

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Régimen de heladas en las estaciones  
meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay  
y Túnel Cero de la región Huancavelica**

Jhon Pether Asto Mercado

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

# RÉGIMEN DE HELADAS EN LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE ACOSTAMBO, LIRCAY Y TÚNEL CERO DE LA REGIÓN HUANCVELICA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="#">Submitted to Universidad Continental</a> Trabajo del estudiante	2%
3	<a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="https://issuu.com">issuu.com</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://sdot.pcm.gob.pe">sdot.pcm.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%

9	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="http://www.sbagro.org.br">www.sbagro.org.br</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://www.inifapcirne.gob.mx">www.inifapcirne.gob.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://cerac.unlpam.edu.ar">cerac.unlpam.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://bvpad.indeci.gob.pe">bvpad.indeci.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://www.regionhuancavelica.gob.pe">www.regionhuancavelica.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://www.usmp.edu.pe">www.usmp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://doaj.org">doaj.org</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	<1 %

21	<a href="http://www.senamhi.gob.pe">www.senamhi.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://documentop.com">documentop.com</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://repositorio.senamhi.gob.pe">repositorio.senamhi.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://cdn.www.gob.pe">cdn.www.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://revistas.lamolina.edu.pe">revistas.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://www.proteccioncivil.org">www.proteccioncivil.org</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %

33	<a href="http://atlasgeomundo.blogspot.com">atlasgeomundo.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to CONACYT Trabajo del estudiante	<1 %
35	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://www.bancomundial.org">www.bancomundial.org</a> Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
38	<a href="http://repository.usta.edu.co">repository.usta.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="http://www.anp.com.uy">www.anp.com.uy</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://geoservidorperu.minam.gob.pe">geoservidorperu.minam.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="http://ri.agro.uba.ar">ri.agro.uba.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="http://siar.regionhuancavelica.gob.pe">siar.regionhuancavelica.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="http://www.bbc.com">www.bbc.com</a>	

Fuente de Internet

<1 %

45

[www.fao.org](http://www.fao.org)

Fuente de Internet

<1 %

46

[www.indeci.gob.pe](http://www.indeci.gob.pe)

Fuente de Internet

<1 %

47

[www.infotecarios.com](http://www.infotecarios.com)

Fuente de Internet

<1 %

48

[www2.congreso.gob.pe](http://www2.congreso.gob.pe)

Fuente de Internet

<1 %

49

[leyes.congreso.gob.pe](http://leyes.congreso.gob.pe)

Fuente de Internet

<1 %

50

[prezi.com](http://prezi.com)

Fuente de Internet

<1 %

51

[ri.conicet.gov.ar](http://ri.conicet.gov.ar)

Fuente de Internet

<1 %

52

[dca.iag.usp.br](http://dca.iag.usp.br)

Fuente de Internet

<1 %

53

[repositorio.ana.gob.pe](http://repositorio.ana.gob.pe)

Fuente de Internet

<1 %

54

[repositorio.uap.edu.pe](http://repositorio.uap.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

55

[www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)

Fuente de Internet

<1 %

56	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
57	catalog.ihsn.org Fuente de Internet	<1 %
58	cyt.rec.uba.ar Fuente de Internet	<1 %
59	link.springer.com Fuente de Internet	<1 %
60	www.peru.com Fuente de Internet	<1 %
61	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
62	25horasdenoticia.com Fuente de Internet	<1 %
63	www.veracruz.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
64	fdocumentos.tips Fuente de Internet	<1 %
65	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
66	"Tendencias en la investigación universitaria. Una visión desde Latinoamérica. Volumen XII", Alianza de Investigadores Internacionales SAS, 2020 Publicación	<1 %

---

67	<a href="http://kazan.inf.fu-berlin.de">kazan.inf.fu-berlin.de</a> Fuente de Internet	<1 %
68	<a href="http://www.colibri.udelar.edu.uy">www.colibri.udelar.edu.uy</a> Fuente de Internet	<1 %
69	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
70	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
71	<a href="http://livrosdeamor.com.br">livrosdeamor.com.br</a> Fuente de Internet	<1 %
72	<a href="http://www.worldbank.org">www.worldbank.org</a> Fuente de Internet	<1 %
73	Submitted to Universidad ESAN -- Escuela de Administración de Negocios para Graduados Trabajo del estudiante	<1 %
74	Omar Reyes-García, Humberto Vaquera-Huerta, Gilberto Rendón-Sanchez, José René Valdez-Lazalde. "Estimación del riesgo de ocurrencia de heladas aplicando teoría de valores extremos", Tecnología y ciencias del agua, 2021 Publicación	<1 %
75	<a href="http://campus.belgrano.ort.edu.ar">campus.belgrano.ort.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %

---

76	<a href="http://chapingo-cori.mx">chapingo-cori.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
77	<a href="http://repositorio.utn.edu.ec">repositorio.utn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
78	Submitted to Universidad Catolica de Avila Trabajo del estudiante	<1 %
79	<a href="http://bibdigital.sid.inpe.br">bibdigital.sid.inpe.br</a> Fuente de Internet	<1 %
80	<a href="http://repo.floodalliance.net">repo.floodalliance.net</a> Fuente de Internet	<1 %
81	<a href="http://revistaeciperu.com">revistaeciperu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
82	<a href="http://www.buenastareas.com">www.buenastareas.com</a> Fuente de Internet	<1 %
83	<a href="http://www.openedition.org">www.openedition.org</a> Fuente de Internet	<1 %
84	Julio-Miranda, P.. "Impact of the eruptive activity on glacier evolution at Popocatepetl Volcano (Mexico) during 1994-2004", Journal of Volcanology and Geothermal Research, 20080220 Publicación	<1 %
85	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %

86	<a href="http://rcm.insmet.cu">rcm.insmet.cu</a> Fuente de Internet	<1 %
87	<a href="http://repositorio.uisrael.edu.ec">repositorio.uisrael.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
88	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
89	<a href="http://www.iica.int">www.iica.int</a> Fuente de Internet	<1 %
90	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
91	<a href="http://www.unife.edu.pe">www.unife.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
92	<a href="http://Repositorioacademico.Upc.Edu.Pe">Repositorioacademico.Upc.Edu.Pe</a> Fuente de Internet	<1 %
93	<a href="#">Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD</a> Trabajo del estudiante	<1 %
94	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
95	<a href="http://fundacaoparanabuc.org.br">fundacaoparanabuc.org.br</a> Fuente de Internet	<1 %
96	<a href="http://todito.com">todito.com</a> Fuente de Internet	<1 %
97	<a href="http://www.sabiia.cnptia.embrapa.br">www.sabiia.cnptia.embrapa.br</a>	

Fuente de Internet

<1 %

98

[andina.pe](http://andina.pe)

Fuente de Internet

<1 %

99

Luz María Martínez-Fuentes, Gilberto Gaxiola-Castro, Eliana Gómez-Ocampo, Mati Kahru.  
"Effects of interannual events (1997–2012) on the hydrography and phytoplankton biomass of Sebastián Vizcaíno Bay", Ciencias Marinas, 2016

Publicación

<1 %

100

[Repositorio.Unjfsc.Edu.Pe](http://Repositorio.Unjfsc.Edu.Pe)

Fuente de Internet

<1 %

101

[kupdf.net](http://kupdf.net)

Fuente de Internet

<1 %

102

[pesquisa.bvsalud.org](http://pesquisa.bvsalud.org)

Fuente de Internet

<1 %

103

[repositorio.uncp.edu.pe](http://repositorio.uncp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

104

[www.aporrea.org](http://www.aporrea.org)

Fuente de Internet

<1 %

105

[www2.uca.es](http://www2.uca.es)

Fuente de Internet

<1 %

106

Mokhele Edmond Moeletsi, Mphethe Isaac Tongwane. "Spatiotemporal Variation of Frost

<1 %

# within Growing Periods", Advances in Meteorology, 2017

Publicación

---

107 Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru <1 %  
Trabajo del estudiante

---

108 bibliometria.ucm.es <1 %  
Fuente de Internet

---

109 catalogo.exactas.uba.ar <1 %  
Fuente de Internet

---

110 ciencia.lasalle.edu.co <1 %  
Fuente de Internet

---

111 cybertesis.unmsm.edu.pe <1 %  
Fuente de Internet

---

112 es.unionpedia.org <1 %  
Fuente de Internet

---

113 es.wikipedia.org <1 %  
Fuente de Internet

---

114 mail.ues.edu.sv <1 %  
Fuente de Internet

---

115 marte.dpi.inpe.br <1 %  
Fuente de Internet

---

116 mineria.ecoportal.net <1 %  
Fuente de Internet

---

patents.google.com

117	Fuente de Internet	<1 %
118	<a href="http://peruvianworld.net">peruvianworld.net</a> Fuente de Internet	<1 %
119	<a href="http://repositorio.unac.edu.pe">repositorio.unac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
120	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
121	<a href="http://upcommons.upc.edu">upcommons.upc.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
122	<a href="http://www.actasdermo.org">www.actasdermo.org</a> Fuente de Internet	<1 %
123	<a href="http://www.agrolalibertad.gob.pe">www.agrolalibertad.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
124	<a href="http://www.altova.com">www.altova.com</a> Fuente de Internet	<1 %
125	<a href="http://www.cepes.org.pe">www.cepes.org.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
126	<a href="http://www.comunidadperuana.com.ar">www.comunidadperuana.com.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
127	<a href="http://www.fundacite.arg.gov.ve">www.fundacite.arg.gov.ve</a> Fuente de Internet	<1 %
128	<a href="http://www.scielo.org.ar">www.scielo.org.ar</a> Fuente de Internet	<1 %

129	<a href="http://www.tdx.cat">www.tdx.cat</a> Fuente de Internet	<1 %
130	<a href="http://zenon.dainst.org">zenon.dainst.org</a> Fuente de Internet	<1 %
131	Zimmerer, Karl S., and Martha G. Bell. "An early framework of national land use and geovisualization: Policy attributes and application of Pulgar Vidal's state-indigenous vision of Peru (1941â€“present)", <i>Land Use Policy</i> , 2013. Publicación	<1 %
132	<a href="http://bibliotecadigital.exactas.uba.ar">bibliotecadigital.exactas.uba.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
133	<a href="http://forpo06.forpo.gov.co">forpo06.forpo.gov.co</a> Fuente de Internet	<1 %
134	<a href="http://kipdf.com">kipdf.com</a> Fuente de Internet	<1 %
135	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
136	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
137	<a href="http://repositorio.utea.edu.pe">repositorio.utea.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
138	<a href="http://repositorioubasibsi.uba.ar">repositorioubasibsi.uba.ar</a> Fuente de Internet	<1 %

139	<a href="http://rmets.onlinelibrary.wiley.com">rmets.onlinelibrary.wiley.com</a> Fuente de Internet	<1 %
140	<a href="http://sinia.minam.gob.pe">sinia.minam.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
141	<a href="http://wiki2.org">wiki2.org</a> Fuente de Internet	<1 %
142	<a href="http://www.goodreads.com">www.goodreads.com</a> Fuente de Internet	<1 %
143	<a href="http://www.jolube.net">www.jolube.net</a> Fuente de Internet	<1 %
144	<a href="http://www.mba.ufm.edu">www.mba.ufm.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
145	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
146	<a href="http://www.spantip.com">www.spantip.com</a> Fuente de Internet	<1 %
147	<a href="http://www.sup.org.uy">www.sup.org.uy</a> Fuente de Internet	<1 %
148	Josefina Amanda Suyo-Vega, Monica Elisa Meneses-La-Riva, Víctor Hugo Fernández-Bedoya, Ana Da Costa Polônia et al. "Undergraduate Teaching in Scientific Research: A Systematic Review of the Literature Available in Scopus, Eric and Scielo,	<1 %

# 2012-2021", Journal of Educational and Social Research, 2022

Publicación

149

dokumen.pub

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

# RÉGIMEN DE HELADAS EN LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE ACOSTAMBO, LIRCAY Y TÚNEL CERO DE LA REGIÓN HUANCVELICA

INFORME DE GRADEMARK

NOTA FINAL

**/0**

COMENTARIOS GENERALES

**Instructor**

PÁGINA 1

PÁGINA 2

PÁGINA 3

PÁGINA 4

PÁGINA 5

PÁGINA 6

PÁGINA 7

PÁGINA 8

PÁGINA 9

PÁGINA 10

PÁGINA 11

PÁGINA 12

PÁGINA 13

PÁGINA 14

PÁGINA 15

PÁGINA 16

PÁGINA 17

PÁGINA 18

PÁGINA 19

## **ASESOR**

Elizabeth Guisella Machuca Manrique

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia. Gracias a mi familia por apoyarme en este proyecto profesional. Gracias a la vida porque cada día me demuestra que con esfuerzo y perseverancia puedes tener momentos plenos y satisfactorios; gracias a Pedro Pablo Asto Galvez y Ana Zenaida Mercado Chamorro mis padres, por su amor y apoyo en todo este proceso y mil Gracias Verónica Asto Mercado, este es tu logro.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor y a su apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Le agradezco a Dios de haber mandado a dos angelitos a mi vida que son mis hijos Aniel Cafira y Pedro Pablo, la razón de mi existir y por quienes soy mejor ser humano cada día.

