

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Zonificación de peligro por temperaturas mínimas extremas
mediante geoprocesamiento en la Cuenca Illpa en la región
Puno – 2020**

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Por:

Andy Oscar Sullca Flores

Asesor:

MSc. Bernardino Tapia Aguilar

Juliaca, diciembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Bernardino Tapia Aguilar, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: **ZONIFICACIÓN DE PELIGRO POR TEMPERATURAS MÍNIMAS EXTREMAS MEDIANTE GEOPROCESAMIENTO EN LA CUENCA ILLPA EN LA REGIÓN PUNO – 2020** constituye la memoria que presenta el estudiante Andy Oscar Sullca Flores para obtener el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 23 días del mes de diciembre del año 2020



MSc. Bernardino Tapia Aguilar
ASESOR

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 22 día(s) del mes de diciembre del año 2020, siendo las 10:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Msc. Rose Adeline Gallata Churo, el (la) secretario(a): Ing. Verónica Haydee Rari Mamani y los demás miembros: Dr. Efraim Lujano Laura y el (la) asesor(a) Msc. Bernardino Espia Aguilar con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: Zonificación de peligro por temperaturas mínimas extremas mediante geoprocesamiento en la Queenca Ilpca en la región Puno - 2020 de los (las) candidato (as):
 a) Andy Oscar Sullca Flores b) _____
 c) _____

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en:

Ingeniería Ambiental
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

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:

Candidato/a (a): Andy Oscar Sullca Flores

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Candidato/a (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Candidato/a (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.

 Presidente/a


 Secretario/a

 Asesor/a

 Miembro

 Miembro

 Candidato/a (a)

 Candidato/a (b)

 Candidato/a (c)

Zonificación de peligro por temperaturas mínimas extremas mediante geoprocésamiento en la Cuenca Illpa en la región Puno – 2020

Sullca Flores, Andy Oscar^a, Tapia Aguilar, Bernardino^b,

^aEP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

Resumen

El descenso de temperatura es un fenómeno meteorológico que afectan a la agricultura y se da en épocas de heladas otoñales, primaverales e invernales. El objetivo de la investigación es identificar las zonas de peligro por temperaturas mínimas extremas mediante geoprocésamiento en la Cuenca Illpa en la región Puno. Se utilizó la metodología del MINAN “guía técnica de modelamiento SIG para la zonificación ecológica económica” y Calderon considera las variables de 1) temperatura mínima, 2) zona de vida, 3) pendiente, 4) humedad relativa. Se aplicó el software de ArcGis (10.5) para unir las variables y obtener el mapa de peligro, así mismo de la herramienta ModelBuilder/ArcGis se determinaron 4 niveles de jerarquía de peligros: muy alto, alto, medio y bajo, 10,8,4 y 0, respectivamente. Resultados: se obtuvo porcentaje territorial de 0.4, 0.92, 52.26 y 46.39 en el análisis jerárquico de heladas, donde se muestra que la afectación no es alta. Se identificó las zonas de peligro de la cuenca Illpa con una jerarquía de nivel 4 con 52.26% del territorio del área del estudio contando con la presencia del lago Umayo que asume como un termorregulador de temperatura en la cuenca Illpa.

Palabras clave: Circunlacustre, geoprocésamiento, heladas, sistema de información geográfica.

Abstract

The drop in temperature is a meteorological phenomenon that affects agriculture and occurs in times of autumn, spring and winter frosts. The objective of the research is to identify the danger zones due to extreme minimum temperatures through geoprocessing in the Illpa Basin in the Puno region. The MINAN methodology was used “GIS modeling technical guide for economic ecological zoning” and Calderon considers the variables of 1) minimum temperature, 2) life zone, 3) slope, 4) relative humidity. The ArcGis software (10.5) was applied to join the variables and obtain the hazard map, as well as the ModelBuilder / ArcGis tool, 4 levels of hazard hierarchy were determined: very high, high, medium and low, 10.8, 4 and 0, respectively. Results: a territorial percentage of 0.4, 0.92, 52.26 and 46.39 was obtained in the hierarchical analysis of frosts, where it is shown that the affectation is not high. The danger zones of the Illpa basin were identified with a hierarchy of level 4 with 52.26% of the territory of the study area, counting on the presence of Lake Umayo, which assumes as a temperature thermoregulator in the Illpa basin.

Keywords: Circunlacustrine, geoprocessing, frost, geographic information system.

