

Análisis de las variables climatológicas sobre la laguna Parón en el periodo 2003 al 2020, Ancash, Perú.

Josué Isac Carrillo Espinoza 

Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Lima, Perú

Recibido: 08/01/2022

Revisado: 15/04/2022

Aceptado: 15/05/2022

Publicado: 31/07/2022

Resumen

Los ecosistemas de alta montaña se clasifican entre los entornos más sensibles al cambio climático y mayor dinámica ambiental (Emmer et al., 2016). Según el ANA (2014) cientos de lagunas glaciares se han formado en los Andes del Perú producto de la gran variabilidad climatológica. El objetivo de este estudio es analizar la dinámica climatológica sobre la laguna Parón en la Cordillera Blanca del Perú, a partir de las variables de: temperaturas máximas, mínimas y precipitaciones; e identificar su relación con la superficie de la laguna Parón en los últimos 17 años, empleando el cálculo del índice NDWI para la determinación de las superficies de la laguna y el método estadístico de regresión lineal para indicar el grado de dependencia. Se obtuvo una relación directa entre las variables de temperatura máxima y precipitación con una relación muy baja y una dependencia del 1 %, en cuanto a las variables de precipitación y superficie se obtuvo una relación directa con una relación baja y una dependencia del 4%. Adam Emmer et al. (2016) dedujeron mediante imágenes multitemporales que los lagos glaciares, llegan a perdurar por periodos más amplios sin sufrir ningún cambio en su superficie, sin embargo, en el presente estudio se demuestra que hay una tendencia ascendente de la superficie de la laguna. Mediante este estudio se concluye que la superficie de la laguna Parón tuvo una tendencia ascendente (2003-2020) con un aumento de 8% en su estructura superficial; se demostró que entre las variables de temperatura máxima y precipitación poseen una relación directa con una dependencia muy baja del 1% en el área cercana a la laguna Parón. Finalmente, se demostró que entre las variables de precipitación y superficie poseen una relación directa con una dependencia baja del 4% en el área próxima a la laguna Parón.

Palabras clave: Clima, laguna, Cordillera, NDWI, Ancas

Abstract

High mountain ecosystems are classified among the most sensitive environments to climate change and the greatest environmental dynamics (Emmer et al., 2016). According to the ANA (2014) hundreds of glacial lagoons have formed in the Andes of Peru as a result of the great climatic variability. The objective of this study is to analyse the climatological dynamics over the Parón lagoon in the Cordillera Blanca of Peru, based on the variables of: maximum and minimum temperatures and precipitation; and identify its relationship with the surface of the Parón lagoon in the last 17 years, using the calculation of the NDWI index for the determination of the surfaces of the lagoon and the statistical method of linear regression to indicate the degree of dependence. A direct relationship was obtained between the variables of maximum temperature and precipitation with a very low ratio and a dependence of 1%, as for the variables of precipitation and surface was obtained a direct relationship with a low relationship and a dependence of 4%. Adam Emmer et al. (2016) deduced through multitemporal images that glacial lakes, come to last for longer periods without suffering any change in their surface, however, in the present study it is shown that there is an upward trend of the surface of the lagoon. This study concludes that the surface of the Parón lagoon had an upward trend (2003-2020) with an increase of 8% in its surface structure; it was shown that between the variables of maximum temperature and precipitation have a direct relationship with a very low dependence of 1% in the area near the Parón lagoon. Finally, it was shown that between the variables of precipitation and surface have a direct relationship with a low dependence of 4% in the area near the Parón lagoon.

Keywords: Climate, lagoon, Cordillera, NDWI, Ancash

1. Introducción

El cambio climático global ha originado efectos significativos en los diferentes ecosistemas terrestres y marinos. Las zonas de alta montaña se consideran entre los entornos con la respuesta más sensible al cambio climático y, en consecuencia, entre los entornos con mayor dinámica ambiental (Emmer et al., 2016).

En la actualidad, el cambio climático y su impacto en el medio ambiente glacial de alta montaña ha hecho previsible la desaparición próxima de una cantidad considerable de glaciares, este impacto negativo, denominado retroceso glaciar, es un claro indicador para

la urgente evaluación de la transformación acelerada de los recursos hídricos y sus variaciones del clima (INAIGEM, 2018).

Los Andes peruanos contienen el 71% de los glaciares tropicales de Sudamérica, los cuales están distribuidos en 19 cordilleras nevadas divididos en 3 sectores: Norte, Centro y Sur. La Cordillera Blanca ubicada al Norte del Perú, cuenta con una zona de influencia de 13,602 km² y una longitud aproximada de 247 km, comprende el área cubierta de glaciares más grande de los trópicos y es uno de los activos naturales más valiosos del Perú por contener la mayor reserva de agua dulce, tanto sólida como líquida (INAIGEM, 2018). Además, de acuerdo al último inventario de lagunas glaciares del Perú (2014), mediante la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH) de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la Cordillera Blanca posee 830 lagunas inventariadas, con superficies mayores iguales a 5,000 m².

Cientos de lagunas de origen glaciar se han formado a lo largo del tiempo debido a la desglaciación que se produce en las cordilleras producto de la variación del clima, y por su parte, el aporte científico ha evidenciado indicios suficientes para concluir que en los últimos años los volúmenes de agua que discurren cuenca abajo son mayores y han aumentado debido a la disminución de masa glaciar en los Andes (ANA, 2014).

El papel que desempeñan estos glaciares y lagunas es de vital importancia para la hidrología en las zonas de influencia de esta cordillera; las consecuencias debido a estas disminuciones en las masas glaciares pueden ser graves, ya que intensifican la variabilidad estacional y aumentan la vulnerabilidad de la población a los fenómenos meteorológicos extremos y el cambio climático (Synnove et al., 2018).

