales del área, variando así las proporciones medias anuales. Por ende, se analizaron 30 estaciones pluviométricas, encontrando que un 15% de estaciones pluviométricas presentan claras tendencias decrecientes ([Campos, 2015](#)); de igual forma el caso del Rio Colorado (E.E.U.U), que en un

futuro muy cercano está en peligro de quedar totalmente seco y esto generara una gran problemática debido a que abastece hidrológicamente a más de 40 millones de personas; así mismo explica que no solo afectará a las personas sino a las centros agrícolas y especies de fauna endémica. Por otra parte, crea también una posibilidad en base a monitorear los efectos de la variabilidad climática y como esta, ha causado el incremento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones ([Hall, 2020](#)); se puede ejemplificar también el caso de Argentina que cuenta con una cuenca hidrológica que oscila entre 2500 a 3000 km<sup>2</sup>, donde se cumple con un manejo sostenible en el marco legal y ayuda a preservar el recurso hídrico para futuras generaciones; ([Ferrer y Torrero 2015](#)); Contradictoriamente en Perú existe una cuenca hidrográfica llamada Santa Eulalia, que carece de coordinación e iniciativa pese a ser la cuenca que mayor beneficio hídrico brinda a Lima metropolitana, Sedapal e hidroeléctricas ([Guevara, 2019](#)); finalmente otro autor presenta dos opciones, la primera basa en que concuerda con que el cambio climático es un referente de las actividades antrópicas; se manifiestan de tal manera que la constante térmica es alterada, provocando variabilidad de las masas de hielo y la continuidad de la precipitaciones; lo cual tiene repercusión en temporadas de escasez del recurso hídrico, no obstante, la segunda opción que presenta, indica que este fenómeno puede ser manejado mediante un proceso de gestión basado en términos de preparación, transformación y adaptación ([Soto y Del Castillo, 2019](#)).

Otro hallazgo fue dado por medio de un modelamiento espacio-temporal realizado en el Nevado Rajuntay y el Nevado Alcoy respectivamente, hallando una serie de cambios en las superficies glaciares en función al tiempo transcurrido; resaltando que para el año 1985 se halló un área glacial de 2.24 km<sup>2</sup> en Rajuntay y 2.00 km<sup>2</sup> en Alcoy; seguidamente en el año 2010 se halló un área glacial de 0.58 km<sup>2</sup> en Rajuntay y 1.05 km<sup>2</sup> en Alcoy, donde se registró que el casco glacial de los contornos se había perdido en ambos nevados; continuando la evaluación en el año 2016 se halló una cobertura glacial de 1.59 km<sup>2</sup> en Rajuntay y 0.92 km<sup>2</sup> en Alcoy, encontrando un desequilibrio en el decrecimiento de la cobertura glacial del Nevado Rajuntay puesto que en la evaluación del año 2010 tenía menos cobertura glacial que en el 2016, no obstante se comprobó que lo registrado tal año de forma satelital era albedo

superficial; finalmente se realizó una última evaluación en el año 2021 y se determinó que el área de cobertura glaciar de Rajuntay es de 0.67 km<sup>2</sup>, identificando que el 70% del área glaciar se ha perdido a comparación del año 1985; el mismo proceso final se realizó en el año 2021 y se determinó que el área de cobertura glaciar de Alcoy es de 1.02 km<sup>2</sup>, identificando que el 49% del área glaciar se ha perdido a comparación del año 1985. En sustento, se conoce que en temporadas de invierno, el hielo es capaz de derretirse a 13,57 kg/m<sup>2</sup>, no obstante, en temporadas este deshielo es capaz de duplicarse a 26,65 kg/m<sup>2</sup> ([Soto, 2020](#)); de tal manera que se logra confirmar que la mayor cantidad de nieve que se pierde de manera cualitativa en los nevados se da en las temporadas de verano, lo cual establece una relación entre la pérdida de masa glaciar, radiación solar y presencia de Black carbon ([Salcedo, 2018](#)); se indica también que para identificar las variaciones en glaciares se recomienda que la información, necesariamente debe ser actualizada para evitar replicar los escenarios pasados, de tal forma que los cambios en la superficie glaciar sea calculada en áreas ([Recio, 2019](#)); Es de conocimiento también que a raíz de la década de los 70 se comenzaron a percibir los daños en el componente climático dados por el incremento de las actividades productivas y la industrialización a nivel mundial ([Gómez y Gómez, 2018](#)); en contraparte se sustenta que al analizar la dinámica espacio-temporal por estudios cartográficos, metodológicos y bibliográficos, identificó que la acumulación de nieve ha ido decayendo de manera acelerada y determina que la mayor pérdida de masa glaciar se ha venido evidenciando desde el año 1890 hasta la actualidad ([Bravo, 2019](#)); Por ende, en congruencia con lo antes expuesto se conoce que a causa del cambio climático se han perdido extensiones de glaciares. Dando origen a las formaciones de nuevas lagunas es por eso que es importante estudiar y trabajar en función del retroceso glaciar ([Belmonte, 2017](#)); finalmente dentro del contexto espacial, se apoya la teoría planteada ya que los procesos naturales han cambiado en la cuenca Alta del río Chillón, a causa de que los nevados no abastecen de recurso hídrico de la misma manera como lo hacían décadas atrás, la Cordillera La Viuda en las últimas décadas ha perdido de forma acelerada su masa glaciar y que por consecuencia ha generado daños y pérdidas en los pobladores aledaños ([Varas, 2018](#)).

Por último, se realizaron monitoreos de parámetros in situ (pH y Temperatura del agua) de forma periódica, es decir, en base a cada expedición se recolectaron dichos datos de cada laguna situada en las partes bajas de los nevados, así de forma organizada según los periodos, se presentan los hallazgos de la Laguna Pucacocha (Nevado Rajuntay), donde para Marzo se registró un pH de 8.9 en 6.5 °C; seguidamente en Abril un pH de 8.5 en 5.7 °C y por último en Mayo un pH de 9 en 8 °C; así luego de interpretar este indicador se determinó que el agua en base a su pH posee un nivel considerable de alcalinidad, por ende, se realizó un seguimiento indagatorio donde por apreciaciones de los pobladores se le atribuye el desequilibrio de la laguna al asentamiento de proyecto mineros metalúrgicos en las zonas de Casapalca, Ticlio y la Oroya; por esto, se confirmó la información con un modelamiento espacial del área, encontrando que aledaños al Nevado, se encuentran acentuados 13 pasivos mineros en el sector Ticlio, Oroya y Casapalca. Por otro lado, se presentan los hallazgos de la Laguna Cauquismachay (Nevado Alcoy), donde para Marzo se registró un pH de 7.1 en 8.4 °C; seguidamente en Abril un pH de 7.3 en 6.9 °C y por último en Mayo un pH de 7 en 9.1 °C; así luego de interpretar este indicador se determinó que el agua en base a su pH posee un nivel de neutralidad muy aceptable, así mismo, se realizó un seguimiento indagatorio donde por apreciaciones de fiscalizadores de SEDAPAL se indicó que dicha agua es monitoreada porque abastece a varios centros poblados; de todas maneras con un modelamiento espacial del área, se verificó que existe tan solo un pasivo minero hacia la zona norte llamado ALPAMARCA, que no tendría ningún efecto en base al pH. Se sustenta lo identificado, ya que las aguas provenientes de los efluentes mineros contienen metales pesados, cabe mencionar que existe la presencia de Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn y SO<sub>4</sub>; lo que de una u otra manera se ve reflejado en el pH, que con normalidad oscila entre los 4.0 y 8.5, además de tener un efecto sobre el agua que cambia su coloración a un tono pardo (oxidación) ([Pozo, et. al., 2017](#)); congruentemente, se indica que los proyectos metalúrgicos, modifican en gran proporción todos los drenes de las corrientes superficiales que existen en los causes y canales próximos a dichos lugares de extracción, pero, no concuerdan en los valores de pH, ya que afirma que la presencia de metales plomo, plata, Bario y otros; cuentan con altos niveles de acidez. ([Gallardo, et. al., 2013](#)); En desacuerdo a lo anterior, se presenta un análisis de 93 a 100 puntos de