Introducción

El territorio peruano debido a su ubicación geográfica es una de las zonas con mayor incidencia de los fenómenos meteorológicos de heladas sus características geológicas, geomorfológicas, climatológicas y sísmicas facilitan la presencia de este fenómeno (Obregón & Lara, 2013), así mismo, las temperaturas bajas (heladas) se dan en el sur del Perú con mayor incidencia (Fairlie & Ortega, 1996).

Las heladas son fenómenos atmosféricos que ocurren por la disminución de la nubosidad en los Andes y se produce cuando la temperatura ambiental disminuye más allá de los cero grados centígrados (Rosales & Caminada, 2015), así mismo la mayor ocurrencia de helada meteorológica se presenta en las zonas más alejadas a un lago y más elevadas de la región (Carbonel, 2018), así mismo las temperaturas bajas son relacionadas con la altura y el distanciamiento de un cuerpo de agua (Lasso, 1987).

Las heladas se clasifican en: primaverales, otoñales e invernales, según su ocurrencia (Gonzales & Torres, 2012). Las heladas primaverales son denominadas como heladas tardías, su afectación es más dañina (Straschnoy, Di Bella, Jaimes, Oricchio & Rebella, 2006). Las heladas otoñales son llamadas heladas

tempranas, su formación se da por las masas de aire frío. Las heladas invernales se forman con el descenso de la temperatura ambiente (Martínez, Mondino & Gallo, 2005; Quintana, 2018).

La utilización del método análisis multicriterio para la evaluación de alternativas de selección óptima por medio de modelos de preferencia (Mayor, Botero & González, 2016; Turskis, 2008), las alternativas requieren ser evaluadas o clasificadas, según diferentes criterios que puedan ser utilidad (Galarza, Torres, Méndez & Pérez, 2011), el método se realizó según la Guía Técnica de Modelamiento SIG para la Zonificación Ecológica Económica (MINAM, 2010), las variables para la generación se necesitará: temperatura mínima (Tmin), zonas de vida (ZV), pendiente (Pend), humedad relativa (HR) (Calderon, 2017), así mismo el geoprocésamiento se las variables se dará con el programa (Gomez, Carlos, Cabrera & Pablo, 2008)

El presente artículo tiene como objetivo Identificar las zonas de amenaza ante temperaturas mínimas extremas en la Cuenca Illpa mediante geo-procesamiento, la ocurrencia de heladas se da por los por el cambio aire frío.

Materiales y Métodos

Ubicación de estudio

El presente estudio de la cuenca Illpa se ubica en el departamento Puno, en los distritos: Mañazo, Vilque, Tiquillaca, Cabana, Atuncolla y Paucarcolla.