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a mi hija Aniel Cafira Asto Sambay, que dios guie tus pasos por el buen camino, tú fuiste la que me dio fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a ser más valiente y a encarar las adversidades sin perder nunca la fe en Dios nuestro señor ni en mí. “TÚ Y YO... Y ASÍ SERÁ... TE AMO MI VIDA”

Att. Jhon P. Asto Mercado

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>PORTADA</b> .....	iii
<b>ASESOR</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xiii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	14
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	14
1.1 Planteamiento y formulación del problema .....	14
1.1.1 Planteamiento del problema.....	14
1.1.2 Formulación del problema .....	23
A) Problema general.....	23
B) Problemas específicos .....	23
1.2 Objetivos .....	23
1.2.1 Objetivo general .....	23
1.2.2 Objetivos específicos .....	24
1.3 Justificación e importancia .....	24
1.3.1 Justificación social .....	24
1.3.2 Justificación académica .....	25
1.3.3 Justificación ambiental .....	25
1.4 Hipótesis y descripción de variables .....	25
1.4.1 Hipótesis general .....	25

1.4.2 Hipótesis nula .....	25
1.5 Descripción de la variable y operacionalización .....	26
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>27</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>27</b>
2.1 Antecedentes de la investigación .....	27
2.2 Bases teóricas .....	32
2.2.1 Fundamentos teóricos .....	32
2.2.1.1 Heladas .....	32
2.2.1.1.1 Factores que influyen en la formación e intensidad de las heladas .....	32
2.2.1.1.2 Clasificación de las heladas .....	38
2.2.1.1.3 Parámetros que caracterizan una helada .....	43
2.2.1.1.4 Impacto de las heladas .....	44
2.2.1.1.5 Distribución de las heladas .....	47
2.2.1.2 Generalidades de la Región Huancavelica .....	47
2.3 Definición de términos básicos .....	58
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>59</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>59</b>
3.1 Método y alcances de la investigación .....	59
3.1.1 Método de la investigación .....	59
B. Método específico de la investigación .....	59
3.1.2 Alcances de la investigación .....	64
A) Tipo de investigación .....	64
B) Nivel de investigación .....	64
3.2 Diseño de la Investigación .....	64
3.2.1 Tipo de diseño de investigación. ....	64
3.3 Población y muestra .....	64
3.3.1 Población .....	64
3.3.2 Muestra .....	65
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	66
3.5 Técnicas utilizadas en el procesamiento de la información .....	66
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>67</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>67</b>
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información .....	67

4.1.1 Frecuencia mensual y anual de las heladas en las 4 estaciones meteorológicas.....	67
4.1.2 Fecha media de la primera helada (PH), ultima helada (UH), periodo con heladas (PCH) y periodo libre de heladas (PLH) de las cuatro estaciones meteorológicas.....	70
4.1.3 Severidad de la primera helada (PH), última helada (UH) y de la temperatura mínima absoluta del periodo analizado de las estaciones meteorológicas.....	79
4.2 Discusión de resultados.....	79
4.2.1 Frecuencia media mensual y anual de heladas meteorológicas en las estaciones de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero. ....	79
4.2.2 Fecha media de la primera helada (PH), ultima helada (UH), periodo con heladas (PCH) y periodo libre de heladas (PLH) de las estaciones de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero. ....	80
4.2.3 Severidad de la primera helada y última helada de las estaciones de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero. ....	82
4.2.4 Severidad de las temperaturas mínimas absolutas de las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero. ....	83
<b>CONCLUSIONES</b> .....	84
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	86
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	87
<b>ANEXOS</b> .....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Población damnificada y afectada por heladas y friaje 2003-2016.....	15
Figura 2. Mapa de heladas según su intensidad .....	16
Figura 3. Noticias de la BBC.....	20
Figura 4. RPP Noticias .....	20
Figura 5. Heladas en Huancavelica .....	21
Figura 6. Cultivos afectados .....	22
Figura 7. Efecto de la nubosidad sobre la pérdida de calor .....	34
Figura 8. Turbulencia causada por el viento que mezcla aire caliente con el aire frío que está a menor altura .....	34
Figura 9. Radiación solar. Reflexión y difusión en el sistema tierra-atmósfera .....	36
Figura 10. Efecto del drenaje del aire y la influencia de la temperatura en la topografía..	37
Figura 11. Tipos de heladas .....	39
Figura 12. Helada de Advección .....	40
Figura 13. Helada de Radiación en donde se aprecia el proceso de inversión térmica....	41
Figura 14. Respuesta de las plantas a las heladas.....	46
Figura 15. Distribución altitudinal de cultivos .....	47
Figura 16. Mapa político de la región Huancavelica.....	48
Figura 17. Mapa de clasificación climática de la Región Huancavelica.....	51
Figura 18. Mapa de las Ocho Regiones Naturales del Perú .....	53
Figura 19. Mapa de las 11 Ecorregiones del Perú .....	54
Figura 20. Distribución temporal de las temperaturas y precipitaciones mensuales en la Región Huancavelica .....	58
Figura 21. Portal del SENAMHI.....	60
Figura 22. Determinación de la primera, última y periodo libre de heladas. Temperatura umbral = 0°C, estación Granja Kcayra .....	62
Figura 23. Mapa de ubicación de las Estaciones meteorológicas de la investigación .....	65
Figura 24. Frecuencia media mensual de heladas meteorológicas de las estaciones de Acostambo, Huancajpi, Lircay y Túnel Cero.....	68

Figura 25. Distribución anual de heladas en las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero.....	69
Figura 26. Frecuencia media anual de heladas de las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero.....	69
Figura 27. Evolución temporal del período de heladas meteorológicas de la estación Acostambo, periodo con heladas (PCH), fecha media de la primera helada (FMPH), fecha media de la última helada (FMUH) .....	71
Figura 28. Evolución temporal del período de heladas meteorológicas de la estación Huancalpi, periodo con heladas (PCH), fecha media de la primera helada (FMPH), fecha media de la última helada (FMUH) .....	73
Figura 29. Evolución temporal del período de heladas meteorológicas de la estación Lircay, periodo con heladas (PCH), fecha media de la primera helada (FMPH), fecha media de la última helada (FMUH) .....	75
Figura 30. Evolución temporal del período de heladas meteorológicas de la estación Túnel Cero, periodo con heladas (PCH), fecha media de la primera helada (FMPH), fecha media de la última helada (FMUH) .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Emergencias y daños ocasionados por heladas y friaje según departamentos, periodo 2003 - 2016.....	15
Tabla 2. Número de distritos por departamentos afectados por las heladas .....	17
Tabla 3. Casos de Neumonía durante 2006 al 2010 a nivel departamental .....	18
Tabla 4. Áreas afectas por heladas y friaje.....	19
Tabla 5. Operacionalización de la variable .....	26
Tabla 6. Riesgo de heladas por la forma topográfica.....	37
Tabla 7. Zonas de vida de la región Huancavelica.....	54
Tabla 8. Periodo de datos de la temperatura mínima diaria según la estación meteorológica convencional .....	61
Tabla 9. Severidad de las heladas meteorológicas (Da Motta, 1961) .....	64
Tabla 10. Ubicación de las estaciones meteorológicas de la investigación.....	66
Tabla 11. Frecuencia media mensual de las heladas .....	67
Tabla 12. Frecuencia media anual de las heladas .....	68
Tabla 13. Fecha media de la ocurrencia de la primera helada y última helada.....	70
Tabla 14. Periodo con heladas (PCH) y periodo libre de heladas (PLH) .....	70
Tabla 15. Fecha media de la ocurrencia de la primera helada y última helada.....	71
Tabla 16. Periodo con heladas y periodo libre de heladas.....	72
Tabla 17. Fecha media de la ocurrencia de la primera helada y última helada.....	74
Tabla 18. Periodo con heladas y periodo libre de heladas.....	74
Tabla 19. Fecha media de la ocurrencia de la primera helada y última helada.....	75
Tabla 20. Periodo con heladas y periodo libre de heladas.....	77
Tabla 21. Severidad de la temperatura media de la primera y última helada.....	79
Tabla 22. Severidad de las temperaturas mínimas absolutas de las estaciones meteorológicas.....	79

## RESUMEN

La investigación determino el régimen de heladas meteorológicas de las estaciones de Acostambo (**A**), Huancalpi (**H**), Lircay (**L**) y Túnel cero (**TC**), ubicadas en la Región Huancavelica. Se utilizaron datos de temperatura mínima del periodo 2003 al 2019 para la estación **H** y 1989 al 2019 para el resto de las estaciones, descargados del portal del SENAMHI y antes de ser procesados se hizo el control de datos. Para la caracterización de las heladas se utilizaron la frecuencia mensual y anual para el umbral de 0°C, así mismo utilizando los días julianos se determinó las fechas medias de la primera helada (**PH**), última helada (**UH**), periodo con heladas (**PCH**), periodo libre de heladas (**PLH**) para cada año y luego se obtuvo el promedio de cada uno de ellos para las 4 estaciones. La severidad de la **PH** y **UH** también fueron determinadas, así como de la temperatura mínima absoluta del periodo de estudio. Los resultados mostraron episodios de heladas en todos los meses para la estaciones **A, L y TC**, mientras que la estación **H** los meses de enero y febrero no presento heladas, la mayor frecuencia se da en la estación de invierno en los meses de julio y agosto y los menores episodios en los meses de enero y febrero, **TC** es la estación con mayor evento de heladas (252 días), seguido de **A** con 104 días, **H** con 53 días y **L** con 26 días; la fecha media de la **PH** para **A** fue el 4 de marzo (63 día juliano), para **H** el 1 de mayo (121 día juliano), para **L** el 20 de mayo (140 día juliano) y para **TC** el 6 de enero (6 día juliano). La fecha media de la **UH** para **A** fue el 29 de noviembre (333 día juliano), para **H** el 27 de setiembre (270 día juliano), para **L** el 11 setiembre (254 día juliano), y para **TC** el 30 diciembre (364 día juliano). El periodo con heladas (**PCH**) para **A** fue 270 días, para **H** fue 148 días, para **L** fue 115 días y **TC** fue 358 días; el periodo libre de heladas (**PLH**) para **A** fue 94 días, para **H** fue 214 días, para **L** fue 249 y **TC** tuvo 7 días. La severidad de la **PH** fue suave para **H, L y TC** mientras que fue moderada para **A**, para la **UH** la severidad fue suave para todas las estaciones; sin embargo, la severidad de la temperatura mínima absoluta para la serie de años analizados fue muy severa para **A, H y TC**, mientras que **L** fue severa.

*Palabras claves: heladas, frecuencia, primera helada, última helada, severidad*

## ABSTRACT

The investigation determined the meteorological frost regime of the Acostambo (**A**), Huancalpi (**H**), Lircay (**L**) and Túnel Cero (**TC**) stations, located in the Huancavelica Region. Minimum temperature data from the period 2003 to 2019 were used for the **H** station and 1989 to 2019 for the rest of the stations, downloaded from the SENAMHI portal and before being processed, the data control was carried out. For the characterization of the frosts, the monthly and annual frequency were used for the threshold of 0°C, likewise using Julian days, the mean dates of the first frost (**PH**), last frost (**UH**), period with frosts (**PCH**), frost-free period (**PLH**) for each year and then the average of each of them for the 4 stations was obtained. The severity of **PH** and **UH** were also determined, as well as the absolute minimum temperature of the study period. The results showed frost episodes in all months for the **A**, **L** and **TC** stations, while the **H** stations did not present frosts in January and February, the highest frequency occurs in the winter season in the months of July and August and the lowest episodes in the months of January and February. **TC** is the season with the highest frost events (252 days), followed by **A** with 104 days, **H** with 53 days and **L** with 26 days; the mean date of the **PH** for **A** was March 4 (63 Julian day), for **H** was May 1 (121 Julian day), for **L** was May 20 (140 Julian day) and for **TC** was January 6 (6 Julian day); The **UH** mean date for **A** was November 29 (333 Julian day), for **H** was September 27 (270 Julian day), for **L** was September 11 (254 Julian day), and for **TC** was December 30 (364 Julian day). The period with frosts (**PCH**) for **A** was 270 days, for **H** it was 148 days, for **L** it was 115 days and **TC** it was 358 days; the frost-free period (**PLH**) for **A** was 94 days, for **H** it was 214 days, for **L** it was 249 and **TC** has 7 days. The severity of the **PH** was mild for **H**, **L** and **TC** while it was moderate for **A**, for the **UH** the severity was mild for all stations; however, the severity of the absolute minimum temperature for the series of years analyzed was very severe for **A**, **H** and **TC**, while **L** was severe.

*Keywords: frost, frequency, first frost, last frost, severity*

## INTRODUCCIÓN

Huancavelica es una de las regiones de mayor riesgo climático en el Perú, por su condición geográfica y grandes variaciones topográficas al ubicarse en la cordillera de los Andes, que determinan que la región sufra de forma intermitente e irregularmente riesgo de heladas; este fenómeno no solo es debido a la caída de la temperatura por debajo de cero grados, sino también que es muy variable debido a la estacionalidad durante el año como también de año a año.

Las heladas meteorológicas suelen registrarse en las partes altas de la región andina y principalmente en la estación seca del invierno, causando efectos desfavorables en las actividades del poblador de esta zona del país. Según el MINEDU, las bajas temperaturas generan ausentismo escolar y disminución de los aprendizajes (6). La Dirección General de Epidemiología del Ministerio de Salud, indicó que hay incremento de casos de neumonía durante los episodios de heladas (4), así mismo Agro rural, señala que las heladas causan impactos negativos en la actividad agrícola y pecuaria afectando la economía de muchas familias (8).

Se han desarrollado técnicas para la determinación de eventos extremos como las heladas. Se tiene técnicas estadísticas como los deciles, pero también se tiene el método Periodo Libre de Heladas (PLH) propuesto por Burgos en 1963, con la cual se puede determinar la fecha de la primera helada (FPH), fecha de la última helada (FUH), el periodo libre de heladas (PLH).