monitoreo de calidad de aguas de riego, donde se halló altas concentraciones de metales pesados, y verificaron que el pH de estas aguas era de 6 a 9 ([Mancilla, et. al., 2012](#)); por complemento se referencia que la contaminación de cuerpos de agua por metales pesados causa una transformación en la coloración de los causes y los cuerpos de agua. Además, añade que no necesariamente una coloración marrón o turbia indica la presencia de hierro, sino también puede ser de diferentes metales pesados como el zinc, mercurio, cobre, plomo y cadmio ([Reyes, et. al., 2016](#)); Por último se alude que la minería por infiltración y por escurrimiento causan efectos adversos sobre los causes aledaños, conformando así cuerpos de agua con coloraciones pardo, característicos por la contaminación de metales pesados ([Neyra y Mesa, 2021](#)).

## VI. CONCLUSIONES

1. Se logró determinar la incidencia de black carbon (hollín) y la relación que tiene con la variabilidad hidrometeorológica sobre los cambios espacio-temporales que ha experimentado la Cordillera La Viuda. De igual forma los impactos ambientales lograron ser percibidos por parámetros cuantitativos y cualitativos, corroborando que el factor antrópico es sin duda el principal desequilibrio de todos los ecosistemas.
2. Mediante el análisis microscópico, se identificó Black Carbon (BC) la cordillera La Viuda, en el Nevado Rajuntay en la muestra SUP-RU01 y no en las muestras SUP-RU02 y SUP-RU03. De las tres muestras del Nevado Alcoy, en la muestra SUP-AL01 se creó una hipótesis de la presencia de BC, mas no se confirmó, en las demás no se encontró. Por otra parte, con el método de análisis de espectroscopía IR para las 3 muestras recolectadas en el Nevado Rajuntay, se identificó la existencia de BC en las muestras SUP-RU01 y SUP-RU02; Así mismo, para el Nevado Alcoy se encontró BC en la muestra SUP-AL01.
3. Se identificó las condiciones socio-ambientales de los cuerpos de agua circundantes a la cordillera La Viuda donde se realizó la investigación. La laguna Pucacocha cercana al Nevado Rajuntay presenta un pH de 8.8 en el rango considerable de alcalinidad, presencia Fe, con una coloración marrón-pardo; alrededor de la zona se encuentran 13 centros con pobladores que hacen uso de dicho recurso. Así mismo, se encuentra la Laguna Cauquismachay próxima al Nevado Alcoy, con agua a un pH neutro, usada para consumo humano y monitoreadas por la empresa SEDAPAL. Se identificó la existencia de la actividad de un centro minero en los alrededores que podría estar influyendo en las condiciones socio-ambientales de la zona.
4. Mediante el monitoreo realizado en los 3 meses en la Cordillera la viuda, se examinó el comportamiento de las precipitaciones y la temperatura; encontrando que en el mes de marzo las precipitaciones eran altas y las

temperaturas se mantenían bajas concordante a la estación de invierno característica de la zona; Así mismo, para los meses de abril y mayo las precipitaciones fueron bajas y la temperatura fue incrementando debido a la estación climática transitoria de invierno a verano. Este comportamiento climático se reflejó en los caudales de las aguas superficiales y sobre todo en las características de las aguas Pucacocha (Nevado Rajuntay) y Cauquismachay (Nevado Alcoy).

5. Se estableció que la incidencia de radiación solar en la Cordillera la Viuda, durante los últimos años no ha generado ningún cambio significativo que altere la masa glaciar debido a que se mantuvo constante en un rango de 5.5 – 6.0 Kwh/m<sup>2</sup>; Sin embargo, la literatura científica indica que la radiación solar al encontrar la presencia de black carbon en la masa glaciar eleva la temperatura produciendo deglaciación. Por lo que se establece que las alteraciones de las superficies glaciares están directamente relacionadas con el factor antrópico de producción de black carbon y su accionar degenerativo en el contexto ecosistémico. Se determinó los nevados Rajuntay y Alcoy han perdido el 70% y 49% de cobertura glaciar entre los años 1895 al 2021, con impactos negativos en las cuencas hidrográficas respectivas.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar imágenes satelitales de LANDSAT 8 y LANDSAT 9, para obtener diferentes apreciaciones y referenciar en base a puntos ciegos.
2. Para realizar un trabajo con Black Carbon, se debe demostrar la presencia de este con el método microscópico y por espectroscopia IR; una vez corroborada dicha presencia, se sugiere cuantificar con el método LAHM.
3. Se sugiere extender los periodos de monitoreo a 01 año, para evidenciar con exactitud en que temporada del año se da la mayor presencia de Black Carbon
4. Realizar un estudio de aguas superficiales y de suelos, a fin de determinar los contaminantes dentro de ambas lagunas, así mismo verificar la radiación solar

## REFERENCIAS

1. ANA (Autoridad nacional del Agua). Inventario de glaciares del Perú (2da actualización) [en línea]. Huaraz, Perú. Julio 2014. [Fecha de consulta: 22 de Junio de 2012]. Disponible en: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/3646>
2. BELMONTE, A. Los glaciares: un recurso educativo dentro y fuera del aula. Enseñanza de las ciencias de la tierra [en línea]. Enero, 2017. N° 25.1. [fecha de consulta: 22 de octubre]. Disponible en: <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/328879> ISSN: 1132-9157
3. BRAVO, Katherine. Análisis del registro glaciar del cambio climático desde la pequeña edad del hielo en el nevado Tunshu (11° S) Cordillera Occidental de los Andes Centrales. Tesis (titulación para Geógrafa). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos del Perú, 2019. Disponible en <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11576?show=full>
4. CALDERON, A., BAYES, C. y VALDIVIESO, L. Guía de investigación en ciencia e ingeniería [en línea]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019 [fecha de consulta: 22 de octubre]. Disponible en: <https://investigacion.pucp.edu.pe/herramientas-para-investigar/guias-de-investigacion/>. ISBN:978-612-47745-8-4
5. CAMAYO-LAPA, Bécquer Frauberth et al. Estimación de la radiación solar global, mediante temperaturas extremas, aplicando el modelo Bristow-Campbell en la región Junín, Perú. Ingeniare. Rev. chil. ing. [online]. 2019, vol.27, n.4 [citado 2021-06-21], pp.643-651. Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052019000400643&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052019000400643&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0718-3305.
6. CAMPOS, A. Search of Trends in Annual Rainfall of the State of Zacatecas, Mexico, in 30 Records over 50 Years. Revista de Ingeniería, Investigación y Tecnología [en línea]. Julio-septiembre, 2015. N° 16. [fecha de consulta: 1 de noviembre]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1405774315000268> ISSN: 2594-0732