El estudio de las reservas hídricas es indispensable para proporcionar una adecuada gestión de este recurso. Si bien el monitoreo in situ es primordial; debe ser complementado con información geográfica satelital y análisis estadístico; los cuales permitirán un seguimiento periódico de mayor eficacia principalmente para la evaluación de estas lagunas a lo largo del tiempo en aspectos de gestión y diligencia ambiental, como en el caso de este análisis.

El objetivo de este estudio es analizar la dinámica climatológica sobre la laguna Parón en la Cordillera Blanca del Perú, a partir de las variables climatológicas de: temperaturas máximas y mínimas y precipitaciones, e identificar la relación de estas con la superficie

de la laguna Parón abastecida por la Cordillera Parón durante el periodo del año 2003 al 2020.

2. Materiales y Métodos

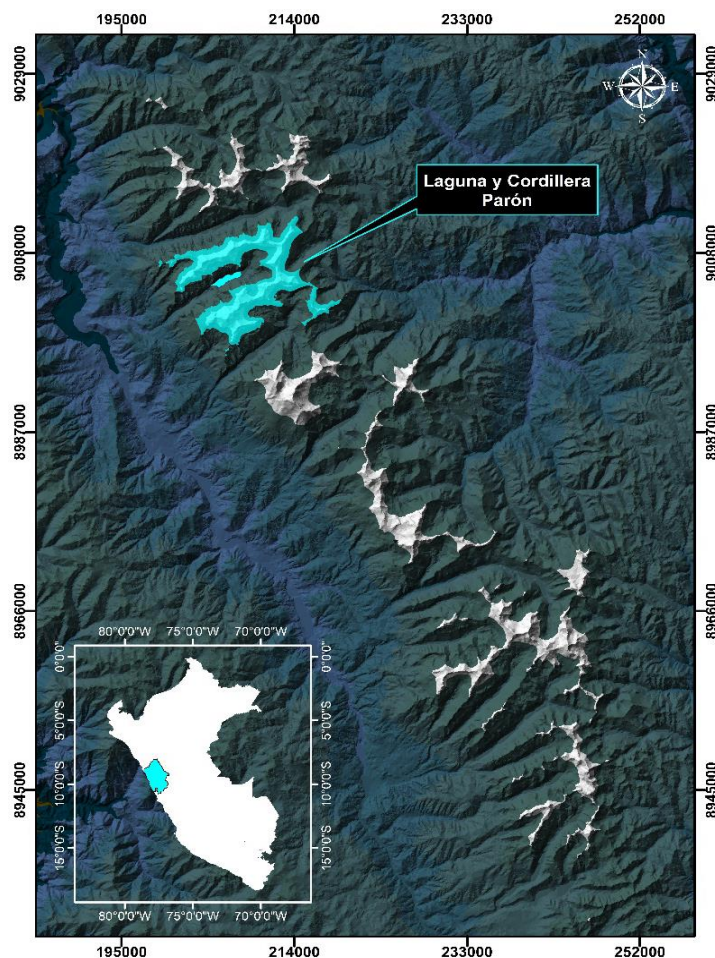
2.1. Área de estudio

La Cordillera Parón; la cual comprende los glaciares que rodean y abastecen a la laguna Parón (Artesonraju, Agujas Nevadas, Pirámide, Huandoy, Broggi, etc.); se encuentra ubicada en la Cordillera Blanca del Perú (Figura 1). Geográficamente, los límites de la Cordillera Parón están comprendidos entre las coordenadas $-8^{\circ}55'57''$ a $-9^{\circ}3'43''$ de Latitud Sur, y Longitud Oeste entre $-77^{\circ}43'23''$ a $-77^{\circ}33'34''$.

Figura 1.

Ubicación de la laguna y cordillera Parón en la Cordillera Blanca del Perú (Elaboración propia)