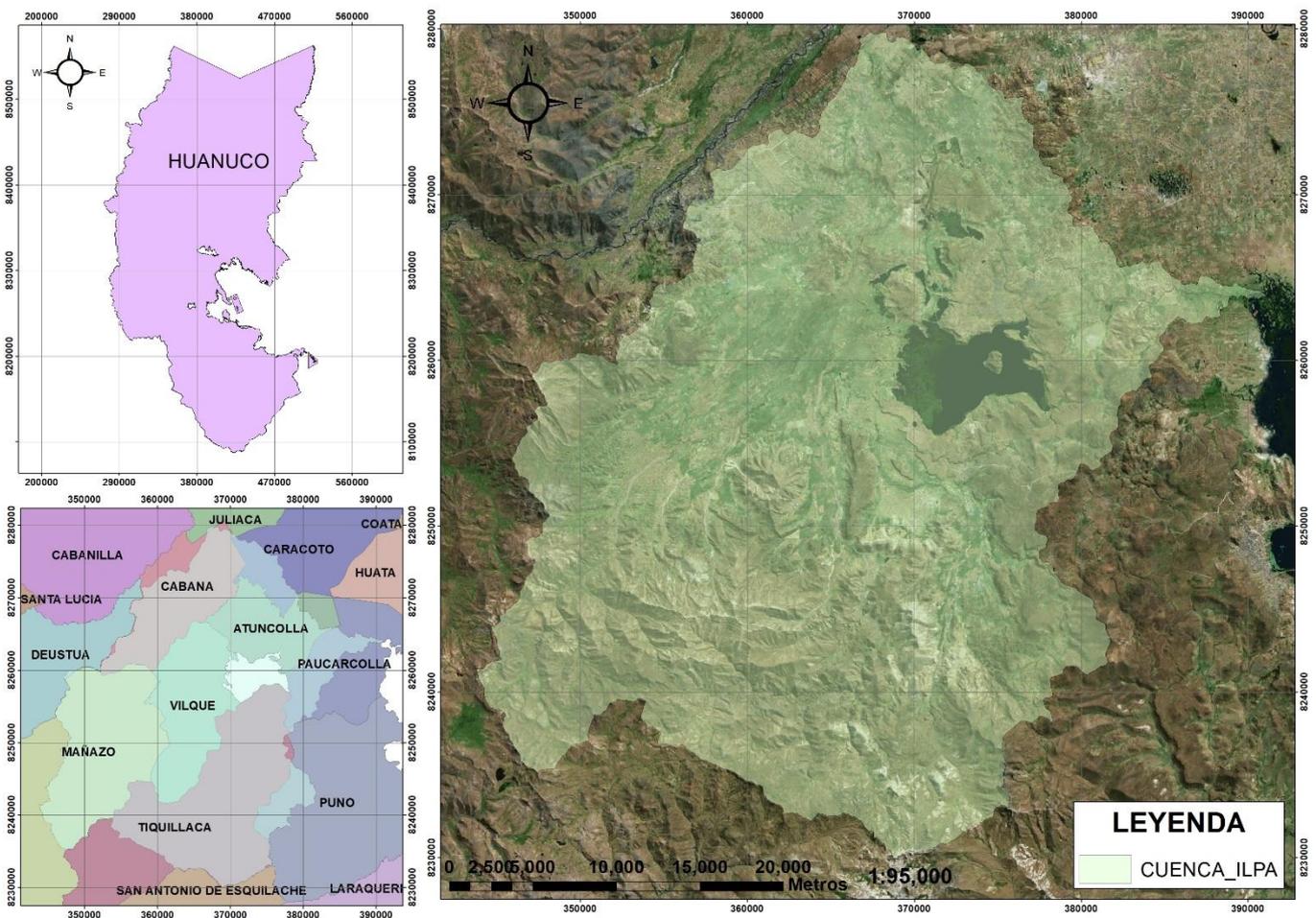


Figura 1: Ubicación de Cuenca Illpa

Recopilación de Variables e información

Para la realización de los mapas de geo-procesamiento, se prosiguió a la recopilación de información bibliográfica y data de sitios web como se muestra en la tabla 1, esto con el fin de realizar la zonificación de peligros para la cuenca Illpa – Puno.

Calderon (2017), identifica las variables para los modelos de simulacion para los fenómenos de naturales de las heladas, son:

- a) La pendiente: es un factor importante puesto que el peligro se daría en terrenos de menor inclinación, en torno a la inclinación de mayor se dará un menor afectación de heladas (Carlos, 2010; García F., Delfín S. & Azero A., 2017).
- b) La Humedad relativa: es relacionada con el porcentaje de humedad en el ambiente, en cuanto la humedad del aire es menor se dará el enfriamiento por irradiación, la atmósfera tendrá poca absorción calorífica (Gala, 1993), la existencia de aire aumenta la probabilidad de evaporación y aumentando el peligro de heladas (Huamán & Veneros, 2018).
- c) La zona de vida: indica las variaciones de temperatura y condiciones climáticas teniendo una relación con los peligros de helada, en cuanto sea menor la altitud se dará las ocurrencias de heladas (Calderon, 2017).
- d) La Temperatura Mínima: tiende a variar las temperaturas, desensos bruscos, generando la ocurrencia de heladas a los 0° o menores de los $<0^{\circ}$ (Marmolejo & Ruiz, 2018)

Tabla 1

Variables requeridas para el modelamiento.

Datos requeridos para modelamiento	Formato	Fuente de sitios web
Temperatura Mínima	DEM	Worldclim
Zona de Vida	SHP	Zonificación Ecológica y Económica – PUNO
Pendiente	DEM	Alos Palsar
Humedad Relativa	CSV	SWAT

Validación de datos de Worldclim Vs datos Senamhi

Se consideró los datos climáticos de la versión 2.1 de WorldClim para el periodo de 1970-2000 y las estaciones meteorológicas (Lampa, Puno y Capachica) donde cuentan con datos para el periodo en mención.