7. CASTILLO, E. Factores Ambientales de Temperatura y Precipitación que inciden en la dinámica de la montaña glaciar Pastoruri. Tesis (para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2017. 75 pp. [Fecha de consulta: 8 de Septiembre del 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3507>
8. CHÁVEZ, A. y GONZALES, D. The impact of environmental flows in meeting water demand under climate change scenarios. Revista Iberoamericana del Agua [en línea]. Enero – junio, 2015. N° 2. [fecha de consulta: 1 de noviembre]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2386378115000043>  
ISSN: 2386-3781
9. CHOW, Judith. et al. Comparison of the DRI/OGC and model 2001 thermal/optical carbon analyzers [en línea]. Estados Unidos. 18 de enero de 2005. [Fecha de consulta: 21 de Junio de 2021]. Disponible en: [https://translate.google.com/translate?hl=es419&sl=en&u=https://www.researchgate.net/publication/235341508\\_Comparison\\_of\\_the\\_DRIOGC\\_and\\_Model\\_2001\\_ThermalOptical\\_carbon\\_analyzers&prev=search&pto=au](https://translate.google.com/translate?hl=es419&sl=en&u=https://www.researchgate.net/publication/235341508_Comparison_of_the_DRIOGC_and_Model_2001_ThermalOptical_carbon_analyzers&prev=search&pto=au)
10. CORREA, K., *et. al.* Orientaciones para el Análisis del Clima y Determinación de los peligros Asociados al Cambio Climático [en línea]. En: Nota Técnica N°001-2019/SENAMHI/DMA (1° en 2019, Lima). Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01402SENA-12.pdf>
11. CUADROS, J. Efecto de las partículas absorbentes de luz (pal) en la nieve sobre el balance radiativo del nevado Coropuna, Arequipa. Tesis (Título de ingeniería ambiental). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2019. 69 pp. [fecha de consulta: 17 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://1library.co/document/zkw7lp1z-efecto-particulas-absorbentes-balance-radiativo-nevado-coropuna-arequipa.html>
12. ENRIQUEZ, Oscar; GUZMÁN, Anderson; NARVAEZ, G. Análisis del comportamiento de la precipitación en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) en condiciones de desarrollo de los fenómenos El Niño y La Niña [online]. 2014, vol.23, n.1 2 [citado 2021-

- 06-23], pp.165-178. Disponible en:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v23n1/v23n1a13.pdf>  
 ISSN: 2256-5442
13. ENTRENA, Francisco. Determinación del potencial solar [en línea]. Málaga: IC Editorial, 2014. [fecha de consulta: 18 de junio de 2021]. Disponible en:  
[https://books.google.com.pe/books?id=004pEAAAQBAJ&pg=PT26&lpq=PT26&dq=1.321,29+cos4%C2%B0&source=bl&ots=O0QRXXoIHs&sig=ACfU3U3nE2lqQrCJQetAnD-m8gVsR\\_P6dg&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjegtfOIZHxAhUoD7kGHU-kCaUQ6AEwA3oECAYQAw#v=onepage&q=1.321%2C29%20cos4%C2%B0&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=004pEAAAQBAJ&pg=PT26&lpq=PT26&dq=1.321,29+cos4%C2%B0&source=bl&ots=O0QRXXoIHs&sig=ACfU3U3nE2lqQrCJQetAnD-m8gVsR_P6dg&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjegtfOIZHxAhUoD7kGHU-kCaUQ6AEwA3oECAYQAw#v=onepage&q=1.321%2C29%20cos4%C2%B0&f=false) ISBN: 9788416271412
14. FERRER, V. y TORRERO, M. Integrated management hydric basin: Gualjaina river basin, Chubut, Argentina. Revista de Boletín Mexicano de derecho comparado [en línea]. Mayo-agosto, 2015. N°48. [fecha de consulta: 6 de noviembre]. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0041863318300255>  
 ISSN: 2448-4873
15. FONSECA, S. (Ed.al). Estudio hidrometeorológico de la unidad hidrográfica Chillón 2019: libro de resumen ejecutivo [en línea]. Lima: Autoridad Nacional de Agua, 2019 [fecha de consulta: 18 de septiembre de 2020]. Disponible en:  
<http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4628>
16. GALLARDO MARTINEZ, Damaris; CABRERA DÍAZ, Iliana; BRUGUERA AMARAN, Noel; MADRAZO ESCALONA, Felipe. Evaluación de impactos ambientales provocados por la actividad minera en la localidad de Santa Lucía, Pinar del Río [en línea]. Enero- marzo 2013, vol. 15, n.º 1. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2021]. Disponible en: Dialnet-EvaluacionDelImpactosAmbientalesProvocadosPorLaActi-5350852.pdf  
 ISSN: 1562- 3297
17. GARCIA, M. y F. HERRERA. La Cuenca Hidrosocial Presa Huapango, México: Un análisis de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y la gobernanza en cuerpos de agua compartidos. Agua y Territorio [en línea]. Julio-diciembre, 2019. (14), 69-84 45 [fecha de consulta: 16 de

- septiembre]. ISSN: 2340-7743. Disponible en:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7207120>
18. GÓMEZ, Cecilia. Naturalización de caudales aplicados a la generación de energía hidroeléctrica en la cuenca del Río Rímac [en línea]. Lima-Perú 2017. [Fecha de consulta: 21 de Junio de 2021]. Disponible en:  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3411/gomez-moreno-cecilia-del-pilar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
19. GÓMEZ, D. y GÓMEZ, M. Del Impacto Ambiental a la sostenibilidad: nuevo lenguaje para viejas. *Ambienta* [en línea]. Diciembre, 2018, N°125, 50-68 [Fecha de consulta: 8 de Septiembre del 2020]. ISSN: 1577-9491. Disponible en:  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_AM/PDF\\_AM\\_Ambienta\\_2018\\_123\\_54\\_71.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_AM/PDF_AM_Ambienta_2018_123_54_71.pdf)
20. GUEVARA-FLORÍNDEZ, V. Revisión crítica de los alcances y límites de la gestión integrada de recursos hídricos (girh): el caso de la subcuenca Santa Eulalia. *Revista Kawsaypacha: sociedad y medio ambiente* [en línea]. Julio-diciembre 2019, (4), 25-45 [fecha de consulta: 16 de septiembre]. ISSN: 1577-9491 Disponible en:  
<http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/Kawsaypacha/article/view/21777>
21. HALL, S. El río colorado está en peligro de un futuro reseco. *Revista Scientific American* [en línea]. Febrero, 2020. N° 175. [fecha de consulta: 22 de octubre]. Disponible en:  
<https://www.scientificamerican.com/article/colorado-river-is-in-danger-of-a-parched-future/> ISSN: 0036-8733
22. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., y BAPTISTA, P. Metodología de la investigación. 6.ª ed. Mexico:Mc Graw Hill education., 2014. 600pp. ISBN: 9781456223960
23. HEVIA RODRIGUEZ, V. El estudio microscópico del carbón [en línea]. *Boletín Informativo del Instituto Nacional del Carbón* 2(9): 5-34 (1953). [Fecha de consulta: 20 de Junio de 2012]. Disponible en:  
<http://hdl.handle.net/10261/52693>
24. INAIGEM. Informe de la situación de los Glaciares y ecosistemas de Montaña en el Perú. [en línea]. Cuzco, Perú. 2017. [Fecha de consulta: 22