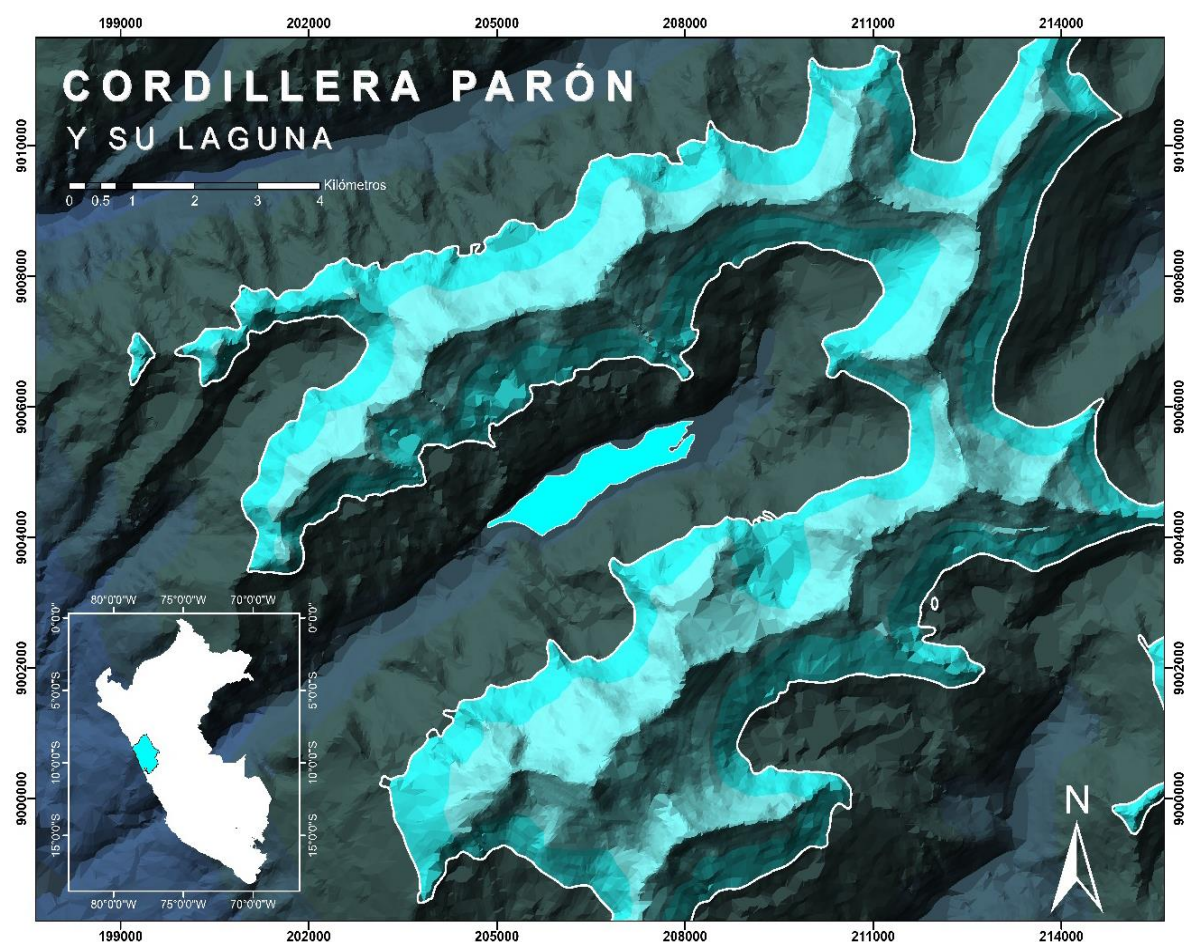
(Patricia & Iparraguirre, 2017)



Por otro lado, la laguna glaciaria Parón georreferenciada con las coordenadas UTM 204817 Este y 9004082 Norte, se localiza en la cuenca hidrográfica del río Santa y en la parte alta de la sub cuenca del río Parón a una altitud de 4174 m.s.n.m. en el distrito de Caraz, provincia de Huaylas, departamento de Ancash (Figura 2). Rodeada por los nevados que conforman la Cordillera Parón, esta laguna es una de las más extensas y voluminosas de la Cordillera Blanca, contando con una superficie aproximada de 1,480,488.70 m² y un volumen de 39,888,952.6 m³ según el último Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas del año 2014.

Figura 2.

Mapa de ubicación del área de estudio en la Cordillera Parón y su laguna.



2.2. Materiales

2.2.1. Imágenes satelitales

Se utilizó la plataforma informática Google Earth Engine para la descarga gratuita de imágenes satelitales mediante la herramienta *Explorer* y se usaron imágenes espectrales correspondientes al satélite *Landsat 7 Collection 1 Tier 1 32-Day TOA Reflectance Composite*, éste opera en 8 bandas espectrales, cada una capta una determinada longitud de onda y su resolución es de 30 metros por pixel. Estos compuestos se fabrican a partir de escenas ortorrectificadas Tier 1, utilizando la reflectancia calculada de la parte superior de la atmósfera (TOA) y las imágenes compuestas se crean a partir de todas las escenas en cada período de 32 días. Para este análisis se eligieron imágenes representativas anuales en la temporada húmeda y de mayor superficie (mayo-junio) durante el periodo 2003-2020.

2.2.2. Variables Climatológicas – SENAMHI

Se descargó la data hidrometereológica diaria accesible del sitio web oficial del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Se tomaron en cuenta 4 estaciones meteorológicas más próximas al área de estudio para la recopilación y gestión de datos durante el periodo 2003 - 2020. Cabe recalcar que la data tomada de la estación meteorológica “Sihuas” entre el periodo del 2003 y 2013, es data oficial del SENAMHI ya revisada y validada por este organismo público. (Tabla 1)

Tabla 1

Estaciones meteorológicas del SENAMHI empleadas para la descarga de datos.

Estaciones	Altitud	Coordenadas		Tipo	Código
		Latitud	Longitud		
Sihuas	2716msnm	8°34'0"S	77°39'0"W	Convencional - meteorológica	108047
S. Antunez de Mayolo	3079msnm	9°30'59.5"S	77°31'29.5"W	Convencional - meteorológica	109009

2.2.3. Eventos de los fenómenos de El Niño y La Niña.

Se obtuvo una lista de los fenómenos de la niña y de el niño de Jean Null (2021), donde podemos encontrar la concurrencia de estos fenómenos del periodo 1980-2011, de los cuales solo se tomaron en cuenta del periodo 2000-2011(Tabla2).

Tabla 2

Lista concordada del fenómeno de El Niño y La Niña.

Fuente: Jean Null, CCM

<https://ggweather.com/enso/oni.htm>

Invierno	Consenso
2000-2001	La niña.
2001-2002	-
2002-2003	El niño.
2003-2004	-
2004-2005	El niño debil.
2005-2006	-
2006-2007	El niño debil.
2007-2008	La niña moder.
2008-2009	-
2009-2010	El niño fuerte.
2010-2011	La niña moder.