Para realizar validación de datos es necesario determinar R^2 , para ello se usa el programa de Excel 2016, los datos a procesar son:

Tabla 2

Datos de validación de Worldclim vs Senamhi

Estación	Senamhi	WorldClim
Puno	0.62	-0.35
	-1.42	-1.48
	-1.47	-1.29
	-0.01	-0.93
Lampa	-3.00	-0.35
	-6.03	-1.48
	-5.81	-1.29
	-3.95	-0.93
Capachica	-0.86	-0.35
	-3.08	-1.48
	-3.36	-1.29
	-1.48	-0.93

Los criterios para la evaluación de R^2 son:

Tabla 3

Criterios para R^2

Coficiente	Valor de R^2
Muy bueno	$>0.95 = 1$
Bueno	$0.85 - 0.95$
Satisfactorio	$0.65 - 0.85$
Insatisfactorio	< 0.65

Fuente: Andersen , Refsgaard, & Jensen (2001)

Elaboración de mapas

Se utilizó el software ArcGIS 10.5 para la ubicación de la cuenca Illpa, es una herramienta de uso bastante complejo, permite modelar y analizar información geográfica (Xu & Becker, 2012). El manejo es en función de interoperabilidad y las numerosas integraciones de datos desde diversos tipos de fuentes y complementos. (Zapata, Toro & Marin, 2012)

Para la elaboración de los mapas se consideraron las frecuencia de heladas meteorológicas, tomándose como variables fundamentales son: Mayo, Junio, Julio y Agosto (Nuñez, 2019). Dándose en los meses de Junio y julio su mayor frecuencia y periodo (Apaza, Alanoca, Ticona, Calderon & Maquera, 2019).

Procesamiento de variables

Para la aplicación de las variables, se usó la herramienta SIG (ArcGis 10.5) lo cual esta se rige bajo la compañía ESRI. La generación del mapa de peligros comprende dos fases los cuales se describen a continuación con sus respectivos pasos a seguir:

Delimitación del área de estudio y variables.

La delimitación de la cuenca Illpa, se generará un Shapefile tipo polígono y así empezamos a delimitar toda el área que comprende (SERNANP, 2020). Las variables serán recortadas de acuerdo con los límites del shapefile de la cuenca con las herramientas (ArcGis 10.5).

Procesamiento de unión de variables.

Formula de Submodelo de Heladas.

Para la ecuación se consideró los valores de 15, 25, 20 y 30 para las variables de temperatura mínima, pendiente, zona de vida y humedad relativa respectivamente. La ecuación general se expresa de la siguiente manera:

$$SMH = f(Tmin, ZV, Pend, HR) \quad (\text{Ec. 1})$$

$$SMH = K * Tmin + l * ZV + m * Pend + n * HR)$$

Donde:

SMH: Submodelo dependiente de Heladas

Tmin: Temperatura Mínima

ZV: Zonas de Vida

Pend: Pendiente

HR: Humedad Relativa

k, l, m, n: Grados de participación de cada variable

Desarrollo en herramienta ModelBuilder

ArcToolbox creo la Herramienta ModelBuilder facilitando la unión, la adaptabilidad y el fácil desarrollo para tareas de geoprocetamiento, se adecua a diferentes situaciones y genera una salida designada (Shalaby, Koch & Ghadiry, 2012; Shulgan, Yanchuk & Kibukevich, 2020). Así mismo Paz, Hoogenboom & Sekhar Panda (2010), menciona que las aplicaciones de SIG ayuda a realizar analisis de modelos geoespaciales idoneos.

Se utilizó la herramienta ModelBuilder para crear el mapa de peligro de heladas utilizando las herramientas existentes en ArcToolbox. La herramienta ModelBuilder utiliza las variables que están en shapefile, uniendo las variables y finalmente calculado con la ecuación 1. Donde se muestra (Figura 2)