- de Junio de 2012]. Disponible en: <https://www.inaigem.gob.pe/wp-content/uploads/2019/04/Interiores-Informe-anual-2017.pdf>
25. INAIGEM. Las montañas nuestro futuro (Libro de resúmenes), Huaraz, Ancash: Instituto nacional de investigación en glaciares y ecosistemas de montaña, 2019. 91 pp. Disponible en: <https://inaigem.gob.pe/simposio/wp-content/uploads/2020/02/LIBRO-DE-RESU%CC%81MENES-VERSION-FINAL-FEBRERO-2020.pdf>  
ISSN: 1080342
26. INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). Perú encuesta demográfica y de salud familiar-Endes 2014 [en línea]. Lima 11 PERÚ 2014. [Fecha de consulta: 20 de Junio de 2021]. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1211/pdf/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1211/pdf/Libro.pdf)
27. IVANOVA, Y., DOMINGUEZ, E., SARMIENTO, A., Evaluación del Efecto sobre el metabolismo hídrico de la ciudad de Bogotá como respuesta al cambio con el modelo de gestión del agua en los años 90: Ambiente y Desarrollo [en línea]. Enero-Junio, 2018, 22(42), 1 – 10 [Fecha de consulta: 8 de Septiembre del 2020]. ISSN: 2346-2876. Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/25113>
28. LAQUI, Vanessa. Efecto de la variación de los elementos climáticos en la producción de quinua, en la cuenca del río llave – Puno. Tesis (Título de ingeniero agrícola). Puno: Universidad Nacional del Altiplano Puno de Perú, 2017. Disponible en <http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/4024>
29. LAVADO, W. (Ed). Estudios Hidrológicos del SENAMHI: Resúmenes Ejecutivos-2020. Lima, 2020: Servicio Nacional de Meteorología e Hidróloga del Perú. Disponible en: <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/472>
30. LOBO, Erick. Estudio hidrológico e hidráulico para la identificación de la vulnerabilidad a desbordes de la cuenca baja del río Coata – Puno. Tesis (Título de ingeniero agrícola). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina de Perú, 2017. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3366>

31. MANCILLA-VILLA, Óscar Raúl et al. Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Rev. Int. Contam. Ambient* [online]. 2012, vol.28, n.1 [citado 2021-06-23], pp.39-48. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000100004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000100004)  
ISSN 0188-4999.
32. MARTÍNEZ, Carlos. Impacto del cambio climático en la hidrología de la cuenca del Río Ica. Tesis (Título de ingeniero agrónomo). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina de Perú, 2014. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1849>
33. MENÉNDEZ Díaz, J. Ángel. El carbón en la vida cotidiana de la pintura rupestre al ascensor espacial [en línea]. CreateSpace Independent Publishing Platform (2 Octubre 2012) [fecha de consulta: 20 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.amazon.com/El-carb%C3%B3n-vida-cotidiana-rupestre/dp/1479386081>  
ISBN: 1479386081
34. MOLINA, F. Hielo de macizo boliviano será salvado para generaciones futuras. *Revista Científica American* [en línea]. Diciembre, 2016. Nº 2. [fecha de consulta: 1 de noviembre]. Disponible en: <https://www.scientificamerican.com/espanol/noticias/hielo-de-macizo-boliviano-sera-salvado-para-generaciones-futuras/> ISSN: 0036-8733
35. NEYRA, Sergio y MEZA, Patricio Araya. Aguas de contacto, efectos en la minería y el medioambiente. *Rev. Fac. Der.* [online]. 2021, n.50 [citado 2021-06-22], e106. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2301-06652021000101106&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2301-06652021000101106&lng=es&nrm=iso)
36. NEPAL, S. Impacts of climate change on the hydrological regime of the Koshi river basin in the Himalayan region. *Revista Journal of Hydro-environment research* [en línea]. Marzo, 2016. Nº 10. [fecha de consulta: 1 de noviembre]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570644315000805>  
ISSN: 1570-6443

37. PATERSON, P. Calentamiento Global y Cambio Climático en Sudamérica. *Revista Política y Estrategia* [en línea]. Julio-Diciembre, 2017, N°129, 153-188 [Fecha de consulta: 8 de Septiembre del 2020]. ISSN: 0719-8027. Disponible en: <https://doi.org/10.26797/rpye.v0i130>
38. PISAPIA, Daniel et al. Oxidación del grafito natural en el laboratorio y comparación con el óxido de grafito sintético, por medio de técnicas térmicas y espectroscópicas. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia* [online]. 2009, vol.32, n.3 [citado 2021-06-19], pp. 249-255 . Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652014000100007&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652014000100007&lng=es&nrm=iso). ISSN 0254-0770.
39. POZO-ANTONIO, José Santiago; PUENTE, Iván; LAGUELA, Susana y VEIGA, María. Tratamiento microbiano de aguas ácidas resultantes de la actividad minera: una revisión. *Tecnol. cienc. agua* [online]. 2017, vol.8, n.3 [citado 2021-06-22], pp.75-91. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-24222017000300075&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-24222017000300075&lng=es&nrm=iso) ISSN 2007-2422. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-03-05>
40. QUIJANDRÍA L. Juan C; ARAMBURU R. Vidal S. Evaluación del carbón mineral para disminuir el contenido de azufre y mejorar su calidad [online]. 2016, vol. 19, n.38, [citado 2021-06-23], pp. 61-66. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/13569> ISSN: 1682-3087
41. QUISPE, Lelia. Determinación y análisis espacio temporal de la radiación solar global en el altiplano de Puno. Tesis (Magister scientiae en ingeniería ambiental). Puno: Universidad Nacional del altiplano de Perú, 2018. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9634>
42. RAMOS, R. Evaluación de la Cobertura Glaciar del Nevado Coropuna y su relación con el entorno Climático. Tesis (para obtener el grado de Magíster). Lima: Universidad nacional agraria la molina, 2018. 196 pp. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3321>
43. RECIO, C. Balance de masa reciente y dinámica de los glaciares de la Península Hurd (Isla Livingston, Antártida) en un contexto de clima cambiante. Tesis (Para obtener el grado de Doctor). Madrid: Universidad

- Complutense de Madrid, 2019. 257 pp. [Fecha de Consulta: 10 de Septiembre del 2020]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/56736/>
44. REYES, Yulieth C; VERGARA, Inés; TORRES, Omar E; DÍAZ, Mercedes; GONZÁLES, Edgar E. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria [en línea]. Julio-Diciembre 2016, vol. 16, n.º 2. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110> ISSN: 1900-771X
45. RINCÓN M, Marco Antonio; GÓMEZ M, Hernán; MONROY V, William O. El carbón Muestreo, análisis y clasificación de recursos y reservas [en línea]. Colombia: Ingeominas Instituto Colombiano de Geología Y Minería, 2010 1998 [fecha de consulta: 20 de junio de 2021]. Capítulo 2. Sistema de clasificación de recursos y reservas de carbón en Colombia. Disponible en: <https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Cientificas/NoSeriadadas/Documentos/El-carbon-Colombiano-muestreo-analisis.PDF> ISBN: 9789589952801
46. ROJAS G, Andrés Felipe and BARRAZA BURGOS, Juan Manuel. Caracterización morfológica del carbonizado de carbones pulverizados: determinación experimental. Rev.fac.ing.univ. Antioquia [online]. 2008, n.43 [cited 2021-06-24], pp.42-58. Available from: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-62302008000100004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302008000100004&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 0120-6230
47. SALAS, A. Métodos estadísticos para la investigación científica [en línea]. Guayaquil: Grupo compás, 2018 [fecha de consulta: 16 de septiembre]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/415591692/libro3-1-pdf>. ISBN:978-9942-33-046-8
48. SALCEDO, S. Variación espaciotemporal de impurezas (partículas) absorbentes de luz y cenizas volcánicas en la superficie del nevado Coropuna, Arequipa. Tesis (Título de ingeniería ambiental). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2018. 80 pp. [fecha de consulta: 18 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6731>