2.3. Métodos

2.3.1. Cálculo del Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)

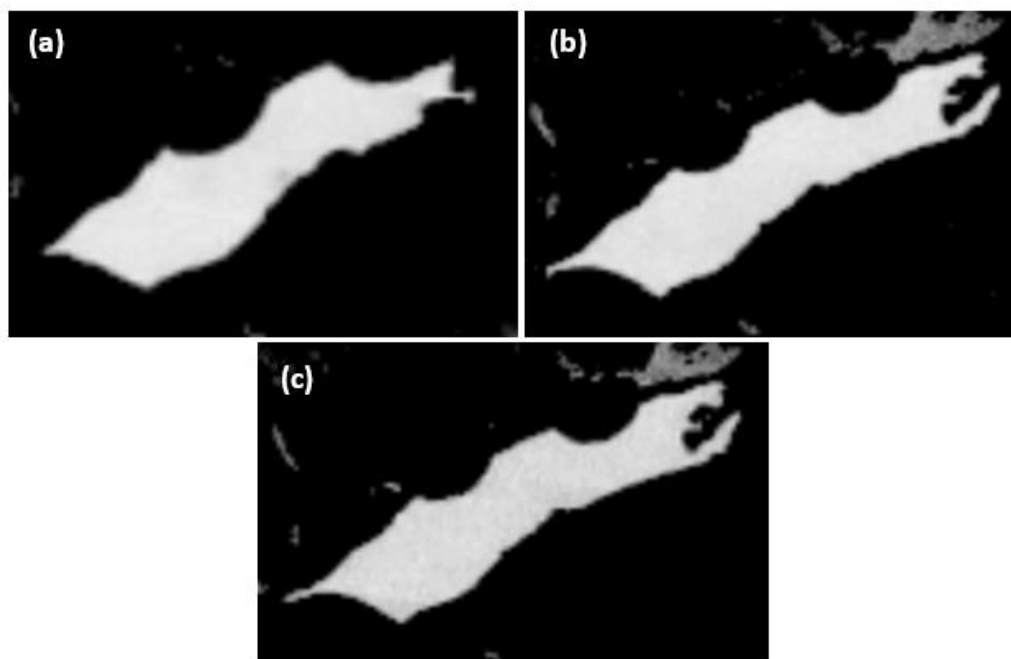
El índice NDWI (*Normalized Difference Water Index*) propuesto por McFeeters, (1996) se utilizó para obtener una adecuada estimación del agua en superficie a partir de la información espectral, el NDWI está definido de la siguiente manera:

$$NDWI = \frac{Verde-IRC}{Verde+IRC} \quad (1)$$

Donde, “Verde” representa la banda de reflectancia con una longitud de onda en un rango de 450-520 nm, y el “IRC”, el cual representa la banda de Infrarrojo Cercano, es el valor de reflectancia con longitudes de onda entre 760-900 nm. El cálculo entre estas dos bandas permite incrementar la reflectancia del agua (Figura 3) al operar con la banda “Verde”, maximiza la reflectancia de la vegetación y minimiza a su vez la reflectancia de las masas de agua gracias a la banda de “RC”.

Figura 3.

Imágenes espectrales obtenidas mediante el cálculo del NDWI en los años (a) 2004, (b) 2007 y (c) 2015 respectivamente, de la laguna glaciar Parón.



De esta manera, la presencia de agua se resalta en la imagen que se obtiene, donde los valores resultaran en un rango numérico entre -1 y 1 por cada píxel debido a su definición matemática (Ec. 1). De esta forma, los valores positivos indicaran la presencia de agua (Maestri et al., 2019).

2.3.2. Gestión y digitalización de imágenes espectrales por Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Para el procesamiento y digitalización de las imágenes espectrales NDWI y el cálculo de las superficies correspondientes al periodo 2003-2020 de la laguna Parón, se utilizó el sistema de software múltiple ArcGis.

2.3.3. Estadística descriptiva

Dentro de la metodología estadística se utilizó el método de promedio y regresión lineal (Anderson et al.,2008); con la cual se pudo determinar el promedio de las temperaturas anuales y la relación de las variables climatológicas.

- I. Determinación las temperaturas máximas y mínimas anuales por el método promedio.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$\sum x$: La suma de los valores de las temperaturas

n: Numero de cantidad de datos

- II. Determinación las relaciones se utilizó el método de regresión lineal:

- a) **Covarianza (Sxy)**: Define si la relación es inversa o es directa de las variables.

$$S_{xy} = \frac{\sum \sum x_i \cdot y_j \cdot f_{ij}}{n} - \underline{x} \cdot \underline{y}$$

X_i : Frecuencia absoluta de la variable x.

Y_j : Frecuencia absoluta de la variable y.

f_{ij} : La multiplicación de frecuencias absolutas x y y.

n: La cantidad de datos.

$\underline{x} \cdot \underline{y}$: La multiplicación de la media de x y y.

- b) **Coefficiente de correlación (r)**: Describe la intensidad de la relación entre dos variables.

$$R = \frac{S_{xy}}{S_x * S_y}$$

S_{xy} : Covarianza de las variables.

S_x : La desviación estándar X.

S_y : La desviación estándar Y.

En la Tabla 3 muestra los valores que se pueden interpretar, si la intensidad de la relación de las variables es baja, muy baja, moderada y alta.

Tabla 3

Tabla de interpretación de coeficiente de correlación (r), (Cohen, 1988).

Correlación	Interpretación
0,0 a 0,10	Muy baja
0,10 a 0,29	Baja
0,30 a 0,49	Moderada
0,50 a 1,0	Alta

- c) **Coeficiente de determinación (r^2):** Representa la porción de variabilidad o la dependencia entre las dos variables.

$$R^2 = \left(\frac{S_{xy}}{S_x * S_y} \right)^2 * \%$$

S_{xy} : Covarianza de las variables.

S_x : La desviación estándar X.