La investigación tuvo como objetivo determinar el régimen de heladas de las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero de la región Huancavelica; para ello el informe se dividió en 4 capítulos. El primer capítulo describe el planteamiento del problema, además describe los objetivos, justificación y planteamiento de la hipótesis. El segundo capítulo describe los antecedentes de la investigación, bases teóricas y términos usados. El tercer capítulo presenta el método general de la investigación, el método específico usado para lograr el objetivo general y específicos, se habla también del diseño, población, muestra, técnicas utilizadas en la recolección de datos y el procesamiento de la información. El cuarto capítulo presenta los resultados haciendo uso

de tablas y gráficos, en este capítulo también se hace la discusión. Además, se describe las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas usadas y también se presenta los anexos.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1 Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1 Planteamiento del problema

En los últimos 30 años, los desastres naturales han ocasionado la muerte de más de 2,5 millones de personas y pérdidas por valor de casi US\$4 billones en todo el mundo. Las pérdidas económicas van en aumento de US\$ 50 000 millones al año en la década de 1980, a poco menos de US\$200 000 millones al año en el último decenio. Además, aproximadamente las tres cuartas partes de esas pérdidas obedecen a fenómenos meteorológicos extremos, señaló Rachel Kyte, vicepresidenta de Desarrollo sostenible del Banco Mundial (1)

El fenómeno meteorológico como la helada, es uno de los problemas que afronta el Perú año tras año, que dependiendo de su intensidad y duración puede afectar negativamente al poblador y sus actividades como se muestra en la figura 1, y tabla 1. En la figura se observa el número de población afectadas y damnificada en el periodo 2003 – 2016; mientras en la tabla muestra además el número de hectáreas perdidas y afectadas, siendo Puno el departamento más impactado seguido por Apurímac, Cusco está en tercer lugar, **Huancavelica** en el cuarto y así sucesivamente (2).

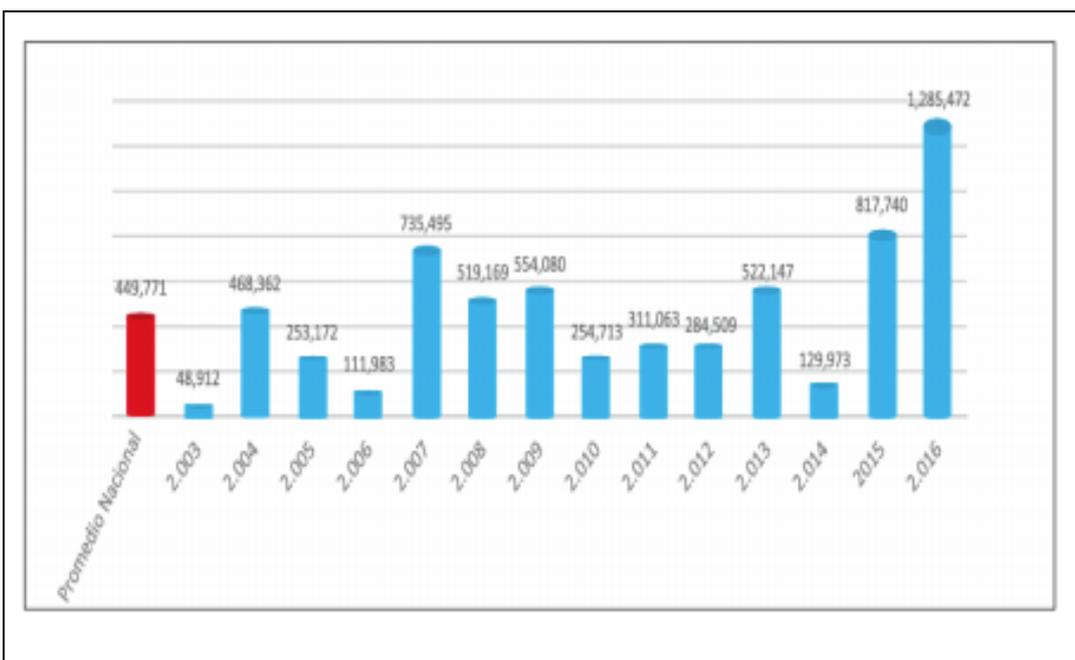


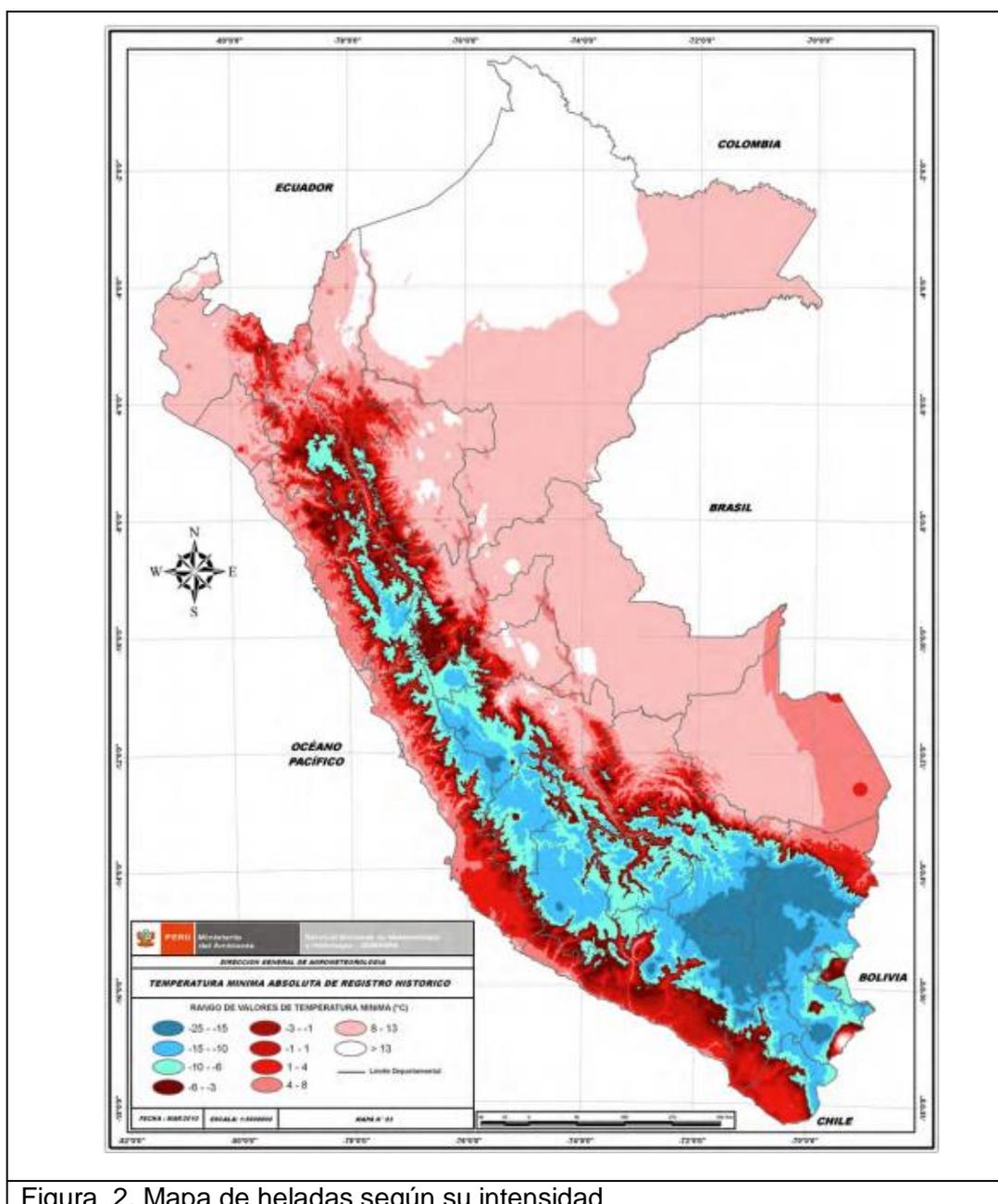
Figura 1. Población damnificada y afectada por heladas y friaje 2003-2016  
Fuente y elaboración: (3)

Tabla 1. Emergencias y daños ocasionados por heladas y friaje según departamentos, periodo 2003 - 2016

Departamentos	Emergencias	Damnificados	Afectados	Has de cultivo perdidas	Has. de cultivo afectadas
<b>Total</b>	<b>8.293</b>	<b>103.804</b>	<b>6.192.986</b>	<b>127.833</b>	<b>682.990</b>
AMAZONAS	82	1.107	14.248	530	1.403
ÁNCASH	75	175	14.180	330	2.025
APURIMAC	124	6	77.525	837	2.503
APURIMAC	1.180	1.537	1.161.895	5.360	20.017
AREQUIPA	558	3.204	294.767	1.871	126.204
AYACUCHO	434	4.175	215.906	3.730	158.871
CAJAMARCA	102	531	8.639	32.314	51.790
CUSCO	1.260	22.371	943.303	7.044	44.364
<b>HUANCAVELICA</b>	<b>1.368</b>	<b>36.573</b>	<b>681.335</b>	<b>1.054</b>	<b>3.461</b>
HUANUCO	384	501	198.301	8.046	12.427
ICA	22	0	7.660	0	200
JUNIN	89	365	40.941	39	1.629
JUNÍN	170	1.485	43.362	1.345	10.089
LA LIBERTAD	47	311	31.910	958	6.364
LAMBAYEQUE	33	0	22.463	1.092	3.480
LIMA	162	1.540	45.133	0	40
LORETO	9	0	17.228	0	0
MADRE DE DIOS	11	0	8.935	0	0
MOQUEGUA	241	2.965	132.863	142	44.533
PASCO	471	401	268.661	16.648	26.524
PIURA	64	1.530	105.809	7.180	14.248
PUNO	1.215	24.512	1.757.073	35.289	149.968
SAN MARTÍN	1	45	100	0	0
TACNA	185	470	98.932	4.024	2.450
TUMBES	4	0	662	0	0
UCAYALI	2	0	1.155	0	0

Fuente y elaboración: (4)

Las heladas meteorológicas, ocurren cuando la temperatura del aire desciende a 0°C o a valores menos de cero. En el Perú, se presentan en zonas altoandinas y sobre todo en la sierra sur del país; en la figura 2 se muestra el mapa peligro de heladas, siendo Puno el departamento donde se presentan las heladas con mayor severidad; en **Huancavelica** las temperaturas mínima absoluta promedio está entre los rangos de -15 a -6 grados centígrados (5).



Según el Ministerio de Educación (MINEDU) las heladas generan efectos negativos no solo en la vida y salud sino también en la educación de los pobladores más vulnerables que residen en estos lugares. Las bajas temperaturas, generan ausentismo escolar y disminución en el desarrollo de sus aprendizajes en 11 departamentos y 210 distritos (tabla 2) (6).

Tabla 2. Número de distritos por departamentos afectados por las heladas

DEPARTAMENTOS	Nº DE DISTRITOS
Ancash	6
Apurímac	23
Arequipa	15
Ayacucho	20
Cusco	22
Huancavelica	19
Huánuco	1
Junín	16
Lima provincias	19
Puno	67
Pasco	2

Fuente: (6)

Las poblaciones más afectadas son aquellas que se encuentran en situación de alta vulnerabilidad, tanto por su condición social (pobreza y pobreza extrema), por su edad (niños, adultos, ancianos) y por su ubicación territorial que hace difícil la presencia del estado. La Dirección General de Epidemiología del Ministerio de Salud, señaló que el mayor número de casos de neumonía para el periodo 2006 al 2010, fue el 2008 con 22,792 casos, siendo Lima, Loreto y Arequipa las regiones con mayor incidencia. Sin embargo, Huancavelica tiene un promedio de 401 casos para ese periodo lo cual es alto para la cantidad de población existente (4).

Tabla 3. Casos de Neumonía durante 2006 al 2010 a nivel departamental

DEPARTAMENTOS	NEUMONÍAS				
	2006	2007	2008	2009	2010
LIMA	3813	4010	5314	4029	4390
LORETO	850	1530	2694	2445	1515
AREQUIPA	602	904	1326	1164	1318
CUSCO	852	1704	1068	1075	1051
PIURA	1108	654	1362	801	989
UCAYALI	822	661	785	969	879
CALLAO	426	384	827	869	873
LA LIBERTAD	606	1064	1059	645	821
CAJAMARCA	719	664	920	769	663
HUANUCO	1220	1087	1262	655	632
JUNIN	463	630	717	512	591
PUNO	353	574	556	554	576
ANCASH	440	508	576	421	544
PASCO	283	624	449	290	451
APURIMAC	310	499	538	405	397
<b>HUANCAVELICA</b>	<b>455</b>	<b>344</b>	<b>474</b>	<b>366</b>	<b>370</b>
SAN MARTIN	210	434	497	291	313
ICA	285	205	382	240	305
AMAZONAS	250	369	312	298	237
LAMBAYEQUE	384	218	429	275	220
AYACUCHO	223	182	901	205	198
TACNA	57	57	29	56	133
MOQUEGUA	40	68	60	83	94
TUMBES	102	93	127	64	92
MADRE DE DIOS	82	174	128	145	57
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>14955</b>	<b>17941</b>	<b>22792</b>	<b>17626</b>	<b>17709</b>

Fuente: (7)

Las heladas también producen impactos negativos en la actividad agrícola y pecuaria, afectando la economía de muchas familias, siendo dicha actividad en su mayoría el único sustento. En el 2012 Agro rural en su plan de contingencia Agropecuario reporto para Huancavelica 30,968 hectáreas afectadas por este fenómeno (tabla 4) (8).