49. SÁNCHEZ, W. Estimación de la contribución del carbono negro a la fusión de nieve de los glaciares Yanapaccha y Shallap, para el período entre oct – 2015 hasta ago – 2016 [en línea]. Huaraz: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y ecosistemas de Montaña, 2016 [fecha de consulta: 16 de septiembre de 2020]. Disponible en: [https://issuu.com/inaigem/docs/inaigem\\_docs\\_revista\\_inaigem\\_no\\_4](https://issuu.com/inaigem/docs/inaigem_docs_revista_inaigem_no_4)
50. SCHMITT, C y TODOS, J. et al. Mediciones de partículas absorbentes de luz en los glaciares de la Cordillera Blanca, Perú [en línea]. Colorado – Estados Unidos 2014. [Fecha de consulta: 20 de Junio de 2021]. Disponible en: <https://tc.copernicus.org/articles/9/331/2015/>
51. SOTO, Carolina. Et al. *Estimación cuantitativa de carbono negro en el glaciar Ampay-Apurímac*. Revista de Desarrollo Sostenible de Sistemas de Energía, Agua y Medio Ambiente [en línea]. Julio 2020. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2021]. Disponible en: <http://www.sdewes.org/jsdewes/pid8.0342>
52. SOTO, J. y DEL CASTILLO, G. Cambio Climático y desastres Socio-Naturales: Desafío para Chile y sus fuerzas armadas. Revista Política y Estrategia [en línea]. Enero-Junio, 2019, N°133, 53-88 [Fecha de consulta: 8 de Septiembre del 2020]. ISSN: 0719-8027. Disponible en: <http://www.politicayestrategia.cl>
53. SUAREZ, Luis; TORRES, Christian; HELMIG, Detlev y HUEBER, Jacques. Medición y análisis del aerosol de carbono negro en el observatorio de Huancayo, Peru. *Revista Boliviana de Física* [online]. 2017, vol.30, n.30 [citado 2021-06-18], pp. 9-17 . Disponible en: <[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1562-38232017000100003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-38232017000100003&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1562-3823.
54. SUGATRI, R. et. al. Negro de carbón reciclado a partir de residuos de la industria de neumáticos: estudio térmico. *Microsystem Technologies* [en línea]. Junio, 2021, vol. [Fecha de consulta: 18 de Junio del 2021]. ISSN: 1432-1858. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/315766973\\_Recycled\\_carbon\\_black\\_from\\_waste\\_of\\_tire\\_industry\\_thermal\\_study](https://www.researchgate.net/publication/315766973_Recycled_carbon_black_from_waste_of_tire_industry_thermal_study)

55. UNIVERSIDAD César Vallejo. Resolución de consejo universitario N°0126-2017/UCV. Código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo. Trujillo: 2017, 12pp.
56. URSTEIN-RODA, Tania. Reflexiones sobre la gestión de los recursos hídricos y la salud pública en el Perú. Rev. Perú. med. exp. salud pública [online]. 2018, vol.35, n.2 [citado 2021-06-23], pp.297-303. Disponible en: <[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342018000200018&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342018000200018&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1726-4634.
57. VARAS, M. Comunidad y clima transformaciones en la Cuenca Alta del río Chillón. Tesis (Titulo de Doctorado). Sevilla: Universidad Pablo de Olavide, 2017. 214 pp. [fecha de consulta: 14 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://rio.upo.es/xmlui/handle/10433/4756>
58. VICTORIANO, A. Integración de métodos para la caracterización Hidrogeomorfológica de la actividad potencial en una cuenca de montaña (Portainé, Pironeos Orientales). Tesis (Doctoral). Barcelona: Universitat de Barcelona, 2018. 358 pp. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=251837>
59. VILLASÍS, M. y MIRANDA, M. El protocolo de investigación IV: las variables de estudio. Revista Alergia México [en línea]. Julio-septiembre, 2016, vol. 63, nº3. [fecha de consulta: 16 de septiembre]. ISSN: 0002-5151. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755025003.pdf>
60. VIÑUALES – EDO, V. Transición Ecológica, un desafío cultural: Ambienta [en línea]. Diciembre, 2018, N°125, 4-10 [Fecha de consulta: 8 de Septiembre del 2020]. ISSN: 1577-9491. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/519190>

## ANEXOS

### Anexo N°1. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN
Incidencia del Black Carbon (Hollín)	Componente que de manera significativa contamina la atmosfera, tornándose en la parte superior un oscurecimiento, el cual provoca que la absorción de la radiación solar sea más acelerada. Es considerado como el segundo factor que provoca el Calentamiento Global, se sabe que los nevados contribuyen al abastecimiento hidrológico y es por eso que, a mayor emisión de carbón negro, mayor pérdida de agua (Sánchez, w y Schmitt, C, 2018).	La incidencia del Black Carbon (Hollín) fue determinada mediante la presencia de Black Carbon y las condiciones meteorológicas	Presencia de Black Carbon	Espectro de Black Carbon	cm-1
				Morfología	µm
			Condiciones Meteorológicas	Temperatura	C°
				Viento	m/s
				Altitud	msnm

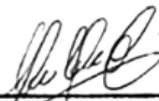
Variabilidad Hidrometeorológica	La variabilidad meteorológica son las condiciones y variaciones del clima que se generan a través del cambio climático, mientras que la variabilidad hidrológica son las alteraciones que ocurre en el sistema hidrológico y que por ende se observan en las precipitaciones, caudales y la evaporación (Fonseca, S, 2019).	La variabilidad hidrometeorológica fue determinada mediante la variabilidad de la precipitación y la variabilidad en la incidencia de la radiación solar	Variabilidad de Precipitación	Nivel de Precipitación Diaria	mm/hora
				Nivel de Precipitación Temporada	mm/hora
			Variabilidad en la incidencia de radiación Solar	Radiación solar	Kwh/m2
				Altitud	msnm

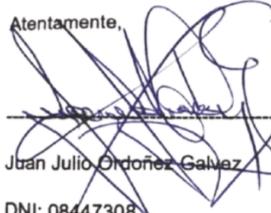
Impacto en la Cordillera la Viuda y las Sub-cuencas bajas	La acelerada pérdida de masa glaciar superficial es una gran preocupación y un impacto negativo a Nivel Global, debido que su rol es brindar abastecimiento hidrológico a las Subcuencas bajas, pero a mayor pérdida de masa glaciar se pueden generar desastres naturales provocando inundaciones, perdidas de especies, sociales y económicas. (Cuadros, J, 2019).	El impacto en la Cordillera la Viuda y las Sub-cuencas bajas se determinó en relación a la pérdida de masa glaciar, desabastecimiento hidrológico y los diferentes escenarios de riesgo	Pérdida de Masa Glaciar	Área Glaciar	Km2
				Tiempo	Años
			Abastecimiento Hidrológico	Caudal	m3
				pH	pH
				Temperatura In Situ	°C