S_y : La desviación estándar Y.

3. Resultados

En la Tabla 4 se identifica la cuantificación de las variables, obtenida con el Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI) y datos de SENAMHI, mostrando el promedio anual y el promedio del periodo 2003-2020, que se empleó para la obtención de las relaciones entre variables.

Tabla 4

Tabla de datos obtenidas del SNAMHI y superficie de la laguna Parón mediante NDWI.





Año	T°max°C	T°min°C	Precipitación A,(mm)	Superficie (m ²)
2003	20.79	4.36	690.30	1630767.23
2004	26.44	10.03	796.50	1280073.70
2005	25.30	9.41	681.30	1627657.08
2006	25.22	9.70	1087.80	1552775.38
2007	24.56	8.97	1050.60	1590755.72
2008	20.53	4.25	1004.40	1466025.87
2009	22.06	5.33	1312.20	1664413.03
2010	24.51	8.67	886.40	1632231.60
2011	23.54	9.39	848.30	1558953.66
2012	23.59	10.10	1109.70	1436418.28
2013	24.52	10.77	941.70	1125183.56
2014	23.40	7.60	1037.30	1451520.73
2015	23.79	7.53	819.70	1550713.33
2016	24.69	7.32	613.50	1610449.27
2017	25.91	10.08	1448.20	1680892.13
2018	25.37	9.33	1218.10	1558097.66
2019	24.71	9.46	1248.10	1791229.61
2020	25.24	10.62	914.20	1758166.76
PROMEDIO	24.12	8.50	983.79	1553684.70
DESVIACION ESTANDAR	1.62	2.03	229.31	160746.20

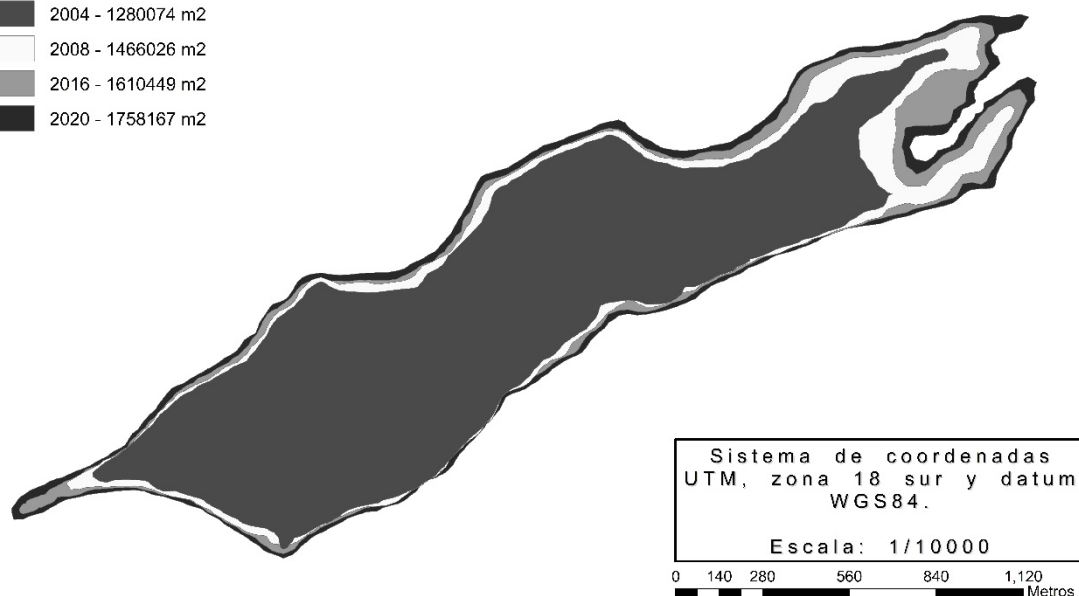
En la figura 4 se observa el incremento progresivo de la superficie de la laguna Parón; se obtuvo una diferencia de 127399.522 m^2 entre el año 2020 y 2003 respectivamente, esto equivale al 8% de la superficie total del año 2003.

Figura 4.

Aumento progresivo de la superficie de la laguna parón 2004-2020.

AÑOS Y SUPERFICIE

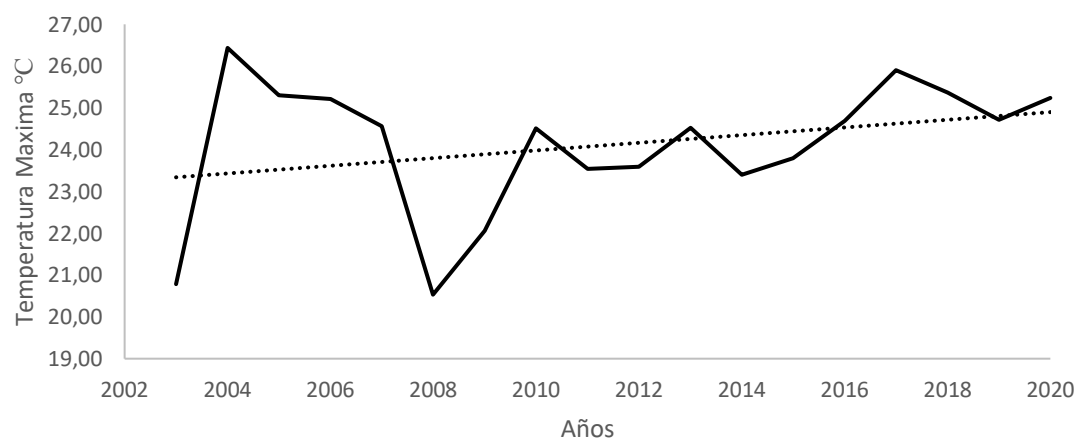
	2004 - 1280074 m ²
	2008 - 1466026 m ²
	2016 - 1610449 m ²
	2020 - 1758167 m ²