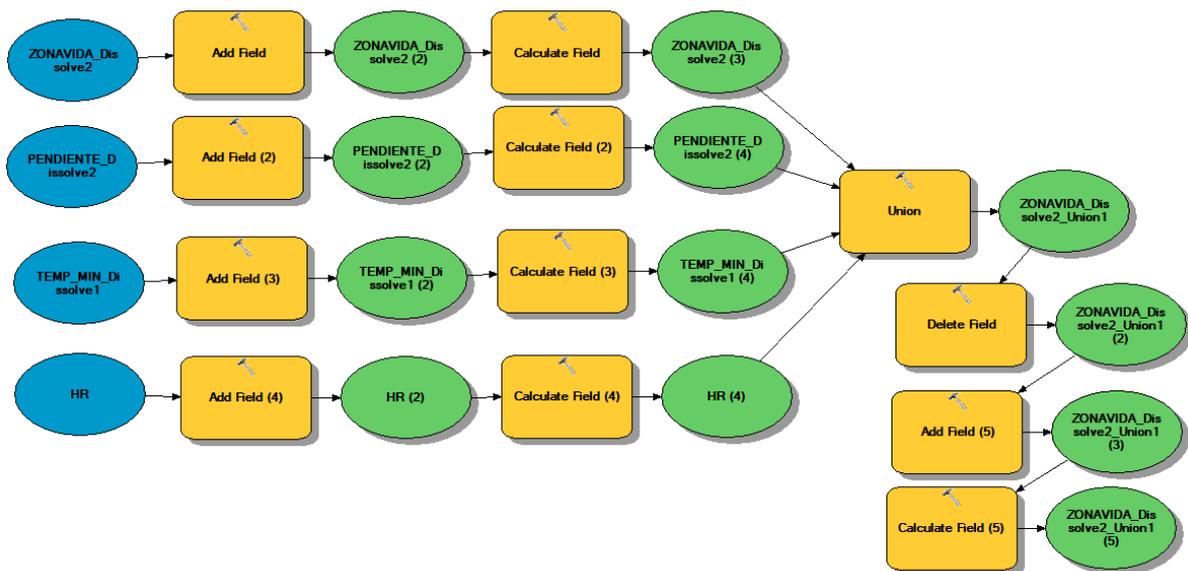


Figura 2: Modelo de Heladas en ModelBuilder

Escala de Valoración

La escala de valoración se consideraron cinco niveles de peligros naturales (Muy Alto, Alto, Moderado, Bajo y Muy Bajo). Se vio por los peligros Identificados en base a la recurrencia de los efectos climatológicos (CENEPRED, 2014; Espinola, 2016).

Tabla 4

Tabla de jerarquización de peligros

Valoración	Jerarquización
10	Muy Alto
8	Alto
4	Medio
0	Bajo

Fuente: CENEPRED (2014)

Resultados y Discusión

Validación de Worldclim Vs Senamhi

Con los datos de Worldclim y Senamhi se realizó la validación de la temperatura mínima, donde se observar (Ver Figuras 3, 4 y 5)

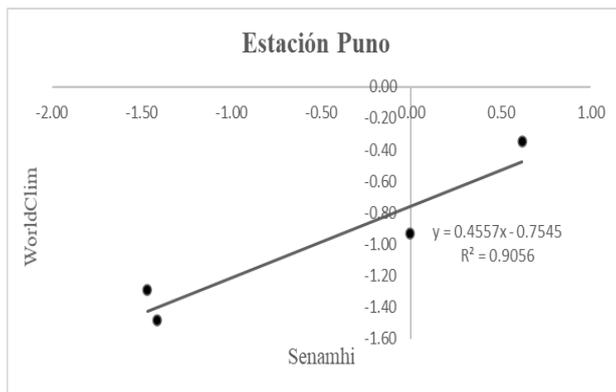


Figura 3: Validación con la estación Puno

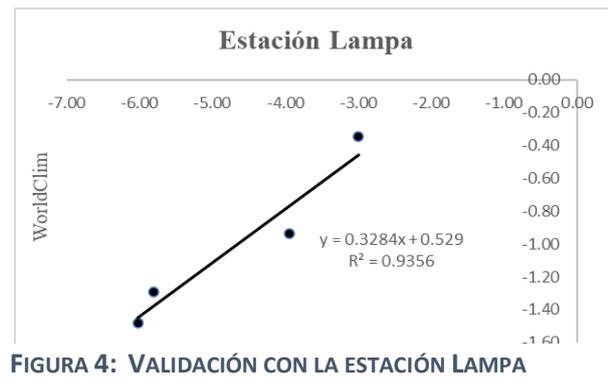


FIGURA 4: VALIDACIÓN CON LA ESTACIÓN LAMPA

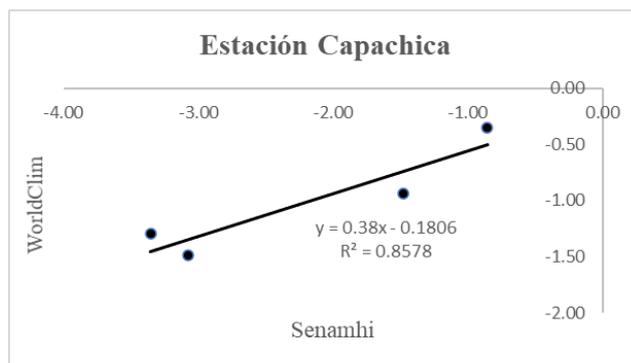


Figura 5: Validación con la estación Capachica

En las Figuras 3, 4 y 5, se muestra el coeficiente de determinación (R^2) para la temperatura mínima, se ha obtenido para la estación de Puno un coeficiente de determinación R^2 0.9056 con una ecuación lineal $y = 0.4557x - 0.7545$, para la estación Lampa un coeficiente $R^2 = 0.9356$ con la ecuación lineal de $y = 0.3284x + 0.529$ y para la estación Capachica un coeficiente de $R^2 = 0.8578$ con la ecuación lineal de $y = 0.38x - 0.1806$ esta estación esta afuera de la cuenca Illpa por ello su coeficiente es menor que las otras estaciones. Teniendo el criterio de evaluación se considera que la estación Puno y Lampa son considerados como bueno de 0.85 – 0.95. Se puede decir que nuestros datos obtenidos de la data espacial de Worldclim son aptos para poder modelar en la cuenca Illpa.