## Ficha 1. Registro de Campo para agentes físicos en Nevados

<b>Título</b>	Incidencia del Black Carbon (Hollín) y la Variabilidad Hidrometeorológica sobre los Impactos Ambientales de la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2020		
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales		
<b>Responsables</b>	Velásquez Fernández, Roly Yaricahua Esteban, Deysi Shirley		
<b>Asesor</b>	Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales		
<b>Punto de Muestreo:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Hora:</b>	
<b>Parámetros in situ:</b>	Temperatura (    )	pH (    )	Densidad (    ) Otros
<b>A) Descripción del área</b>			
<b>1.Nombre:</b>	<b>Proximidad a centros poblados</b> <b>SI</b> <b>NO</b>		
<b>2.Zona de trabajo:</b>			
<b>3.Altitud:</b>			
<b>4.Viento(nudos):</b>			
<b>5.Coordenadas UTM:</b>	<b>E:</b>	<b>N:</b>	
<b>6. Condiciones Climatológicas:</b>			
<b>B)Recolección de Muestra</b>			
<b>Área del punto de muestreo:</b>			
<b>Masa:</b>		<b>Distribución:</b>	
<b>Radiación Solar</b>			
<b>1a. Radiación Incidente</b>			
<b>1b. Angulo Cenital Solar, Si la radiación es directa (0 - 89°)</b>			
<b>2. Distribución de superficie espectral</b>			
<b>3. Radio Efectivo de grano de nieve (30 - 1500 micras)</b>			
<b>4. Espesor de la capa de nieve</b>			
<b>5. Densidad de capa de nieve</b>			
<b>6. Albedo del suelo subyacente</b>			
<b>7. Concentración de carbón negro (ppb ó nanogramos por gramo de hielo)</b>			
<b>Descripción Morfológica del Black Carbon</b>			
<b>Procesamiento de Datos en el Software SNICAR</b>			
<b>Punto de medición de Caudal</b>			
<b>Longitud de medición</b>			
<b>Tiempo</b>			
<b>Profundidad del canal</b>			
<b>Ancho del Canal</b>			
<b>Generalidades</b>			

  
**Dr. Elmer G. Benites Alfaro**  
 CIP. 71998

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

Atentamente,  
  
**Juan Julio Ordoñez Galvez**  
 DNI: 08447308

## Ficha 2. Registro de Gabinete para Modelamiento espacial y datos históricos

<b>Título</b>	Incidencia del Black Carbon (Hollín) y la Variabilidad Hidrometeorológica sobre los Impactos Ambientales de la Cordillera la Viuda y las sub - cuencas bajas, Lima-Junín, 2020
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Responsables</b>	Velásquez Fernández, Roly
	Yaricahua Esteban, Deysi Shirley
<b>Asesor</b>	Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales

### Precipitaciones:

Estación Meteorológica:

Coordenadas UTM:

E: N:

Nivel de Precipitación histórica:

Fecha:

PPmàx:

PPmin:

Nivel de Precipitación por temporada de análisis:

Fecha:

PPmàx:

PPmin:

### Área Glaciar:

Percepción histórica por fechas de análisis (Km2):

Proporción perdida (Km2):

Proporción de pérdida anual (Km2):

### Hidrología:

Estación Hidrológica:

Coordenadas UTM:

E: N:

Nivel de Caudal histórico:

Fecha:

Caudal màx (m3):

Caudal min (m3):

Nivel de Caudal por temporada de análisis:

Fecha:

Caudal màx (m3):

Caudal min (m3):

### Escenarios de Riesgo:

Lugar:

Descripción:

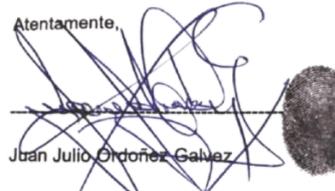
Ocurrencias (%):

Pérdidas (Nº):

Costos (S/.):

  
Dr. Elmer G. Benites Alfaro  
CIP. 71998

  
Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
DOCENTE E INVESTIGADOR  
CIP: 130267  
RENACYT: P0078275

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

## Anexo N°4. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Castañeda Olivera Carlos Alberto
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento de recolección de datos para agentes físicos en Nevados
- 1.5. Autores de Instrumento: Velásquez Fernández Roly y Yaricahua Esteban Deysi Shirley

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN PARA LA FICHA N°1 TITULADA “REGISTRO DE CAMPO PARAAGENTES FÍSICOS EN NEVADOS”.

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemasobjetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicadospara lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 01 de noviembre del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

**V. DATOS GENERALES**

- 5.1. Apellidos y Nombres: Castañeda Olivera Carlos Alberto
- 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 5.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de gabinete para modelamiento espacial y datos históricos
- 5.5. Autores de Instrumento: Velásquez Fernández Roly y Yaricahua Esteban Deysi Shirley

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN PARA LA FICHA N°2 TITULADA “REGISTRO DE GABINETE PARAMODELAMIENTO ESPACIAL Y DATOS HISTÓRICOS”.**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

90%

Lima, 01 de noviembre del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

## Anexo N° 5. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Benítes Alfaro Elmer Gonzales
- 1.7. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.8. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento de recolección de datos para agentes físicos en Nevados
- 1.10. Autores de Instrumento: Velásquez Fernández Roly y Yaricahua Esteban Deysi Shirley

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN PARA LA FICHA N°1 TITULADA “REGISTRO DE CAMPO PARA AGENTES FÍSICOS EN NEVADOS”.

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%
-----

Lima, 01 de noviembre del 2020

  
**Dr. Elmer G. Benites Alfaro**  
 CIP. 71998

**V. DATOS GENERALES**

- 5.6. Apellidos y Nombres: Benítes Alfaro Elmer Gonzales
- 5.7. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 5.8. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 5.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de gabinete para modelamiento espacial y datoshistóricos
- 5.10. Autores de Instrumento: Velásquez Fernández Roly y Yaricahua Esteban Deysi Shirley

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN PARA LA FICHA N°2 TITULADA “REGISTRO DE GABINETE PARAMODELAMIENTO ESPACIAL Y DATOS HISTÓRICOS”.**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

95%

Lima, 01 de noviembre del 2020

  
**Dr. Elmer G. Benites Alfaro**  
**CIP. 71998**

## Anexo 6. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.11. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez Juan Julio  
 1.12. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo  
 1.13. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales  
 1.14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento de recolección de datos para agentes físicos en Nevados  
 1.15. Autores de Instrumento: Velásquez Fernández Roly y Yaricahua Esteban Deysi Shirley

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN PARA LA FICHA N°1 TITULADA “REGISTRO DE CAMPO PARA AGENTES FÍSICOS EN NEVADOS”.

