

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Efectos del cambio climático sobre los servicios ecosistémicos  
altoandino en el área de influencia del nevado Allincajac – Perú**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Delia Margot Mendoza Luque

Pedro Victor Quispe Apaza

**Asesor:**

MSc. Renny Daniel Diaz Aguilar

**Juliaca, diciembre de 2023**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Renny Daniel Diaz Aguilar, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

### DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ALTOANDINO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL NEVADO ALLINCAPAC – PERÚ”** de los autores **Delia Margot Mendoza Luque** y **Pedro Victor Quispe Apaza** tiene un índice de similitud de 9% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 21 días del mes de diciembre del año 2023.



---

MSc. Renny Daniel Diaz Aguilar

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquani, a 21 día(s) del mes de diciembre del año 2023, siendo las 8:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Enrique Mamani Guala, el (la) secretario(a): Msc. Loyda Abigail Gonderi Euzao, y los demás miembros: Mtro. Juan Eduardo Vigo

Rivera - Ing. Karenita Kaydeli Rari Mamani y el (la) asesor(a) Msc. Anny Daniel Diaz Aguilan

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Efectos del cambio climático sobre los servicios ecosistémicos altoandinos en el área de influencia del mundo Allincañac - Perú

del(los) bachiller(es): a) Delia Margot Mendoza Lague

b) Pedro Victor Quijse Apaza

c) .....

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Ambiental

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Delia Margot Mendoza Lague

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

Bachiller (b): Pedro Victor Quijse Apaza

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

Bachiller (c): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior  
Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

  
President(a)  
  
Asesor(a)  
  
Bachiller (a)

  
Miembro  
  
Bachiller (b)

  
Secretaria  
  
Miembro  
  
Bachiller (c)

# **Efectos del cambio climático sobre los servicios ecosistémicos altoandino en el área de influencia del nevado Allincajac – Perú**

## **RESUMEN**

Los servicios ecosistémicos tienen una relación directa con los ecosistemas los cuales son vulnerables al cambio climático. El estudio tiene como objetivo realizar el análisis de los efectos del cambio climático sobre los servicios ecosistémicos altoandino en el área de influencia del nevado Allincajac, siguiendo la metodología de evaluación a través del Conjunto de Herramienta de la Valoración Integrada de Servicios Ecosistémicos y Compensaciones (InVEST), y escenarios climáticos basado en periodos temporales y rutas de concentraciones de emisiones (SSP), considerando variables como. temperatura y precipitación (modelo climático HadGEM3-GC31-LL), uso de tierra y demás factores, que son usados para la modelación con InVEST, donde se utilizó tres modelos como; rendimiento de agua, proporción de entrega de sedimentos y proporción de nutrientes. Los resultados muestran que los servicios ecosistémicos; como rendimiento de agua, disminuyó de 113.19 mm (escenario 1) a 61.23 mm (escenario 3) espacialmente. Así mismo, la retención de suelo basado en transporte de sedimentos, muestra una diferencia de 7.24 tn/pixel (escenario 1) a 0.82 tn/pixel (escenario 3), además la proporción de nutrientes presentó mínimos patrones de cambio en la exportación de nitrógeno que varía entre 0.675 kg/pixel (escenario 1) a 0.624 kg/pixel (escenario 3) y la exportación de fósforo redujeron de un 0.564 kg/pixel (escenario 1) a 0.520 kg/pixel (escenario 3) respectivamente. En conclusión, el modelo muestra el comportamiento de los servicios ecosistémicos frente a los efectos del cambio climático expresado en el aumento y reducción de valores espaciales. De acuerdo al resultado se ha evidenciado que el cambio climático tiene mayor efecto en el modelo de rendimiento de agua, por la alta reducción de sus valores espaciales, siendo significativo ya que cada factor fue influenciado por sus efectos, mostrando resultados que aportaran a la toma de decisiones en el manejo y gestión de servicios ecosistémicos.

**Palabras clave:** cambio climático, escenarios climáticos, InVEST, modelos climáticos, servicios ecosistémicos

## **Effects of climate change on high Andean ecosystem services in the area of influence of the Allinca pac mountain range – Perú**

### **ABSTRACT**

Ecosystem services have a direct relationship with ecosystems which are vulnerable to climate change. The study aims to carry out the analysis of the effects of climate change on the high Andean ecosystem services in the area of influence of the Allinca pac snow-capped mountain, following the evaluation methodology through the Integrated Valuation of Ecosystem Services and Compensations Tool Set (InVEST), and climate scenarios based on time periods and emission concentration routes (SSP), considering variables such as temperature and precipitation (HadGEM3-GC31-LL climate model), land use and other factors, which are used for modeling with InVEST, where three models were used such as; water yield, sediment delivery ratio and nutrient ratio. The results show that ecosystem services; as water yield, it decreased from 113.19 mm (scenario 1) to 61.23 mm (scenario 3) spatially. Likewise, soil retention based on sediment transport shows a difference from 7.24 tn/pixel (scenario 1) to 0.82 tn/pixel (scenario 3), in addition the proportion of nutrients presented minimal patterns of change in nitrogen export varying between 0.675 kg/pixel (scenario 1) to 0.624 kg/pixel (scenario 3) and phosphorus export reduced from 0.564 kg/pixel (scenario 1) to 0.520 kg/pixel (scenario 3) respectively. In conclusion, the model shows the behavior of ecosystem services in the face of the effects of climate change expressed in the increase and reduction of spatial values. According to the result, it has been shown that climate change has a greater effect on the water yield model, due to the high reduction in its spatial values, being significant since each factor was influenced by its.

**Keywords:** climate change, climate scenarios, InVEST, climate models, ecosystem services