Tabla 4. Áreas afectadas por heladas y friaje

DEPARTAMENTOS	HECTAREAS AFECTADAS
HUANCAVELICA	30,968
AREQUIPA	5,172
PUNO	36,343
APURIMAC	24,055
CUSCO	18,430
CAJAMARCA	64,755
ANCASH	4,856
HUANUCO	7,783
PASCO	7,619
JUNIN	10,156
AYACUCHO	20,951
MOQUEGUA	193
<b>TOTAL</b>	<b>231,190</b>

Fuente: (8)

El año 2015, murieron más de 170,000 alpacas en el Perú, la mayor parte de los animales fallecidos fueron crías, por ser vulnerables a las heladas por debajo de menos 14 °C. Las bajas temperaturas les ocasiono neumonías y diarreas de consecuencias fatales. Por otro lado, la BBC señaló que las alpacas están acostumbradas al frío de las zonas altoandinas, donde la temperatura puede llegar a 14° bajo cero, pero en esa ocasión bajo a menos 20° centígrados (9). Durante ese episodio, en Huancavelica la suma de crías de alpacas fallecidas alcanzo a más de 22,000, dejando pérdidas por más de 3 millones de soles para los productores alpaqueros. Las zonas más afectadas fueron las comunidades de Carhuancho y Pilpichaca (10).

**BBC NEWS | MUNDO**

Noticias América Latina Internacional Coronavirus Hay Festival Economía Ciencia Salud

## ¿Por qué murieron más de 170.000 alpacas en Perú?

Ciencia  
BBC Mundo

4 agosto 2015



Las alpacas están acostumbradas al frío del altiplano, donde las temperaturas pueden llegar hasta los 14° bajo cero, pero en esta ocasión llegaron a menos 20°.

Figura 3. Noticias de la BBC

Fuente: (9)

**ODD Noticias** Podcast RPP | Newsletter

Últimas noticias Política Actualidad Perú Deportes Mundo Economía Entrenimiento Tecnología Vital Radio Columnistas Blogs TV

**ACTUALIDAD**

### Huancavelica: reportan la muerte del 25% de camélidos por friaje

Las zonas más afectadas han sido Carhuanchu, Pilpichaca, entre otras comunidades de la región.

22 de septiembre del 2015 - 5:07 PM Redacción [Síguenos en Google News](#)



Referencial

**Más en Actualidad**

- Elisbán Ochoa: Decisión de invitar a Castillo a la Cumbre de la Descentralización fue de todos los gobernadores
- Fiscal Víctor Rodríguez Montaña juró como miembro titular del pleno del Jurado Nacional de Elecciones
- Mirsa: Más de 2 millones de personas ya superaron la COVID-19

Figura 4. RPP Noticias

Fuente: (10)

Así mismo, el 16 de febrero del 2021, las heladas ocasionaron daños en los campos de cultivo en las provincias de Angaraes, Acobamba y Tayacaja, afectando los cultivos de papa, maíz, olluco, oca, entre otros, así lo informó la Dirección Regional Agraria de Huancavelica (DRAH) (11). En la provincia de Tayacaja, después de cinco días consecutivos de heladas intensas, los agricultores de Pazos (cuna de la papa nativa) se vieron afectados. Los sembríos de papa se encontraban en etapa de floración como se muestran en las figuras 5 y 6. Así mismo, otros productos como la oca, mashua, siguieron el mismo camino.



Figura 5. Heladas en Huancavelica

Fuente: (11)

como la oca y mashua también sucumbieron ante las inclemencias del tiempo.



"De las 16 comunidades de Pazos, la mayoría han sido afectadas, tenemos una afectación de más de 800 hectáreas, y por tanto se ha afectado al 80 por ciento de los productores de Pazos, cuna de la papa nativa", declaró el alcalde de Pazos, Walter Linares.

Figura 6. Cultivos afectados

Fuente: (11)

Según el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), en el Perú, alrededor de 600,000 personas viven en zonas expuestas a las heladas meteorológicas, concentrándose la mayor parte en la sierra sur, especialmente Puno, Cusco y Huancavelica. Los detonantes para incrementar el riesgo son: i) familias que se encuentran en condiciones de pobreza y pobreza extrema en zonas rurales alejadas, ii) viviendas sin las condiciones de aislamiento térmico adecuadas, iii) lejanía de los servicios básicos de salud y iv) la prevalencia de anemia y desnutrición crónica infantil, son la combinación de factores que intensifican la vulnerabilidad de esta población a los eventos climáticos extremos. Según el Ministerio de Salud, las bajas temperaturas de invierno incrementan en aproximadamente el 50% las infecciones respiratorias agudas (IRAS) en menores de 5 años, otro grupo vulnerable son los adultos mayores de 60 años, quienes presentan una tasa mayor de mortalidad. A estos factores se suma la vulnerabilidad de esta población a la pandemia del COVID-19 (12)

Se han desarrollado técnicas para la determinación de eventos extremos como las heladas. Se tiene técnicas estadísticas como los deciles, pero también se tiene el método Periodo Libre de Heladas (PLH) propuesto por Burgos en 1963, con la cual se puede determinar la fecha de la primera helada (FPH), fecha de la última helada (FUH), el periodo libre de heladas (PLH).

### 1.1.2 Formulación del problema

#### A) Problema general

¿Cuál es el régimen de las heladas en las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero de la región Huancavelica?

#### B) Problemas específicos

- ¿Cuál es la frecuencia mensual y anual de las heladas meteorológicas en las estaciones de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero de la región Huancavelica?
- ¿Cuál es la fecha media de ocurrencia de la primera helada (PH), última helada (UH), periodo con heladas (PCH) y periodo libre de heladas (PLH) de las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero de la región Huancavelica?
- ¿Cuál es la severidad de la primera helada (PH), última helada (UH) y la temperatura mínima absoluta del periodo analizado de las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero de la región Huancavelica?

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Determinar el régimen de las heladas meteorológicas en las estaciones de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero de la región Huancavelica.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la frecuencia mensual y anual de las heladas meteorológicas en las estaciones de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero de la región Huancavelica.
- Determinar la fecha media de ocurrencia de la primera helada (PH), última helada (UH), periodo con heladas (PCH) y periodo libre de heladas (PLH) de las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero de la región Huancavelica.
- Determinar la severidad de la primera helada (PH), última helada (UH) y la temperatura mínima absoluta del periodo analizado de las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero de la región Huancavelica.

## 1.3 Justificación e importancia

### 1.3.1 Justificación social

La investigación es relevante para Huancavelica, por ser una de las regiones donde los impactos vinculados a las heladas son especialmente perjudiciales por su ubicación y por tener el 36.9% de su población en pobreza total, 5.9% en pobreza extrema y 51.8% en vulnerabilidad a la pobreza. Los bajos ingresos que perciben provocan inferioridad de condiciones para afrontar esta situación. Por otro lado, los impactos económicos son elevados debido a que sus actividades primarias dependen del clima. La investigación es importante para la sociedad civil, porque contribuirá al entendimiento de las heladas, su frecuencia, periodo libre de heladas, fecha de la primera helada y fecha de la última helada presentadas hasta el 2021. Por otro lado, los resultados contribuirán como herramienta para los tomadores de decisiones y usuarios sectoriales para establecer estrategias frente a los riesgos por bajas temperaturas.

### 1.3.2 Justificación académica

La investigación contribuirá no solo a la resolución de un problema en el campo de la meteorología, sino también, a la comprensión del fenómeno de las heladas que, si bien es cierto causa impacto negativo en las poblaciones y sus actividades, pero su entendimiento podría generar una oportunidad de crear un ingreso a través de emprendimientos creativos y desarrollo de nuevas tecnologías para lugares con similares características de ubicación.

### 1.3.3 Justificación ambiental

La investigación de las heladas es de importancia, porque impacta sobre el ambiente en sus distintas dimensiones: i) medio físico natural, cubriendo el suelo y agua con escarcha, ii) medio biológico, en la flora silvestre causando la caída de hojas, pero en las plantas cultivadas, muerte o baja producción mientras que en la fauna muerte de animales vulnerables, iii) medio social, afectación en sus actividades sociales, económicas y culturales. La comprensión del fenómeno de heladas en el área de influencia de las tres estaciones meteorológicas contribuirá a tomar decisiones sostenibles.

## 1.4 Hipótesis y descripción de variables

### 1.4.1 Hipótesis general

Las heladas meteorológicas se registran a partir del otoño y se intensifican en el invierno, mientras que la mayor frecuencia de heladas es entre los meses de julio y agosto y las menos frecuentes entre enero y febrero. La primera helada varía entre 1 a 150 día juliano, mientras que la última helada entre 270 a 365 día juliano en las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero.

### 1.4.2 Hipótesis nula

Las heladas meteorológicas no se registran en el otoño y no se intensifican en el invierno, la mayor frecuencia de heladas no es entre los meses de julio y agosto. La primera helada no es entre 1 a 150 día juliano y la última helada no se presenta entre 270 a 365 día juliano en las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero.

### 1.5 Descripción de la variable y operacionalización

Tabla 5. Operacionalización de la variable

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Sub dimensiones	Indicador	Índice		
Heladas	Se define a la ocurrencia de una temperatura igual o menor a cero grados centígrados, medida en el refugio o caseta meteorológica a una altura de 1,25 y 2.0 m (13)	Frecuencia de heladas		Días			
		Fecha de la primera helada		Día juliano			
		Fecha de la última helada		Día juliano			
		Periodo libre de heladas		Días			
		Severidad			Muy severas	°C	> - 10
					Severas		-8°C a -9.9
					Muy fuertes		-6°C a -7.9
					Fuertes		-4°C a -5.9
					Moderadas		-2°C a -3.9
					Suaves		0°C a -1.9

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

##### Artículos científicos

El artículo "Agricultural losses related to Frost events: use of the 850hPa level temperatura as an explanatory variable of the damage cost", tuvo como objetivo general analizar los eventos de heladas dañinas en la agricultura, mediante el examen de relación entre la temperatura mínima diaria en la atmosfera (a un nivel isobárico de 850 hPa) y pérdidas en la producción de cultivos. Se plantearon también dos objetivos más para estimar el riesgo agrícola debido a los eventos y probabilidad de la magnitud de las pérdidas financieras a corto plazo. Los resultados mostraron que las temperaturas a nivel de 850 hPa están influenciadas por las condiciones climáticas variables o por características topográficas locales; por lo tanto, constituyen un indicador de las próximas condiciones meteorológicas. El análisis de las compensaciones monetarias diarias por pérdidas aseguradas de cosechas causadas por fenómenos meteorológicos en Grecia muestra que, durante el periodo 1999-2011, las heladas causaron más daños a la producción de cultivos que cualquier otro fenómeno meteorológico. Usando una serie de regresiones lineales encontraron que la temperatura mínima (a nivel de 850 hPa), agrupados en tres categorías según su magnitud, y estacionalidad, son variables significativas a la hora de intentar explicar los costos de los daños a los cultivos, así como para predecir y cuantificar la probabilidad y la magnitud de los eventos de heladas dañinas (14).

El artículo “Estudio micro climatológico de régimen de heladas en el sur de Argentina (Añelo, provincia de Neuquén)”, el estudio se hizo con el objetivo de evaluar la factibilidad de introducir el cultivo de olivo en el sur de Argentina (Neuquén) en 3760 hectáreas. El campo ocupa una franja, con pendiente moderada, que atraviesa el límite de la meseta patagónica y el río Neuquén, fluyendo en la parte baja de un estrecho valle, permitiendo que el aire frío drene, mitigando así la intensidad de las heladas. Para evaluar el peligro de heladas, instalaron una estación meteorológica automática, se realizaron observaciones de marzo a noviembre del 2010. Los datos fueron correlacionados con datos de dos estaciones climáticas vecinas. Se reconstruyó la serie local para la década 2001-2010. Los datos reconstruidos fueron introducidos en un modelo desarrollado tomando como base el NCEP (National Centers for Environmental Prediction of NOAA) Climate Forecast System Reanalysis. Se realizó un proceso de downscaling, para una cuadrícula de 2.5 por 2.5 m, cubriendo el área en estudio con alto grado de resolución. Se elaboraron mapas para el inicio, medio y final de los periodos anuales con temperaturas iguales o menores a 0, -1, -3, -7, -10 y -12. Se observó que las zonas bajas de los campos son propensas a sufrir heladas más duraderas e intensas, evidenciando la importancia de dos factores micro climáticos principales: (a) la parte superior del área, se observa mayor velocidad del viento e impide la estratificación del aire evitando la inversión térmica necesaria para el desarrollo de las heladas por radiación; y (b) las zonas bajas del campo, el flujo de aire frío aumenta la pérdida térmica y aumenta el enfriamiento. Esos criterios permitieron dividir el campo en sub áreas con diferentes niveles de riesgo de heladas. Los autores concluyen que las heladas constituyen el peligro principal para la mayor parte de la zona olivarera de Argentina (15).

El artículo “Frost regime characterization of Anguil, La Pampa province (Argentina), tuvo como objetivo caracterizar las heladas en Anguil, provincia de la Pampa. Se utilizó las temperaturas mínimas registradas diariamente sobre el suelo a 1,5 m en la caseta meteorológica y 0.05 m durante el periodo 1973-2009. Las heladas se clasificaron en rangos (leve, moderada, fuerte y muy fuerte) según su intensidad. Se realizaron cálculos de fechas medias de la primera y última helada y su variabilidad, así como la duración media de las heladas y los periodos libres de heladas para toda la serie y para cada rango de intensidad definido. Las heladas que ocurren a 0.05 m sobre el suelo son de importancia agrícola, considerando que

el periodo libre de heladas promedio es más corta a esa altura en comparación con el correspondiente a 1.50 m, mientras que el número de días del periodo de heladas cerca de la superficie del suelo es mayor. La ocurrencia de heladas muy fuertes fue cinco veces mayor, y con mayores desviaciones, a 0.05 m que a 1.50 m. Las fechas medias registradas de la primera y última helada, en ambos niveles de altura considerados, muestran una alta peligrosidad para las etapas de floración y fructificación tanto de los cultivos de grano pequeño como de grano grueso (16).