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

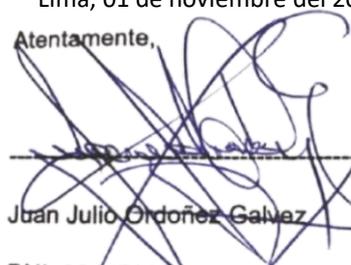
SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 01 de noviembre del 2020

Atentamente,

  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

**V. DATOS GENERALES**

- 5.11. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez Juan Julio
- 5.12. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 5.13. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 5.14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de gabinete para modelamiento espacial y datos históricos
- 5.15. Autores de Instrumento: Velásquez Fernández Roly y Yaricahua Esteban Deysi Shirley

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN PARA LA FICHA N°2 TITULADA “REGISTRO DE GABINETE PARAMODELAMIENTO ESPACIAL Y DATOS HISTÓRICOS”.**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

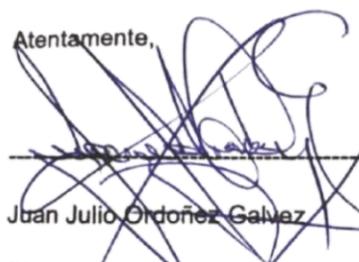
SI
-

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

90%
-----

Lima, 01 de noviembre del 2020

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez



DNI: 08447308

## Anexo 7. Permiso policial por Pandemia Roly Velásquez Fernández

22/3/2021

Solicitud de pase laboral

**Pase semana 8**



**Vence: dom 28 mar 23:59**

**Velasquez Fernandez**  
**Roly**  
**DNI 74708538**

**OCUPACIÓN: INGENIERO AMBIENTAL**  
**SERVICIO PROFESIONAL**

Trabajo en investigación y desarrollo experimental en el campo de las ciencias sociales y las humanidades, asistencia social, actividades veterinarias, servicios de edición de libros, directorios y otros servicios de edición.trabajo en servicios de producción, posproducción y distribución de películas, videocintas y programas tv.trabajo en servicio de grabación de sonido y edición de música.trabajo en servicios de análisis técnicos, investigación y desarrollo científicos, investigación de mercados y encuestas de opinión públicas.trabajo en servicios especializados de diseño, fotografía y otras actividades profesionales, científicas y técnicas.trabajo en servicios de apoyo especializado de oficinas administrativas y otras actividades empresariales.trabajo en actividades de bibliotecas y archivos, gestión de museos, monumentos arqueológicos prehispánicos, lugares y edificios históricos, centros culturales (no incluye proyección de películas, obras de teatro y espectáculos) y galerías.trabajo en trabajo en jardines botánicos, zoológicos y parques nacionales, incluidas áreas naturales.gestión de museos, monumentos arqueológicos prehispánicos, lugares y edificios históricos.

**Empresa: ESS SOLUCIONES INTEGRALES EN MEDIO AMBIENTE E HIGIENE OCUPACIONAL E.I.R.L. - ESS SOLUCIONES E.I.R.L.**  
**RUC: 20605782419**

**Dirección de origen: Lima - Lima - San Martin de Porres**  
**Dirección de destino: Lima - Lima - Lima**

Podrás trasladarte a tu centro laboral durante el horario de inmovilización social presentando este pase, impreso o desde tu celular, junto con tu documento de identidad y el fotocheck de la entidad donde trabajas.

El personal de la PNP o las FFAA te solicitará documentación adicional (constancia de trabajo, carta del empleador, documentos de tratamiento médico, etc.) para validar que la información consignada en el pase es verdadera. Si descubren que la información es falsa, incurrirás en un **delito penal y se te negará el pase.**

**Si las autoridades determinan que utilizaste el pase de forma indebida, se invalidará inmediatamente.**

Validaremos tu información en 10 minutos. Si te equivocaste al ingresar tu número de DNI o fecha de emisión, o tus datos del pase laboral no coinciden con tu DNI, este pase será eliminado y deberás generar uno nuevo.

## Anexo 8. Permiso policial por Pandemia, Deysi Shirley Yaricahua Esteban

22/03/2021

Salud Laboral

### Pase semana 8



Vence: dom 28 mar 23:59

**Yaricahua Esteban**

**Deysi Shirley**

**DNI 47009488**

#### OCUPACIÓN: INGENIERO AMBIENTAL

#### SERVICIO PROFESIONAL

Trabajo en investigación y desarrollo experimental en el campo de las ciencias sociales y las humanidades, asistencia social, actividades veterinarias, servicios de edición de libros, directorios y otros servicios de edición; trabajo en servicios de producción, posproducción y distribución de películas, videocintas y programas; trabajo en servicio de grabación de sonido y edición de música; trabajo en servicios de análisis técnicos, investigación y desarrollo científicos, investigación de mercados y encuestas de opinión públicas; trabajo en servicios especializados de diseño, fotografía y otras actividades profesionales, científicas y técnicas; trabajo en servicios de apoyo especializado de oficinas administrativas y otras actividades empresariales; trabajo en actividades de bibliotecas y archivos, gestión de museos, monumentos arqueológicos prehispánicos, lugares y edificios históricos, centros culturales (no incluye proyección de películas, obras de teatro y espectáculos) y galerías; trabajo en jardines botánicos, zoológicos y parques nacionales, incluidas áreas naturales; gestión de museos, monumentos arqueológicos prehispánicos, lugares y edificios históricos.

**Empresa: ESS SOLUCIONES INTEGRALES EN MEDIO AMBIENTE E HIGIENE OCUPACIONAL E.I.R.L. - ESS SOLUCIONES E.I.R.L.**

**RUC: 20605782419**

**Dirección de origen: Lima - Lima - San Martín de Porres**

**Dirección de destino: Lima - Lima - Lima**

Podrás trasladarte a tu centro laboral durante el horario de inmovilización social presentando este pase, impreso o desde tu celular, junto con tu documento de identidad y el fotocheck de la entidad donde trabajas.

El personal de la PNP o las FF.AA. te solicitará documentación adicional (constancia de trabajo, carta del empleador, documentos de tratamiento médico, etc.) para validar que la información consignada en el pase es verdadera. Si descubren que la información es falsa, incurrirás en un delito penal y se te negará el pase.

Si las autoridades determinan que utilizaste el pase de forma indebida, se invalidará inmediatamente.

Validaremos tu información en 10 minutos. Si te equivocaste al ingresar tu número de DNI o fecha de emisión, o tus datos del pase laboral no coinciden con tu DNI, este pase será eliminado y deberás generar uno nuevo.

## Anexo 9. Permiso policial por Pandemia, Jordy Paolo Huiza Papa

22/3/2021

Solicitud de pase laboral

### Pase semana 8



Vence: dom 28 mar 23:59

**HUIZA PAPA JORDY  
PAOLO  
DNI 76121004**

#### **OCUPACIÓN: INGENIERO AMBIENTAL SERVICIO PROFESIONAL**

Trabajo en investigación y desarrollo experimental en el campo de las ciencias sociales y las humanidades, asistencia social, actividades veterinarias, servicios de edición de libros, directorios y otros servicios de edición. trabajo en servicios de producción, posproducción y distribución de películas, videocintas y programas tv. trabajo en servicio de grabación de sonido y edición de música. trabajo en servicios de análisis técnicos, investigación y desarrollo científicos, investigación de mercados y encuestas de opinión públicas. trabajo en servicios especializados de diseño, fotografía y otras actividades profesionales, científicas y técnicas. trabajo en servicios de apoyo especializado de oficinas administrativas y otras actividades empresariales. trabajo en actividades de bibliotecas y archivos, gestión de museos, monumentos arqueológicos prehispánicos, lugares y edificios históricos, centros culturales (no incluye proyección de películas, obras de teatro y espectáculos) y galerías. trabajo en jardines botánicos, zoológicos y parques nacionales, incluidas áreas naturales. gestión de museos, monumentos arqueológicos prehispánicos, lugares y edificios históricos.