Mapa de Peligro de Heladas

Con los datos procesados se realizó el modelo con las bases de datos de las variables se obtuvo el nivel de peligro, donde se puede observar que la cuenca no tiene un gran porcentaje de peligrosidad frente a fenómenos meteorológicos de heladas (ver Figura 6)

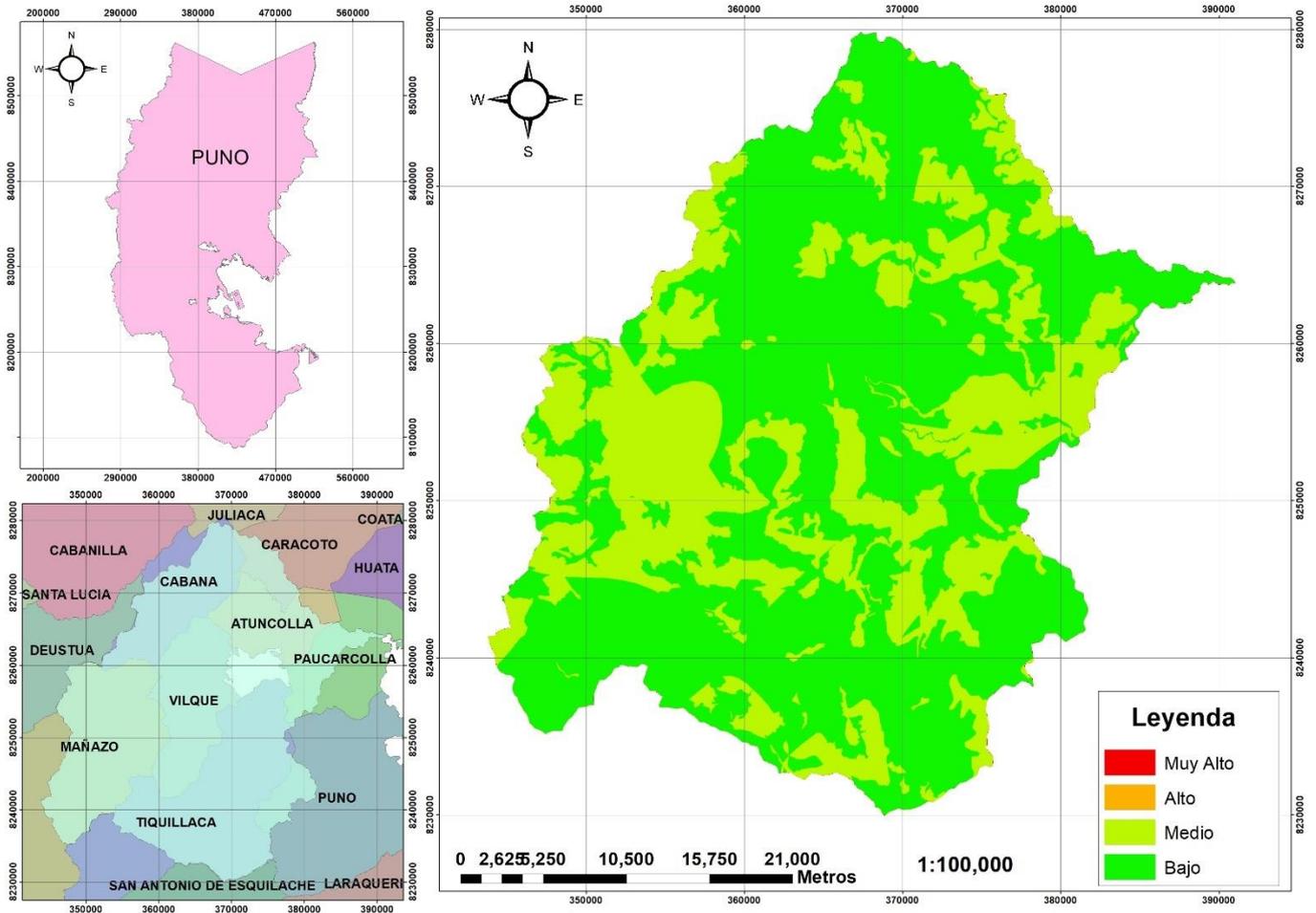


Figura 6: Mapa de peligro de Heladas Cuenca Illpa

En la Figura 6, se obtuvo un nivel de jerarquización medio de la cuenca, teniendo un porcentaje de 52.26% de peligrosidad frente heladas.