El artículo “The ecological and evolutionary significance of Frost in the context of climate change”, señala que los efectos de las temperaturas bajo cero (heladas) en épocas del año en que es inusual, son un fenómeno ecológico interesante. La consecuencia fisiológica de la formación de cristales de hielo en el tejido vegetal es a menudo la muerte de las plantas, o al menos de partes sensibles que puede incluir botones florales, ovarios y hojas. La pérdida de potencial para la reproducción sexual puede tener efectos duraderos en la demografía de las plantas anuales y perennes de larga duración, porque los efectos negativos a corto plazo de las heladas pueden resultar en beneficios a largo plazo al reducir las poblaciones de depredadores de semillas. La pérdida de plantas hospedadoras puede tener consecuencias dramáticas para los herbívoros, incluso provocando extinciones locales, y la pérdida de flores puede afectar a las poblaciones de depredadores de semillas y sus parasitoides. Las heladas pueden causar extinciones locales e influir en la distribución geográfica de algunas especies. El potencial del cambio climático global para influir en la frecuencia y distribución de los eventos de heladas es incierto, pero parece probable que se vuelvan más frecuentes en algunas áreas y menos frecuentes en otras (17).

El artículo “Annual and Monthly trends in frost days in the wet Pampa”, El propósito del estudio fue evaluar las tendencias anuales y mensuales (marzo – octubre) de días helados, definidos por los días en que la temperatura mínima es inferior a 0°C en las estaciones meteorológicas del centro-este de la región argentina, llamada Pampa Húmeda, una de las regiones agrícolas más productivas de Sudamérica. Para examinar la tendencia anual y mensual de las heladas, se utilizaron datos de la temperatura mínima diaria para el periodo 1964-2003. Los datos fueron extraídos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ambos de Argentina. Las estaciones

meteorológicas fueron seleccionadas siguiendo la condición de que el porcentaje de temperatura mínima diaria de los datos disponibles deben ser al menos del 80%. Para analizar los cambios en los días de heladas en la región, series de tiempo de anomalías estandarizadas del número de heladas fueron calculados para cada año y mes de cada estación. Luego las series de tiempo fueron promediadas para calcular el promedio de tiempo regional. Los resultados muestran que la frecuencia de heladas anuales en la región disminuyó, aunque significativamente, en los 40 años estudiados. Lejos de ser uniforme; tendencias anuales de las diferentes estaciones, pueden ser agrupadas latitudinalmente y longitudinalmente. En la latitud 34°S hay un dipolo bien definido con frecuencia disminuida de días de heladas en el oeste y mayor frecuencia en el este en un área más pequeña en el sur de Buenos Aires. Al norte de este paralelo se produce una situación inversa, es decir, tendencias positivas en el oeste y negativa en el este, pero con valores inferiores a los del sur. El análisis mensual presenta una tendencia negativa en la frecuencia regional de marzo a octubre, excepto julio que tiene una tendencia positiva, aunque no significativa. Sin embargo, las tendencias de 39 estaciones (de un total de 55) presenta signo positivo para este mes. En julio el dipolo este-oeste (tendencia positiva- negativa) en el sur de la Pampa Húmeda todavía está presente. En general se observa que el comportamiento de la tendencia mensual no es homogéneo en la Pampa Húmeda de Argentina (18).

El artículo "Frost risks in the Mantaro river basin", analizaron las características temporales y espaciales de las heladas en la cuenca del río Mantaro. Las características incluyeron intensidad, frecuencia, duración, periodos sin heladas, distribución del área y tendencias históricas para un periodo 1960 a 2002. Se determinaron mapas de riesgo de heladas para toda la cuenca hidrográfica mediante algoritmos matemáticos y herramientas GIS (Sistemas de Información Geográfica), utilizando datos de temperatura, geomorfología, pendiente, uso del suelo, tipos de suelos, vegetación y zonas de vida, destacando la época de lluvias (septiembre a abril) cuando los impactos de las heladas en la agricultura son más severos. Se reconoció cuatro categorías de riesgos de heladas: bajo, moderado, alto y crítico. Los riesgos críticos (con muy alta probabilidad de ocurrencia) se relacionaron con las altitudes superiores a 3800 msnm, mientras que la baja o nula probabilidad de que ocurran riesgos se encontró en las zonas más bajas por debajo de 2500 msnm. Debido a la actividad agrícola muy intensa y a la alta sensibilidad

de los principales cultivos (maíz, papa, alcachofa) en el valle del Mantaro (altitudes entre 3100 y 330 msnm), se pueden esperar riesgos de heladas de moderados a altos, con una probabilidad moderada de ocurrencia. Otro resultado significativo fue una tendencia positiva de 8 días por década en el número por década en el número de días de heladas durante la temporada de lluvias (19).

## Tesis

La tesis “Influencia de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en la ocurrencia de heladas en el Altiplano Peruano”, para ello, se utilizaron datos de temperatura mínima observadas de 10 estaciones meteorológicas de la región de Puno del periodo 1971-2005 y datos de re análisis del European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) para temperatura mínima del aire y temperatura superficial del mar (TSM) para el periodo 1979 – 2005 con una resolución espacial de  $0.75^\circ \times 0.75^\circ$ . Se calcularon las anomalías de los datos observados de temperatura mínima, sin tendencia y ciclo anual, y se aplicó el análisis de componentes principales (ACP) para obtener los patrones más relevantes de la variabilidad. Adicionalmente, se utilizó el análisis de correlaciones entre los datos en formato grilla de la temperatura mínima de Puno y la TSM de la región 3.4. El análisis exploratorio de los datos observados mostro temperaturas mínimas más frías en los meses de invierno, seguido de los meses de otoño, primavera y verano. La parte occidental de Puno es la zona más fría del departamento con la posibilidad de ocurrencia de eventos extremos. La ocurrencia de heladas esta inversamente relacionada con la temperatura mínima del aire; es decir, lugares donde hay menos valores de temperatura mínima, se tiene una mayor frecuencia de heladas. En el invierno, se presentan las mayores frecuencias y heladas más intensas; el otoño muestra menos frecuencias de heladas que la primavera, pero con mayor intensidad que la misma estación. Los dos primeros componentes principales explican el 71.9% de la variancia total de los datos (61.9% la primera y 10% la segunda). El primer componente muestra el mismo patrón en todo el departamento; mientras que el segundo presenta un patrón de dipolo entre el sur y la parte centro-norte de Puno. El patrón espacial del análisis de correlación, considerando todos los datos del año, está relacionado con la segunda componente principal: existen correlaciones positivas en la parte sur y correlaciones negativas en la parte centro-norte del área de estudio. Sin embargo, está correlación no presenta significancia estadística al 95%. El análisis de correlación separando verano e invierno está

relacionado con la primera componente, con valores positivos de correlación para el verano y negativos para el invierno. Por tanto, la fase positiva (negativa) del ENOS, asociada al aumento (disminución) de la TSM en la región Niño 3.4, está relacionada con una menor (mayor) ocurrencia de heladas en Altiplano peruano durante el verano (invierno) debido al aumento (disminución) de las temperaturas mínimas del aire (20).

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Fundamentos teóricos

#### 2.2.1.1 Heladas

Las heladas corresponden a la formación de hielo sobre la superficie del suelo o de las plantas debido al descenso de la temperatura del ambiente, son frecuentes en altitudes por encima de los 2500 msnm. Desde el punto de vista **meteorológico**, la helada se produce cuando la temperatura del aire alcanza valores iguales o menores a 0°C medida en el refugio o caseta meteorológica a una altura de 1,25 y 2.0 m (13). Así mismo, también se utiliza el término de **helada agronómica**, cuando el descenso de la temperatura del aire llega a niveles críticos para los cultivos sin llegar necesariamente a 0°C (21). El fenómeno que provoca la helada tiene lugar cuando la condensación se produce a temperaturas inferiores a la de congelación en cuyo caso la humedad pasa directamente del estado de vapor al de sólido o hielo (22). Las heladas suelen presentarse en las noches de invierno debido a la pérdida radiactiva, está va acompañada por la inversión térmica a nivel del suelo, donde se presentan los valores mínimos.

##### 2.2.1.1.1 Factores que influencia en la formación e intensidad de las heladas

Hay una serie de factores que propician la ocurrencia de heladas tales como: variables macro climáticas, variables meteorológicas, relieve y topografía y tipo de suelo o superficie.

#### A. Variables macro climáticas

Son aquellos factores relacionados a escala regional o geográfica del clima (13). Estas son las siguientes:

##### *Latitud y altitud*

A mayor latitud y altitud mayor ocurrencia de heladas (5).

### *Continentalidad y oceanidad*

El océano al ser una enorme masa de agua, con alto poder calorífico, tiene efecto moderador en las variaciones de temperatura. En el interior del continente, la variación de la temperatura es mayor y por lo tanto mayor es el enfriamiento nocturno (5).

### *Masa de aire polar*

Por la configuración del continente sudamericano, invasiones de masa de aire frío procedentes del polo sur, alcanzan la región sudeste, empujados por los vientos del oeste a sudoeste traspasan la cordillera, el paso por los andes genera una masa fría y seca que favorece la pérdida de energía por radiación durante la noche. En cambio, la masa polar penetra vía el océano atlántico, esta gana humedad en su trayectoria, con vientos en dirección sur y sudeste, esta humedad provoca cierta tropicalización de la masa polar que ocasiona la condensación de vapor de agua, liberando su calor latente y calentándola (5).

## B. Variables meteorológicas

### *Nubosidad*

Cielo despejado (sin nubes) e intenso brillo solar durante el día y cielo despejado durante la noche (figura 7). Toda la radiación terrestre se pierde libremente hacia el espacio y el suelo se enfría rápidamente por la falta de vapor de agua que absorba esta radiación y la irradia nuevamente a la superficie terrestre. Mientras que si el cielo este nublado, el calor irradiado es reflejado en las nubes y retorna a la superficie, siendo absorbido nuevamente; en consecuencia, con cielo cubierto no hay riesgo de heladas de tipo radiativa (23).

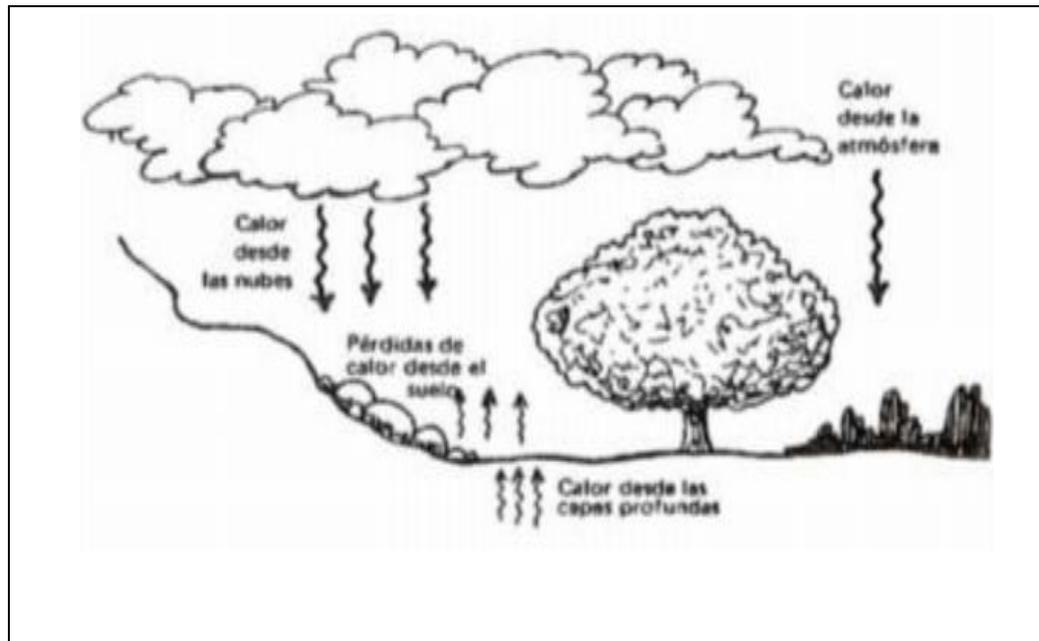


Figura 7. Efecto de la nubosidad sobre la pérdida de calor  
Fuente: (24)

*Viento*

Viento en calma durante la noche o con una velocidad no mayor a 1.5m/s, reduce la transferencia de calor por convección (movimientos verticales de masa de aire ascendente y descendentes) o advección (movimientos de masa de aires horizontales), que de presentarse podrían evitar los descensos bruscos de temperatura como se muestra en la figura 8 (13).