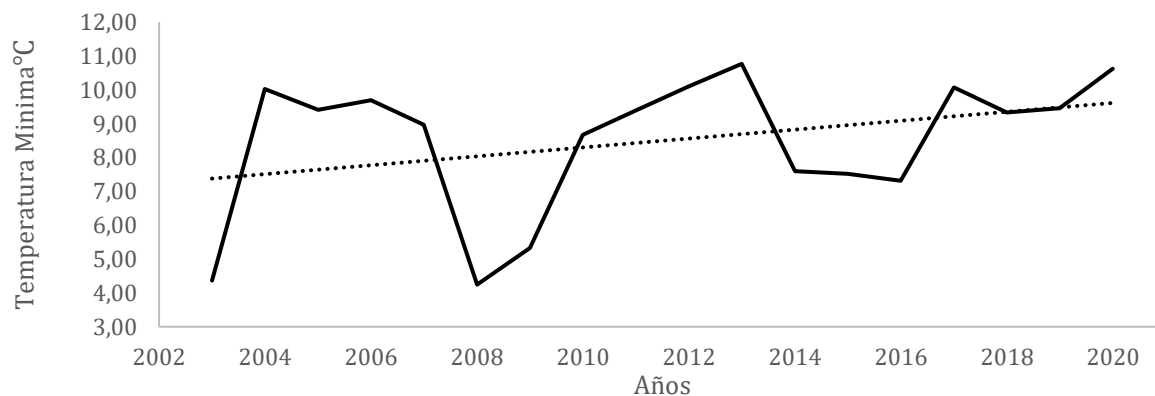
**LAGUNA PARÓN**

Las temperaturas máximas y mínimas anuales en el entorno de la cordillera y laguna de Parón, las tendencias están en creciente por ello la máxima temperatura fue 26.44°C (2004) y la mínima 4.25°C (2020) dentro del periodo 2003-2020 (figura 5).

Figura 5.

Tendencia de la temperaturas máximas y mínimas anuales del periodo 2003-2020.

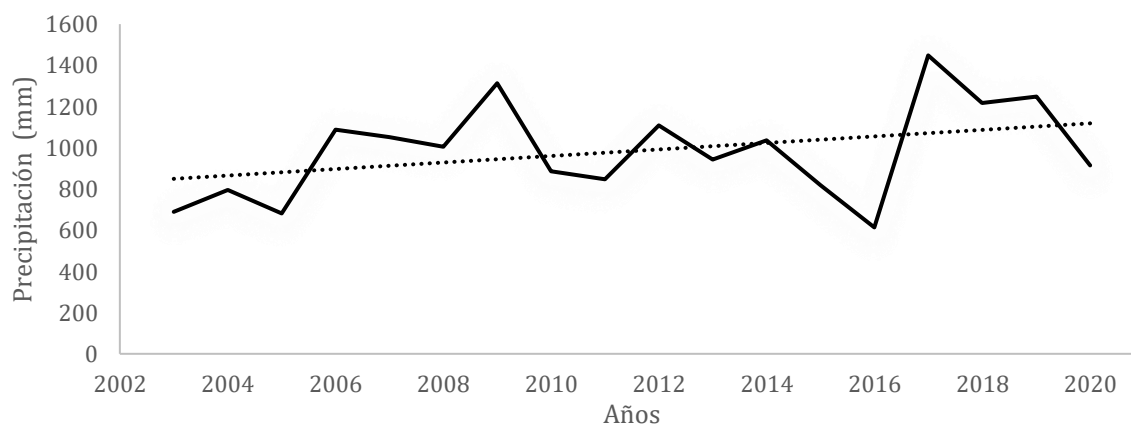




En la figura 6, se observa las precipitaciones del periodo 2003-2002 mantuvieron una línea de ascenso, pero en el año 2016 sufrió un descenso de las precipitaciones drásticamente a 613.5 mm y en el año 2019 se obtuvo la máxima precipitación de 1448.2mm.

Figura 6.