La distribución se expresó en porcentajes, donde se identificó que el 46.39% del territorio está expuesta a un nivel de peligro bajo. Se tiene un 0.42% de nivel de peligro muy alto. Dentro de la Cuenca Illpa está el Lago Umayo, los cuerpos de agua ejercen un efecto termo regulador, generando la reducción de peligro de heladas. Los porcentajes del nivel de peligrosidad ver (Tabla 05).

Tabla 5

Porcentaje de jerarquización de peligro.

Jerarquización	Valoración	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Muy Alto	10	534.87	0.42
Alto	8	1168.25	0.92
Medio	4	66054.42	52.26
Bajo	0	58637.88	46.39

La reducción de peligro de heladas se da por la capacidad calorífica de un cuerpo de agua, evitando que las capas de aire se enfríen (Gala, 1993). Así mismo Ramírez (2018) y Paul & Joinville (2003), menciona que la evaporación de agua genera cierta tropicalización, liberando su calor latente y dándose su pérdida lenta en la noche.

La zona circunlacustre se encuentran en acción termorreguladora, en ello se encuentra el lago Titicaca, laguna Arapa y lago Umayo, su función consiste en la absorción de calor del sol, cuando este expuesta a horas sol, la temperatura promedio oscila entre los 5.5 °C y 9.5 °C (Flores & Flores, 2011).

Conclusiones

Se identificó las zonas de peligro de temperaturas mínimas extremas, en el territorio de la cuenca Illpa presento los porcentajes 0.42, 0.92, 52.26 y 46.39, de muy alto, alto, medio y bajo, respectivamente. La cuenca Illpa tiene una jerarquía de nivel 4 con un porcentaje de 52.26% en todo su territorio de la cuenca donde se tiene la presencia del lago Umayo esto forma una zona termorreguladora.

Referencias

- Andersen, J., Refsgaard, J., & Jensen, K. (2001). Modelización hidrológica distribuida de la cuenca del río Senegal: construcción y validación de modelos. *ScienceDirect*.
- Apaza Ticona, J., Alanoca Arocutipa, V., Ticona Alacona, C., Calderon Torres, A., & Maquera Maquera, Y. (20 de Febrero de 2019). Educación y alimentación en las comunidades aymaras de Puno. *Scielo*.
- Calderon Mendoza, J. (2017). *Modelamiento Geoespacial para la Identificación de Zonas Críticas Vulnerables Peligros Múltiples, Cuenca Hidrográfica Camana-Majes-Colca, Arequipa*. Lima.
- Carbonel, R., Arias Carbajal, J., Zorogastua, P., Passoni, F., Vilcara, E., & Valencia, M. (2018). Impacto de heladas meteorológicas y agronómicas en alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la región Puno. *La Molina*.
- Carlos Gomez, G. M. (2010). Las Heladas en el Perú y el Mundo. *Universidad Continental de Ciencias e Ingeniería*.
- CENEPRED. (2014). Plan nacional de gestión del riesgo de desastres - PLANAGERD 2014-2021. Fuente: http://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/PLANAGERD%202014-2021.pdf
- Espinola Vidal, J. (2016). Estudio para la Identificación de Condiciones de Riesgo de Desastres y Vulnerabilidad al Cambio Climático en la Región Puno.
- Fairlie, T. E., & Ortega, A. (1996). Efecto de la presencia de heladas simuladas en diferentes estados fenológicos y su impacto en el rendimiento de la papa cv Ccompis: estudio preliminar. *Dialnet*.
- Flores Quispe, E. L., & Flores Condori, E. (2011). Caracterización agroclimática en función de los elementos. *Universidad Nacional del Altiplano de oficina Universitaria de Investigación*.
- Gala, F. B. (1993). Las heladas y su incidencia económica en la agricultura de Murcia. *Papeles de Geografía*, 19.
- Galarza Molina, S., Torres, A., Méndez Fajardo, S., & Pérez Muzuzu, B. (2011). Herramienta de análisis multi-criterio como soporte para el diseño del programa social de la Facultad de Ingeniería. *Scielo*.
- García F., W., Delfín S., M., & Azero A., M. (15 de Septiembre de 2017). Escenarios de cambio climático y sistematización de tecnologías campesinas e innovaciones tecnológicas contra las heladas. *Scielo*.
- Gomez, O., Carlos, J., Cabrera, O., & Pablo, J. (2008). El proceso de análisis jerárquico y la toma de decisiones multicriterio, ejemplo de aplicación. *Scientia Et Technica*.
- Gonzales, O. C., & Torres, C. F. (2012). Actualización Nota Técnica Heladas 2012. *Instituto de Hidrología Meteorología y estudios Ambientales*.
- Huamán Solís, F., & Veneros Terán, W. I. (Diciembre de 2018). Efectos de las Heladas en la Región de Cajamarca.
- Lasso Espinosa, L. D. (1987). *Anotaciones sobre el fenómeno de las heladas* (Vol. Segunda Edición). Bogotá.
- Marmolejo Gutarra, D., & Ruiz Velásquez, J. E. (2018). Tolerancia de papas nativas (*Solanum* spp.) A heladas en el contexto de cambio climático. (U. N. Trujillo, Ed.) *Scientia Agropecuaria*.