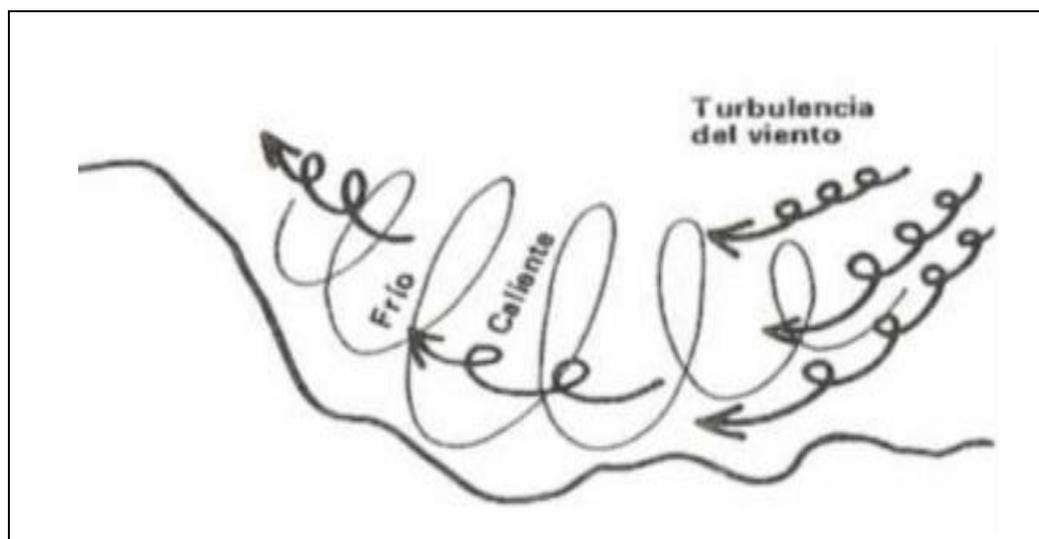


Figura 8. Turbulencia causada por el viento que mezcla aire caliente con el aire frío que está a menor altura

Fuente (24)

### *Humedad*

Cuando la humedad del aire es alta, se producen condensaciones del vapor de agua. Este proceso libera calor aumentando la temperatura del ambiente. Así cuando la humedad relativa es alta, la irradiación genera nieblas y no se producen heladas debido a que tiene el mismo efecto de las nubes, es decir sirve como capa protectora contra la pérdida excesiva de calor. Mientras que cuando hay bajo contenido de vapor en la atmósfera (aire seco) sucede lo contrario (23)

### *Radiación solar*

La cantidad de radiación (energía) solar recibida por la superficie depende de: latitud, hora del día, estación del año, nubosidad y partículas en suspensión atmosférica (naturales y antrópicas), orientación de la ladera, ángulo de inclinación de la topografía del suelo y tipo de suelo de la zona.

Se sabe que la radiación ( $Q_s$ ) penetra a la atmósfera, parte de ella llega a la superficie terrestre sin sufrir modificación alguna (radiación transmitida  $Q_t$ ), otra parte es absorbida por la atmósfera ( $Q_a$ ) y el resto es reflejada y dispersada hacia el espacio y hacia la tierra ( $Q_{rd}$ ) y finalmente se tiene la radiación que incide a la superficie terrestre (transmitida, reflejada y dispersada) se denomina radiación incidente o radiación global ( $Q_i$ ) (23). La figura muestra lo mencionado líneas arriba.

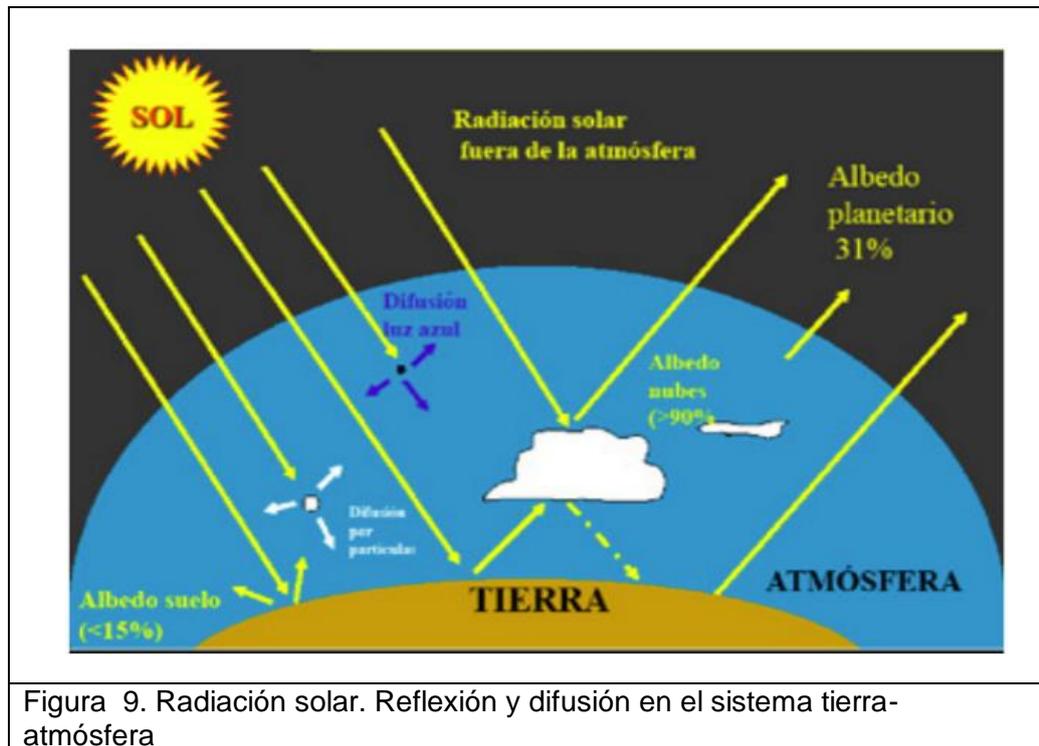


Figura 9. Radiación solar. Reflexión y difusión en el sistema tierra-atmósfera

Fuente: (25)

### C. Relieve y topografía

De acuerdo a la ubicación geográfica, Perú debería presentar un clima tropical; sin embargo, debido a factores atmosféricos y geográficos el país tiene diversidad de climas. La Cordillera de los Andes funciona como una barrera climática dividiendo al país en tres regiones: costa, sierra y selva. La topografía irregular de la sierra presenta diversidad de climas desde cálido hasta el frío polar (26).

En países montañosos como el Perú, el relieve entonces juega un papel importante, por el efecto que tiene el drenaje de aire frío y por la exposición. Un terreno plano está sujeto a estancamiento de aire frío, favoreciendo la helada. En caso de un terreno cóncavo, su configuración en forma de cuenca facilita la acumulación de aire frío en el fondo del valle donde la temperatura puede ser 4 y 8 grados más baja que las temperaturas en las pendientes y partes altas de la montaña durante las noches de helada. Mientras que, en el caso de un terreno convexo, presenta menor frecuencias de heladas, ya que debido a la forma facilita el desplazamiento del aire frío. La exposición de los terrenos es otro aspecto, los terrenos expuestos al sur reciben menos energía solar durante el

invierno, como consecuencia son más fríos y están más sujetos a los efectos de los vientos predominantes del SE (fríos), mientras que los terrenos expuestos hacia el norte son más calientes (13).

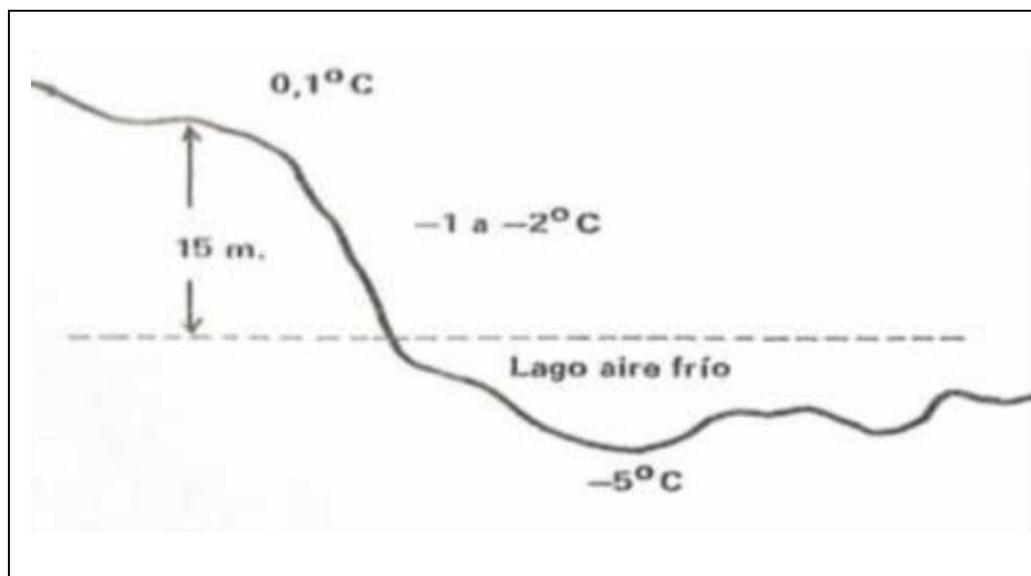


Figura 10. Efecto del drenaje del aire y la influencia de la temperatura en la topografía

Fuente: (24)

El factor topográfico es más relevante que la altitud en la determinación de la ocurrencia de heladas (27) como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Riesgo de heladas por la forma topográfica

FORMA TOPOGRÁFICA	RIESGO DE HELADA
Cima y parte superior de pendiente	El más bajo
Zonas planas y altas	Medio
Áreas amplias y planas	Mayor al promedio
Laderas angostas y con declive	Alto
Parte baja del seno de una depresión cerrada	Muy alto

Fuente. (28)

a. Tipo de suelo o superficie

Los suelos con cobertura de plantas funcionan como aislante térmico impidiendo la entrada de la energía de la radiación solar; mientras que el suelo

desnudo funciona como sumidero de calor durante el día, siendo fuente de calor durante la noche.

Por otro lado, el calor que fluye a través del suelo se hace exclusivamente por conducción molecular y está fuertemente determinada por las condiciones físicas del suelo. Aunque la conductividad térmica de todas las partículas sólidas del suelo, es prácticamente la misma, la de las masas del suelo, varían con la porosidad, mientras más poroso sea el suelo, menor conductividad térmica y menor conducción por el aire dentro de los poros, pero si los espacios estuvieran cubiertos de agua sea de lluvia o de riego, se incrementa la conductividad térmica. Cuando el suelo está seco la onda de calor no penetra durante el día a profundidades mayores, quedando retenido en las partes superficiales. En suelo húmedo tiene mayor conductividad térmica como se señaló líneas arriba, entonces la onda alcanza mayores profundidades y durante la noche el calor se pierde más lentamente.

Así mismo, los suelos compactos conducen mayor calor que los suelos más sueltos y arenosos. El color es también una característica importante, por lo general los suelos claros mantiene un mejor equilibrio de la temperatura y están sujetos a menos daños por helada, en cambio los suelos de color oscuro, tienen una fluctuación mayor de temperatura, aunque estas condiciones pueden variar dependiendo del contenido de humedad (13).

#### 2.2.1.1.2 Clasificación de las heladas

Las heladas se pueden clasificar desde los puntos de vista de origen en heladas por advección, por radiación y por evaporación (5), (29), (30), (31). De acuerdo a la época de ocurrencia se clasifican en primaverales, otoñales e invernales (29), (31) y (32). Según el aspecto visual se denominan como helada blanca y helada negra. Algunas de las categorías se relacionan entre sí, por ejemplo, una helada por radiación puede ocurrir en la estación primaveral, otoñal o invernal, etc.

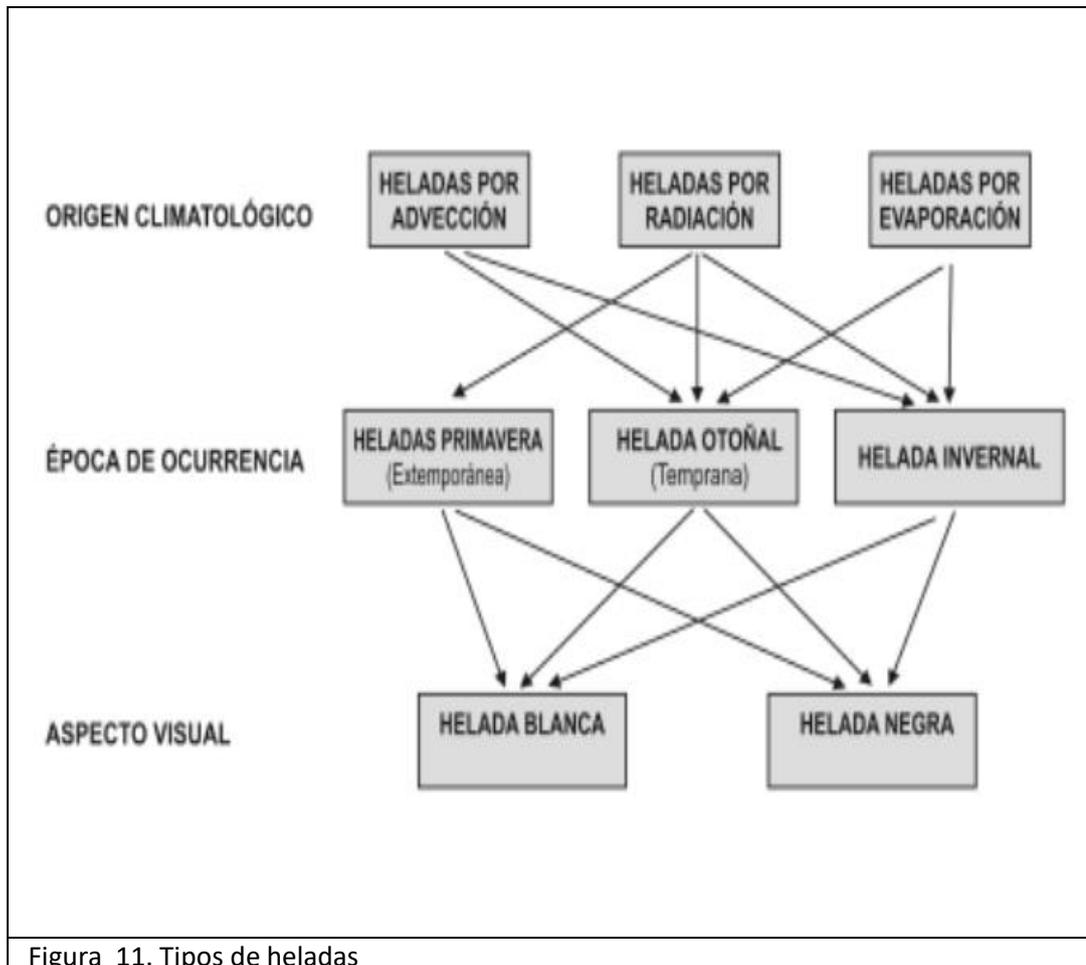


Figura 11. Tipos de heladas

Fuente (33)

a. Según su origen

1. Heladas de advección

Son originadas por la presencia de grandes masas de aire frío procedente de regiones polares. Su desplazamiento va creando distintas formas de tiempo atmosférico dependiendo el relieve terrestre. Las heladas de este tipo, se producen en las partes bajas de las montañas, tales como encañadas, valles y de consecuencias severas. Se presentan en cualquier hora del día, independiente del estado del cielo. Suele afectar zonas amplias, la lucha contra este tipo de heladas son ineficaces debido a la intensidad de los vientos (con velocidades superiores a los 15-20 kilómetros por hora) y a la naturaleza masiva del enfriamiento. Este tipo de helada se presenta en regiones tropicales y característico de latitudes medias (13).