**Empresa: ESS SOLUCIONES INTEGRALES EN MEDIO AMBIENTE E  
HIGIENE OCUPACIONAL E.I.R.L. - ESS SOLUCIONES E.I.R.L.  
RUC: 20605782419**

**Dirección de origen: Lima - Canta - Santa Rosa de Quives  
Dirección de destino: Lima - Lima - Lima**

Podrás trasladarte a tu centro laboral durante el horario de inmovilización social presentando este pase, impreso o desde tu celular, junto con tu documento de identidad y el fotocheck de la entidad donde trabajas.

El personal de la PNP o las FFAA te solicitará documentación adicional (constancia de trabajo, carta del empleador, documentos de tratamiento médico, etc.) para validar que la información consignada en el pase es verdadera. Si descubren que la información es falsa, incurrirás en un **delito penal y se te negará el pase.**

**Si las autoridades determinan que utilizaste el pase de forma indebida, se invalidará inmediatamente.**

Validaremos tu información en 10 minutos. Si te equivocaste al ingresar tu número de DNI o fecha de emisión, o tus datos del pase laboral no coinciden con tu DNI, este pase será eliminado y deberás generar uno nuevo.

## Anexo 10. Permiso policial por Pandemia, Rodolfo Orlando Mori Vidal

22/3/2021

Solicitud de pase laboral

**Pase semana 8**



**Vence: dom 28 mar 23:59**

**MORI VIDAL RODOLFO  
ORLANDO**

**DNI 72191418**

**OCUPACIÓN: TÉCNICO SUPERIOR EN GUIADO  
TURÍSTICO**

**SERVICIO PROFESIONAL**

Trabajo en investigación y desarrollo experimental en el campo de las ciencias sociales y las humanidades, asistencia social, actividades veterinarias, servicios de edición de libros, directorios y otros servicios de edición.trabajo en servicios de producción, posproducción y distribución de películas, videocintas y programas tv.trabajo en servicio de grabación de sonido y edición de música.trabajo en servicios de análisis técnicos, investigación y desarrollo científicos, investigación de mercados y encuestas de opinión públicas.trabajo en servicios especializados de diseño, fotografía y otras actividades profesionales, científicas y técnicas.trabajo en servicios de apoyo especializado de oficinas administrativas y otras actividades empresariales.trabajo en actividades de bibliotecas y archivos, gestión de museos, monumentos arqueológicos prehispánicos, lugares y edificios históricos, centros culturales (no incluye proyección de películas, obras de teatro y espectáculos) y galerías.trabajo en trabajo en jardines botánicos, zoológicos y parques nacionales, incluidas áreas naturales.gestión de museos, monumentos arqueológicos prehispánicos, lugares y edificios históricos.

**Empresa: ESS SOLUCIONES INTEGRALES EN MEDIO AMBIENTE E  
HIGIENE OCUPACIONAL E.I.R.L. - ESS SOLUCIONES E.I.R.L.**

**RUC: 20605782419**

**Dirección de origen: Lima - Lima - Independencia**

**Dirección de destino: Lima - Lima - Lima**

Podrás trasladarte a tu centro laboral durante el horario de inmovilización social presentando este pase, impreso o desde tu celular, junto con tu documento de identidad y el fotocheck de la entidad donde trabajas.

El personal de la PNP o las FFAA te solicitará documentación adicional (constancia de trabajo, carta del empleador, documentos de tratamiento médico, etc.) para validar que la información consignada en el pase es verdadera. Si descubren que la información es falsa, incurrirás en un **delito penal y se te negará el pase.**

**Si las autoridades determinan que utilizaste el pase de forma indebida, se invalidará inmediatamente.**

Validaremos tu información en 10 minutos. Si te equivocaste al ingresar tu número de DNI o fecha de emisión, o tus datos del pase laboral no coinciden con tu DNI, este pase será eliminado y deberás generar uno nuevo.

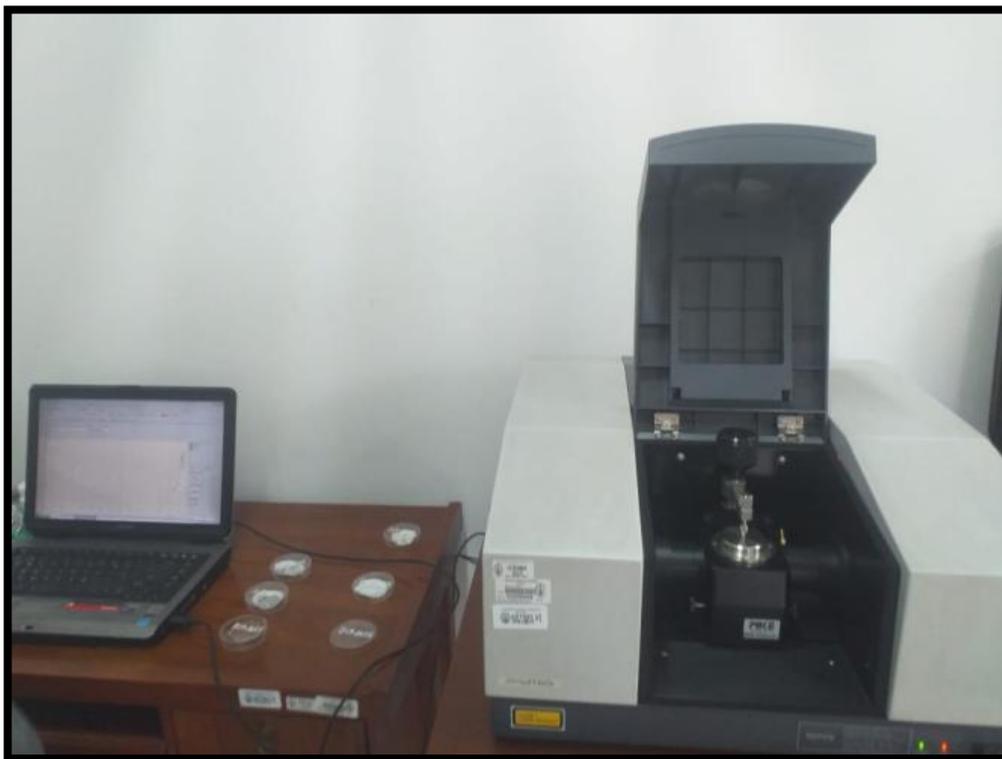
**Anexo 11.** Visualización frontal del equipo empleado para la evaluación microscópica



**Anexo 12.** Visualización lateral del equipo empleado para la evaluación microscópica



**Anexo 13.** Espectrofotómetro FTIR compacto IRAffinity-1S Shimadzu - Cromtek y muestras en el laboratorio de hidrocarburos de la Facultad de Petróleo de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)



**Anexo 14.** Compartimiento de muestras del espectrofotómetro FTIR compacto IRAffinity-1S Shimadzu – Cromtek