- Mayor, J., Botero, S., & González Ruiz, J. D. (2016). Modelo de decisión multicriterio difuso para la selección de contratistas en proyectos de infraestructura: caso Colombia. *Scielo*.
- MINAM. (2010). Guía Técnica de Modelamiento SIG para la Zonificación Ecológica Económica. *Dirección General de Ordenamiento Territorial*.
- Núñez Pallara, N. (Junio de 2019). Plan de adaptación a la variabilidad climática por fenómenos hidrometeorológicos extremos mínimos en base a pronósticos termo pluviométricos y la cultura preventiva de la comunidad altoandina de santa rosa, melgar, puno.
- Obregón, C., & Lara, J. (2013). *El mapa de susceptibilidad a heladas: una herramienta para la gestión sostenible del territorio*. Lima, Perú.
- Paul Lhomme, J., & Joinville Vacher, J. (2003). La Mitigación de heladas en los camellones del altiplano andino. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*.
- Paz, J. O., Hoogenboom, G., & Sekhar Panda, S. (2010). Aplicaciones tecnológicas geoespaciales y de teledetección para el manejo de cultivos de frutas y nueces en sitios específicos: una revisión. *Teledetección*.
- Ramírez Chávez, D. R. (2018). Optimización de la técnica del riego pasivo para el control de los efectos de las heladas por modelamiento y simulación. *Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú*.
- Rosales Alvarado, S., & Caminada Vallejo, R. (2015). El eterno retorno del fenómeno de las heladas en el Perú: ¿Existen adecuadas políticas para combatir dicho fenómeno en el Perú?
- SERNANP. (25 de 10 de 2020). *GEO ANP - Visor de las Áreas Naturales Protegidas*. Fonte: <https://geo.sernanp.gob.pe/visorsernanp/#>
- Shalaby, A., Koch, B., & Ghadiry, M. (Junio de 2012). Un nuevo modelo basado en SIG para la extracción automatizada del caso de estudio de invasión de dunas de arena: Oasis de Dakhla, desierto occidental de Egipto. (Elsevier, Ed.) *Revista egipcia de teledetección y ciencias espaciales*, 53-65.
- Shulgan, R., Yanchuk, O., & Kibukevich, O. (2020). Automatización de la construcción de un cartograma de viabilidad ecológica y económica de los terrenos con la determinación agrícola. *Geodesia y cartografía*.
- Straschnoy, J., Di Bella, C., Jaimes, F., Oricchio, P., & Rebella, C. (2006). Caracterización espacial del estrés hídrico y de las heladas en la región pampeana a partir de información satelital y complementaria. *RIA: Revista Investigaciones Agropecuarias*.
- Turskis, Z. (2008). Método de clasificación de contratistas de múltiples atributos aplicando el pedido de alternativas factibles de soluciones en términos de preferibilidad técnica. *Technological and Economic Development of Economy*.
- Xu, H., & Becker, P. (25 de Agosto de 2012). ArcGis Models for Managing and Procesing Imagery. *Archivos internacionales de fotogrametría, teledetección e información espacial*.
- Zapata, C. M., Toro, F. M., & Marin, M. I. (26 de Marzo de 2012). MapWindow vs ArcGis: hacia la caracterización de la interoperabilidad entre sistemas de información geografica . *Scielo*.