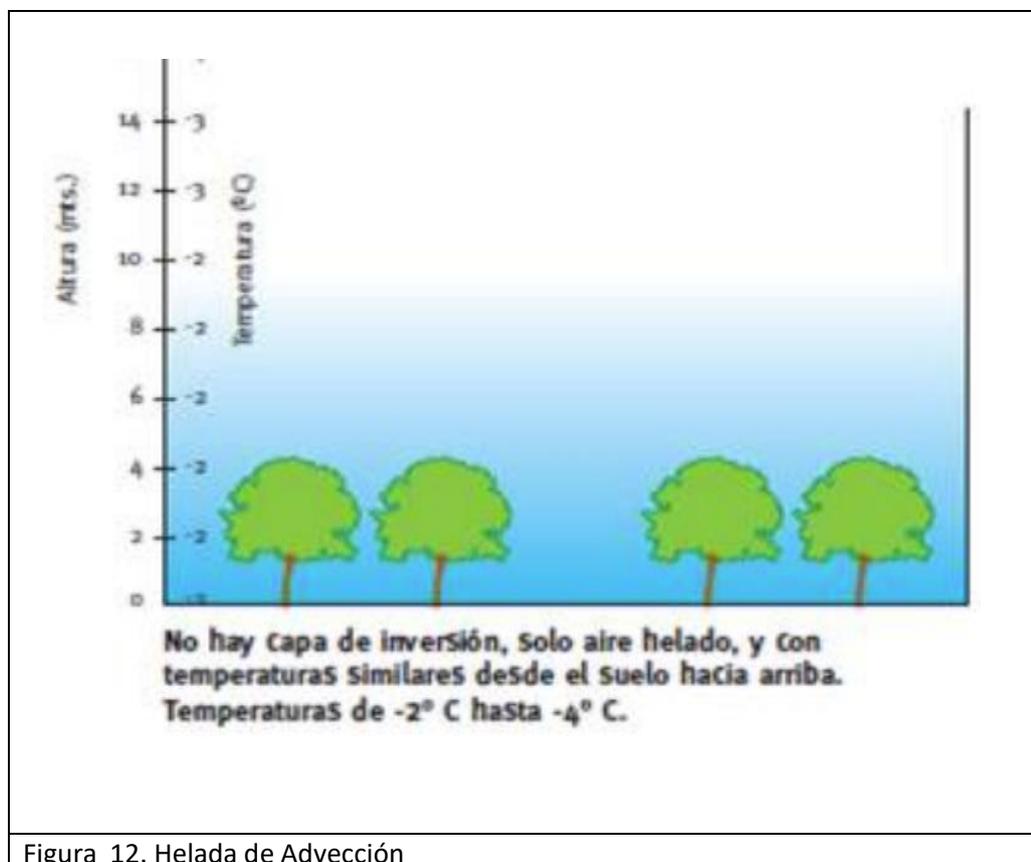


Figura 12. Helada de Advección

Fuente: (24)

## 2. Heladas de irradiación

Se presenta en noches claras y despejadas, cuando la radiación terrestre es emitida a la atmosfera por la ausencia de nubes y por la baja concentración de vapor de agua y también en ausencia de vientos y noches calmadas (30). La severidad de este tipo de helada varia con las condiciones generales de la atmósfera y depende de las condiciones locales, tales como topografía, vegetación, entre otros. Este tipo de heladas suelen predominar en latitudes medias y se presentan a finales de primavera y a principios de otoño, son las que producen mayores pérdidas en los cultivos. Sin embargo, también se presenta en verano, en zonas tropicales y subtropicales de mayor latitud. En este caso, la temperatura en la superficie se mantiene encima del punto de congelamiento; durante la noche, la perdida de energía de la superficie por emisión de la radiación de onda larga (Ley de Stefan-Boltmann) se acentúan,

provocando una disminución rápida de la temperatura del aire próximo a la superficie, resultando en lo que se denomina inversión térmica, es decir, la temperatura aumenta con la altura, en los primeros metros, en lugar de disminuir (13).

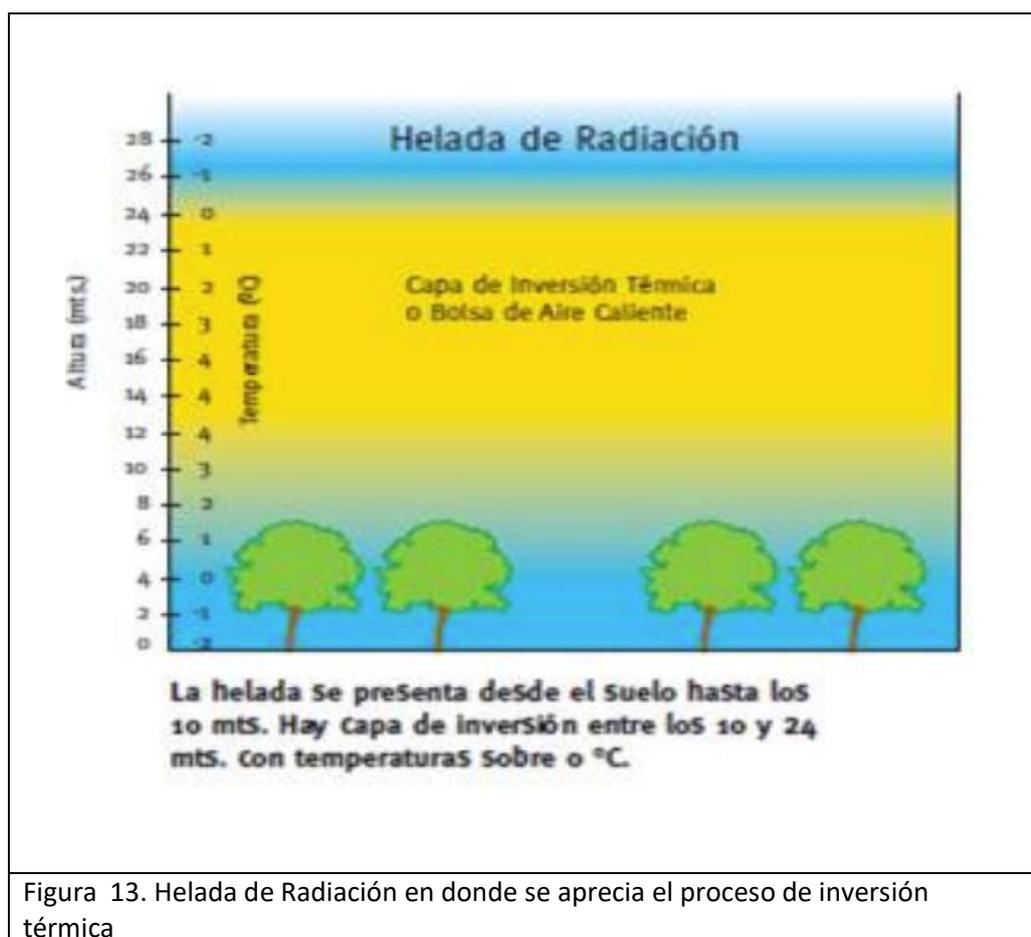


Figura 13. Helada de Radiación en donde se aprecia el proceso de inversión térmica

Fuente: (24)

### 3. Heladas de evaporación

Se produce al evaporarse el agua depositada sobre las plantas, con el consiguiente enfriamiento al ser absorbido del aire el calor latente necesario para la evaporación. Si después de una precipitación desciende la humedad relativa del aire, por el paso de aire frío, el agua que recubre los vegetales se evapora rápidamente. La intensidad de este tipo de helada depende de la

cantidad de agua que se evapora, de la temperatura del aire y de la humedad relativa (30).

b. Según la época de ocurrencia

1. Heladas primaverales

Llamadas también heladas tardías, este tipo son las más dañinas y afectan a las plantas de ciclo anual, durante su periodo más activo, es decir en estado de plántula cuando está emitiendo sus brotes iniciales o brotación de ramas con pocos días de crecimiento (13).

2. Heladas otoñales

También llamadas heladas tempranas, son perjudiciales para los cultivos porque pueden interrumpir el proceso de formación de botones de flores y la maduración de frutos. A estas heladas se les atribuye la reducción de la producción agrícola de una región. Se forman por las primeras masas de aire frío de origen polar sobre el continente sudamericano durante los meses de marzo y abril (13).

3. Heladas invernales

Se forman durante el invierno si las temperaturas disminuyen notablemente (13). Afecta sobre todo a los árboles de características perennes.

c. Según el aspecto visual

Por la apariencia de los cultivos expuestos a las bajas temperaturas del aire se tiene dos tipos de heladas: blanca y negra.

1. Helada negra

Ocurre en baja concentración de vapor de agua atmosférica (baja humedad) y una pérdida radiativa intensa, que genera el enfriamiento acentuado de la vegetación hasta alcanzar la temperatura letal. La baja humedad en el aire no permite la condensación ni la formación de hielo en la superficie de la planta. Los cultivos son dañados y al día siguiente las plantas presentan

coloración negruzca, por la congelación de la savia de las plantas o del agua de sus tejidos. Este tipo de helada causa daños severos en los cultivos.

## 2. Helada blanca

Después de varias noches de calma y despejadas, el césped y las plantas bajas presentan una cubierta blanca, constituidas por partículas de hielo de apariencia cristalina se le conoce como helada blanca. Se produce cuando un intenso enfriamiento nocturno produce condensación de vapor de agua y su congelamiento sobre las plantas. En ese caso, una concentración de vapor de agua en la atmosfera adyacente a la superficie es más elevada que una helada negra. Cuando se tiene más humedad, primero ocurre una condensación con liberación de calor latente, hecho que ayuda a reducir la caída de la temperatura. En consecuencia, una helada blanca es menos severa que la helada negra (13)

### 2.2.1.1.3 Parámetros que caracterizan una helada

Los parámetros que se utilizan para caracterizar las heladas según Burgos (1963) son mencionados en las líneas siguientes (34):

- a. Frecuencia, está dada por el número de veces que ha ocurrido el fenómeno en un periodo determinado (anual y mensual).
- b. Fechas medias de la primera y última helada, describe la distribución de las fechas medias a lo largo del período considerado.
- c. Fechas extremas de primera y última helada, la peligrosidad de las heladas para el productor agrícola es mayor cuanto más se adelanten o retrasan del periodo invernal, según se trate respectivamente de heladas otoñales o primaverales.
- d. Período medio con y sin heladas.
- e. Periodos extremos con y sin heladas
- f. Intensidad de las heladas
- g. Variabilidad de la primera y última helada, la ocurrencia de la primera o ultima helada no coincide año a año y tampoco sucede en la fecha calculada, por eso se supone la variabilidad; calculándose a través de la desviación estándar.
- h. Probabilidad de ocurrencia
- i. Época de ocurrencia

j. Índice de peligrosidad de las heladas (I.C.K)

*Periodo medio con heladas y periodo libre de heladas*

Los valores medios de las fechas de ocurrencia de la primera helada y última helada, y el periodo medio con y libre de heladas que proveen la idea de la peligrosidad de estas en las diferentes estaciones meteorológicas; debido a que mientras más temprano sea la fecha de ocurrencia de heladas en otoño y cuanto más tarde sea la ocurrencia de la helada en primavera, resultan más peligrosas para las plantas y es muy probable que se encuentren menos endurecidas y en estado fenológico de gran actividad vegetativa. El periodo medio con heladas es el periodo típico en que ocurren heladas (35), (28).

*Probabilidad de ocurrencia de primeras y últimas heladas*

La estimación de las fechas de ocurrencia de primeras y últimas heladas con diferentes niveles de probabilidad, es un recurso estadístico para planificar por ejemplo en las actividades agrícolas. Para la estimación se pueden usar dos métodos, el método empírico o de frecuencias acumuladas, que es el más exacto, o el método asumiendo una distribución normal tanto de las fechas de la primera y últimas heladas por separado; previamente la muestra debe ser ajustada a una curva normal o de Gauss realizando la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (35).

#### 2.2.1.1.4 Impacto de las heladas

Las zonas altoandinas de la sierra peruana, por su altitud y orografía están expuestas a los efectos de las heladas, pero no es el único factor, además, hay un alto índice de pobreza e inseguridad alimentaria. Por otro lado, su economía se sostiene en la crianza de animales y la agricultura de subsistencia, presentando en consecuencia alta vulnerabilidad a los fenómenos climáticos. Los principales impactos son: Pérdida en la agricultura, pérdida en el sector pecuario (ovinos y alpacas), deserción escolar y pérdida de vidas humanas (36).