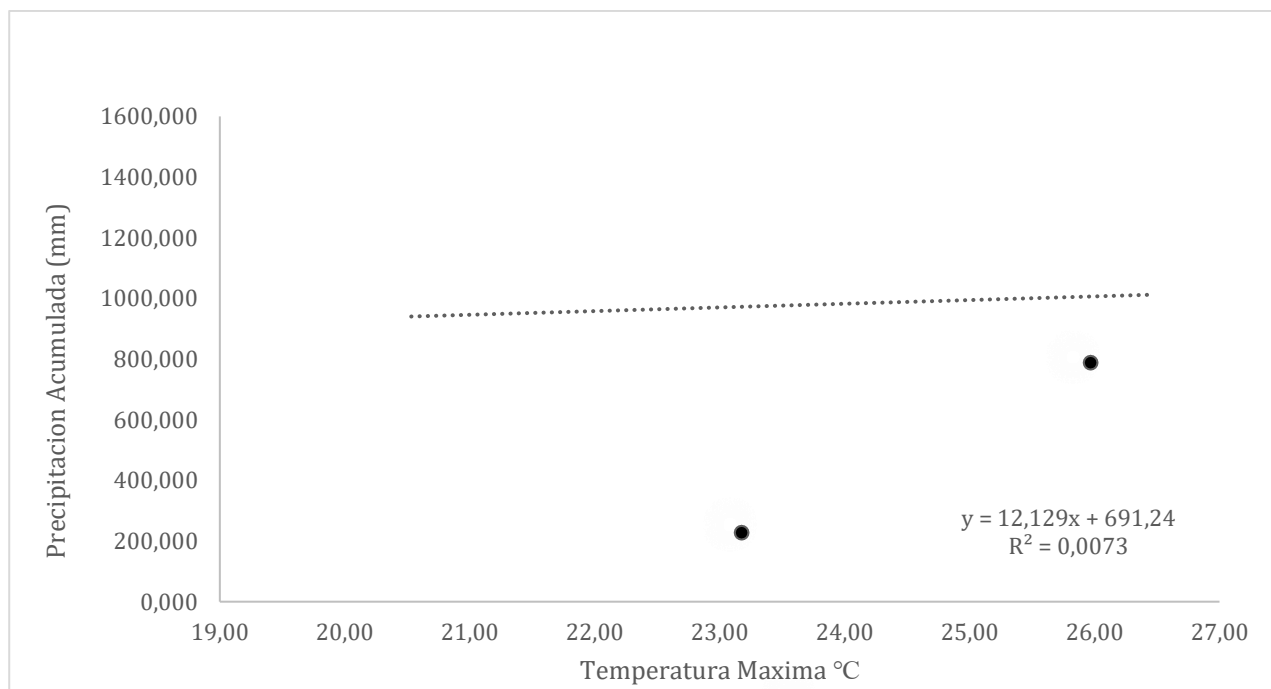
Grafica de las precipitaciones anuales, periodo 2003-2020



La figura 7; muestra una relación directa entre las variables (temperatura máxima y precipitación) debido a que la covarianza resulto positiva, a mayor temperatura mayor precipitación, donde la relación es muy baja a causa de su coeficiente de correlación de 0,08 y la dependencia de las precipitaciones es de un 1% a las temperaturas máximas.

Figura 7.

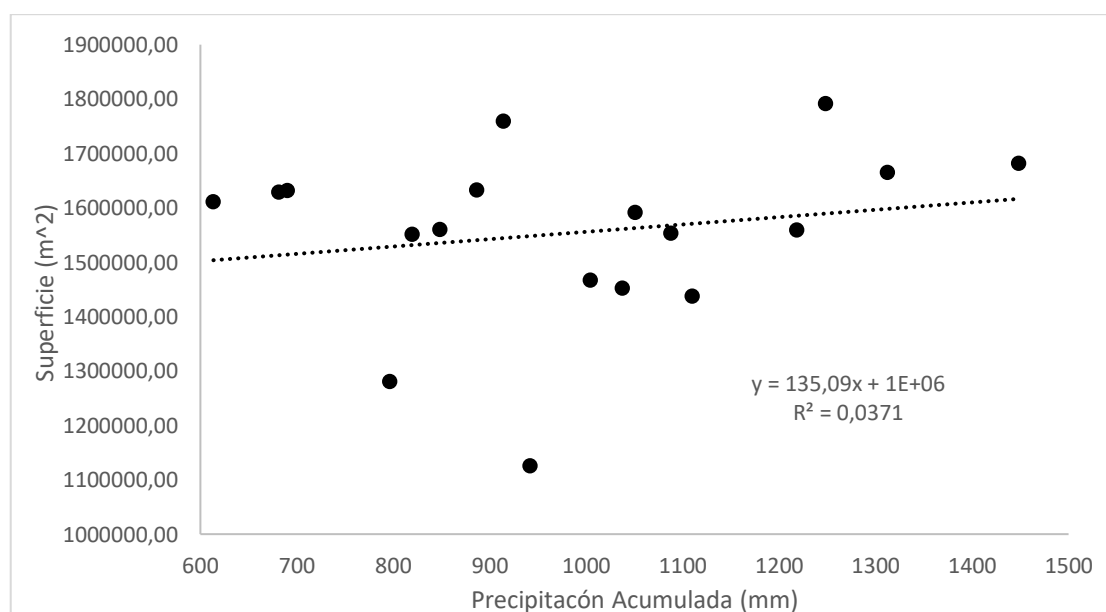
Diagrama de dispersión en el que se muestra la temperatura máxima y la precipitación acumulada.



La Figura 8, muestra la relación directa entre las variables (precipitación acumulada y superficie de la laguna de parón) debido a que la covarianza resulto positiva, donde la relación es baja a causa de su coeficiente de correlación de 0,192 y la dependencia de las superficies es de un 4% a las precipitaciones.

Figura 8.

Diagrama de dispersión en el que se muestra la precipitación acumulada y la superficie de la laguna Parón.



4. **Discusión**

En la cuantificación de las temperaturas, obtenidas de la base de datos del SENAMHI; se muestran las caídas de temperatura las cuales fueron ocasionadas por los fenómenos del niño y de la niña ocurridos en 2006-2007 y 2007-2008 respectivamente corroborados por Medina y Mejía (2014).

Como indica la figura 5 en nuestra investigación da como resultado que en el periodo 2017 hubo un aumento de precipitaciones. Acorde a nuestro estudio, Concha Niño de Guzman et al.,(2017) su análisis mostro intensas precipitaciones pluviales localizadas en la laguna Parón, además menciona que desencadenó numerosos fenómenos como huaycos, caídas de roca e inundaciones, Estas anomalías ocurrieron debido al evento climático denominado ‘Fenómeno del Niño Costero’.

En los resultados del trabajo se apreció en la figura 6, que la temperatura y la precipitación entre el año 2003 al año 2020 mostraron una relación directa, indicando que a mayor temperatura mayor precipitación. Según Cuadros Díaz (2018), el aumento de la temperatura afectaría la precipitación ya que caería esta en forma de lluvia en vez que sólida, mostrando que disminuiría la acumulación y favorecería la ablación en el glaciar. Los cambios de temperatura y precipitación son importantes porque ayudan en futuras medidas correctivas para el manejo del agua en la cuenca, agregando que los glaciares son una parte integral del sistema climático y almacenan aproximadamente el 75% del agua dulce sólida del mundo (Calizaya Llatasi,2018).

El resultado obtenido en la figura 7, nos permite afirmar que la relación entre la precipitación y la superficie es directa. Esto coincide con algunas investigaciones como la de Garcia y Otto (2015), donde se obtuvo un resultado similar, mediante el cual determino que en el periodo 2000- 2009 las precipitaciones han prevalecido durante las temporadas húmedas por más tiempo de lo normal.

Por otra parte, Adam Emmer et al. (2016) dedujeron mediante imágenes multitemporales del periodo 1948-2013 que los lagos glaciares en las cuencas afectadas ya por la desglaciación, llegan a perdurar por periodos más amplios sin sufrir ningún cambio en su superficie. Sin embargo, en el presente estudio se demuestra que hay una tendencia ascendente en la data obtenida en la superficie de la laguna Parón en las última dos décadas.

Estas dos variables son muy importantes en el ciclo de vida de las lagunas, glaciares y en el clima en general, ya que según Rojas Martínez (2018), la temperatura y la precipitación son elementos esenciales para poder clasificar los climas, consecuentemente los climas son un factor importante para la desglaciación en los glaciares.

5. Conclusión

A continuación, se detallará las conclusiones obtenidas en los resultados de las gráficas y tablas del análisis de la dinámica climatológica sobre la laguna y cordillera Parón.

En el año 2008 las temperaturas máximas y mínimas a causa del fenómeno de la niña moderada sufren una anomalía de descenso crítico, en cuanto a las precipitaciones se comprobó que fueron ascendentes en estas dos últimas décadas. Estas 3 variables climatológicas analizadas concuerdan con el aporte científico el cual indica un aumento progresivo del cambio climático en los últimos años.

La superficie de la Laguna parón tuvo una tendencia ascendente durante el periodo 2003 al 2020 demostrando un aumento de 8% en su estructura superficial en la temporada seca, entre los meses mayo y junio.

Se demostró que entre las variables de temperatura máxima y precipitación poseen una relación directa con una dependencia muy baja del 1% en el área cercana a la laguna Parón.

Finalmente, se demostró que entre las variables de precipitación y superficie poseen una relación directa con una dependencia baja del 4% en el área próxima a la laguna Parón.

6. Referencias

- ANA. (2014). Inventario de glaciares del Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12543/3646>
- ANA. (2014). Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12543/199>
- Anderson, D., Dennis, S., & Thomas, W. (2008). *ESTADÍSTICA para administracion y economia* (10a ed.). Santa fe, Mexico: Cengage Learning Editores, S.A. Obtenido de <http://fad.unsa.edu.pe/bancayseguros/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/LIBRO-13-Estadistica-para-administracion-y-economia.pdf>
- Calizaya Llatasi, e. (2018). “modelamiento de la desglaciación de los nevados de la cuenca del rio santa y su impacto en los recursos hídricos”. *tesis para obter el grado de doctoris philosophiae en recursos hídricos*. Obtenido de [/calizaya-llatasi-elmer-elio.pdf](#)
- Concha Niño de Guzman , R., Valdivia Vera, W., & Benites Cañote, A. (2017). *Evaluación Geologica de las zonas afectadas por el fenomeno del niño costero 2017 en la reguion Ancash*. INGEMMET, Ancash. Obtenido de https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/814/1/A6763-Evaluacion_geologica_Ni%C3%B1o_Costero_2017_region_Ancash.pdf
- Cuadros Díaz, S. F. (2018). “Estimación de la pérdida del área glaciar en la cuenca de la laguna. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/199654757.pdf>
- Emmer, A., Kllimes, J., Mergili, M., Vilimek, V., & Cochachin, A. (2016). 882 lakes of the Cordillera Blanca: An inventory, classification, evolution and assessment of susceptibility to outburst floods. *ScienceDirect*, 147. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816216302910>
- Garcia, E., & Otto, M. (2015). Caracterización ecohidrológica de humedales alto andinos usando imágenes de satélite multitemporales en la cabecera de cuenca del río santa, ancash, Perú. (U. N.–P. Departamento Académico de Biología, Ed.) *Scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v14n2/a04v14n2.pdf>
- JanNull, C. (2021). Años e intensidades. Obtenido de <https://ggweather.com/enso/oni.htm>
- Medina, G., & Mejía, A. (Enero de 2014). Análisis multitemporal y multifractal de la deglaciación de la Cordillera Parón en los Andes de Perú. Obtenido de

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162014000100004

- Patricia, M., & Iparraguirre, G. (2017). “*CUANTIFICACIÓN E IMPACTO DEL MICRO CUENCA ANCACH*”. Lima - Perú: P40-G35-T.
- Rojas Martinez, J. (2018). “Alteración del clima en la provincia de Huaraz como consecuencia del cambio. *Gestión de riesgo y Adaptación al Cambio Climático*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/30025/Martinez_RJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Talavera, I. V. (2011). BALANCE HÍDRICO DE LA LAGUNA PARÓN. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11117/UNTIV_EROS_LAZARO_MONICA_GESTION_RECURSOS_HIDRICOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Valderrama, P. (2013). *Laguna de Parón y su influencia en la ciudad de Huaraz Cordillera Blanca*. Región Ancach: Sector energía y minas INGEMMET.