##### a. Efectos en la salud

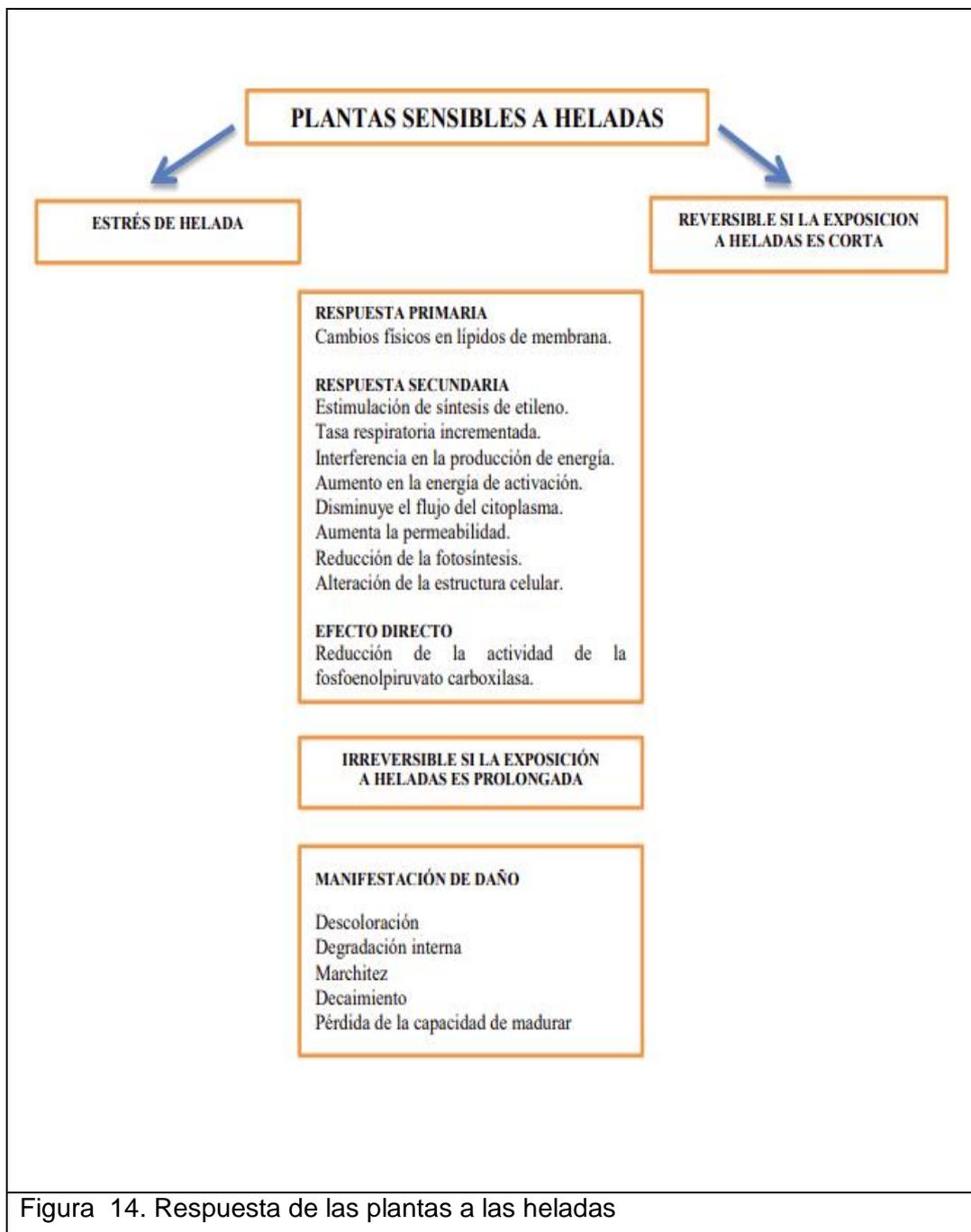
Los daños por las heladas, producen incrementos en las infecciones respiratorias (IRAS), congelamiento de la piel y además hipotermia. Por otro lado, puede provocar enfermedades de tipo circulatorio. Las IRAS son infecciones a las vías respiratorias que por lo común tienen un periodo de 15 días, que se complica en

algunos casos con neumonía. Las IRAS que suelen presentar son: rinofaringitis, faringoamigdalitis, laringitis, bronquitis, otitis media y neumonía (33).

El congelamiento, se presenta cuando una persona se expone de forma excesiva al frío, presentado entumecimiento, somnolencia, pérdida de la visión, tambaleo, aturdimiento o semiinconsciencia y hormigueos. Las extremidades del cuerpo son las más sensibles al congelamiento como la nariz, orejas, dedos. En el caso de la hipotermia la temperatura corporal está por debajo de 35°C, se empalidece y se seca la piel, además manifiesta síntomas de escalofríos, disminución de la respiración y del estado de conciencia (33)

#### b. Efecto en los cultivos

Las especies cultivadas son vulnerables al fenómeno de la helada, cuando la temperatura desciende hasta formar cristales en el interior de sus células. Sin embargo, el efecto va a depender del estado vegetativo en que se encuentre la planta y especie. Los efectos pueden ser internos, cuando ocasiona ruptura de la célula por el crecimiento de esta al formar cristales de hielo dentro del protoplasma; también se producen efectos externos como, por ejemplo, muerte de hojas y tallos tiernos, destrucción de flores y frutos pequeños, su resistencia depende de la etapa de desarrollo en que se encuentre la planta, siendo la germinación la etapa de mayor resistencia. Así mismo se tiene efectos inmediatos como la deshidratación y el rompimiento de la membrana (33).



Fuente: (37)

### 2.2.1.1.5 Distribución de las heladas

Las heladas en el Perú debido a la presencia del sistema montañoso de los Andes se presentan en 2 pisos ecológicos, este ámbito comprende la Zona Media alta que se encuentra entre los 3 500 a 4 000 msnm (piso Suni) y la Zona alta que se encuentra por encima de los 4 000 msnm (piso Puna) (figura 15). Las ciudades del piso Suni son: Puno, Juliaca, Huancavelica, Sicuani, La Oroya, Castrovirreyna, Espinar, Ilave. Y el piso Puna tenemos a Junín, Cerro de Pasco.

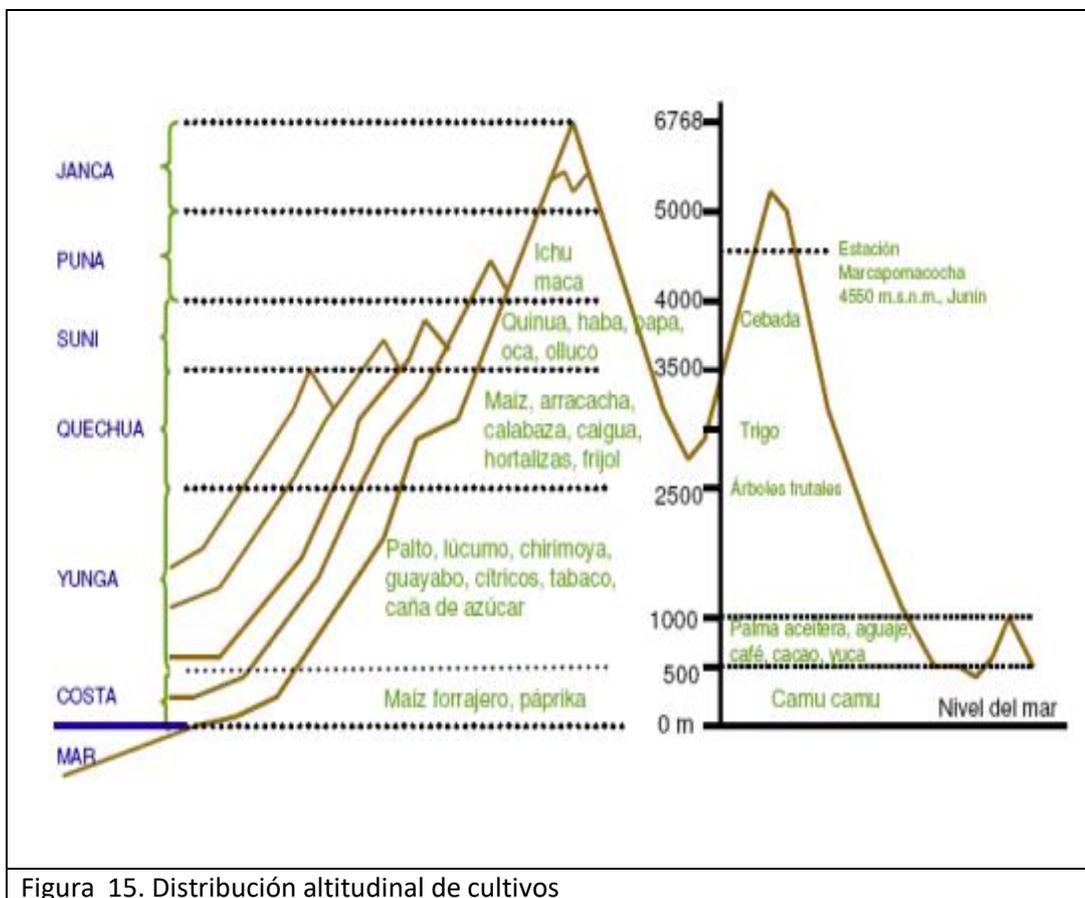


Figura 15. Distribución altitudinal de cultivos

Fuente: (36)

La producción agrícola es de subsistencia de la Zona alta y la Zona Media Alta, por otro lado, es importante señalar que los pobladores de esta zona también se dedican a la crianza de ovinos y camélidos sudamericanos (36).

### 2.2.1.2 Generalidades de la Región Huancavelica

a.

## b. Ubicación

La región de Huancavelica (figura 16) está ubicada en la sierra sur del país, denominado trapecio andino; tiene una superficie de 2221453.41 Ha, representa solo el 1.71% del territorio nacional. Se encuentra entre los paralelos 10°58' y 14°08' Latitud Sur y los meridianos 74°16' y 75°47' Longitud Oeste de Greenwich, entre los 1400 a 5328 msnm; su territorio es atravesado por la Cordillera de los Andes. Limita por el norte con Junín; al sur con Ayacucho e Ica; al este con Ayacucho y al oeste con Lima e Ica. La región Huancavelica cuenta con 7 provincias (Acobamba, Angaraes, Huaytará, Castrovirreyna, Churcampa, Huancavelica y Tayacaja), 100 distritos y 6702 centros poblados.



Figura 16. Mapa político de la región Huancavelica

Fuente: (38)

c. Ecosistemas de la región Huancavelica

b.1 Condiciones climáticas generales

El clima en la región Huancavelica presenta 15 tipos de clima (figura 17). El clima predominante es lluvioso y frío, las estaciones de otoño e invierno carece de lluvias. Por otro lado, las variaciones de la temperatura influyen en la vegetación natural y cultivada, llevando a establecer el patrón climático presentándose para este lugar 4 variantes generales o subtipos térmicos, denominados con las letras B (clima lluvioso), C (clima semiseco), D (clima semiárido) y E (clima árido) (39).

El clima situado a mayor altitud, es *lluvioso y semifrío con humedad en todas las estaciones del año* B(r)D', aquí nacen las importantes vertientes hídricas de la región. Este tipo de clima, están presentes en las partes más altas de las provincias de Castrovirreyna y Huaytará, en los distritos de Santa Ana, Pilpichaca y Huachocolpa (40).

El clima que se presenta con mayor extensión en esta región, es el *lluviosos y frío con deficiencia de humedad en otoño e invierno* B(o,i)C'; este abarca toda la parte central de la región incluyendo las provincias de Huancavelica, Acobamba, Angaraes, Castrovirreyna y Huaytará, sobre los 3200 msnm (40).

El segundo clima en extensión es el *clima semiseco y frío, con humedad deficiente en invierno* C(i)C', ubicado en la vertiente occidental andina de las provincias de Castrovirreyna y Huaytará. También se presentan otros climas con menor extensión en las mismas provincias, éstos son: *Clima semiárido y frío con humedad deficiente en invierno* D(i)C', también se tiene el *clima semiárido con deficiencias en humedad en invierno y primavera* D (i, p) B' y el *clima semiárido y frío con deficiencias de humedad en invierno y primavera* D (i, p) C'. Así mismo, se tiene el clima árido con deficiencias de humedad en todos los meses del año E(d)B', en las partes más altas de esta vertiente. Por otro lado, al oeste de la provincia de Castrovirreyna se presentan dos climas muy localizados, el lluvioso con deficiencias de humedad en invierno y frío B(i)C'; y el clima semiseco con deficiencias de humedad en invierno y templado C(i)B' (40).

En la vertiente oriental de la región Huancavelica, en las provincias de Tayacaja, Churcampa, Acobamba y Angaraes, siguiendo el curso del río Mantaro y de sus tributarios, predomina el *clima semiseco y templado con humedad en todas las estaciones del año C (r) B'*, también se encuentra el *clima semiseco y frío con deficiencias de humedad en otoño e invierno C (o, i) C'*. Al sur este de la provincia de Acobamba y al este de la provincia de Angaraes, el clima es semiárido y templado, con deficiencias de lluvias en invierno D(i)B'. Además se tiene en esta vertiente franjas climáticas muy pequeñas como el lluvioso con deficiencias de lluvias en invierno y templado B(i)B' al noreste de la provincia de Tayacaja y el clima lluvioso con otoño e invierno templado, deficientes en humedad B(o,i)B' en las provincias de Tayacaja y Churcampa (40).

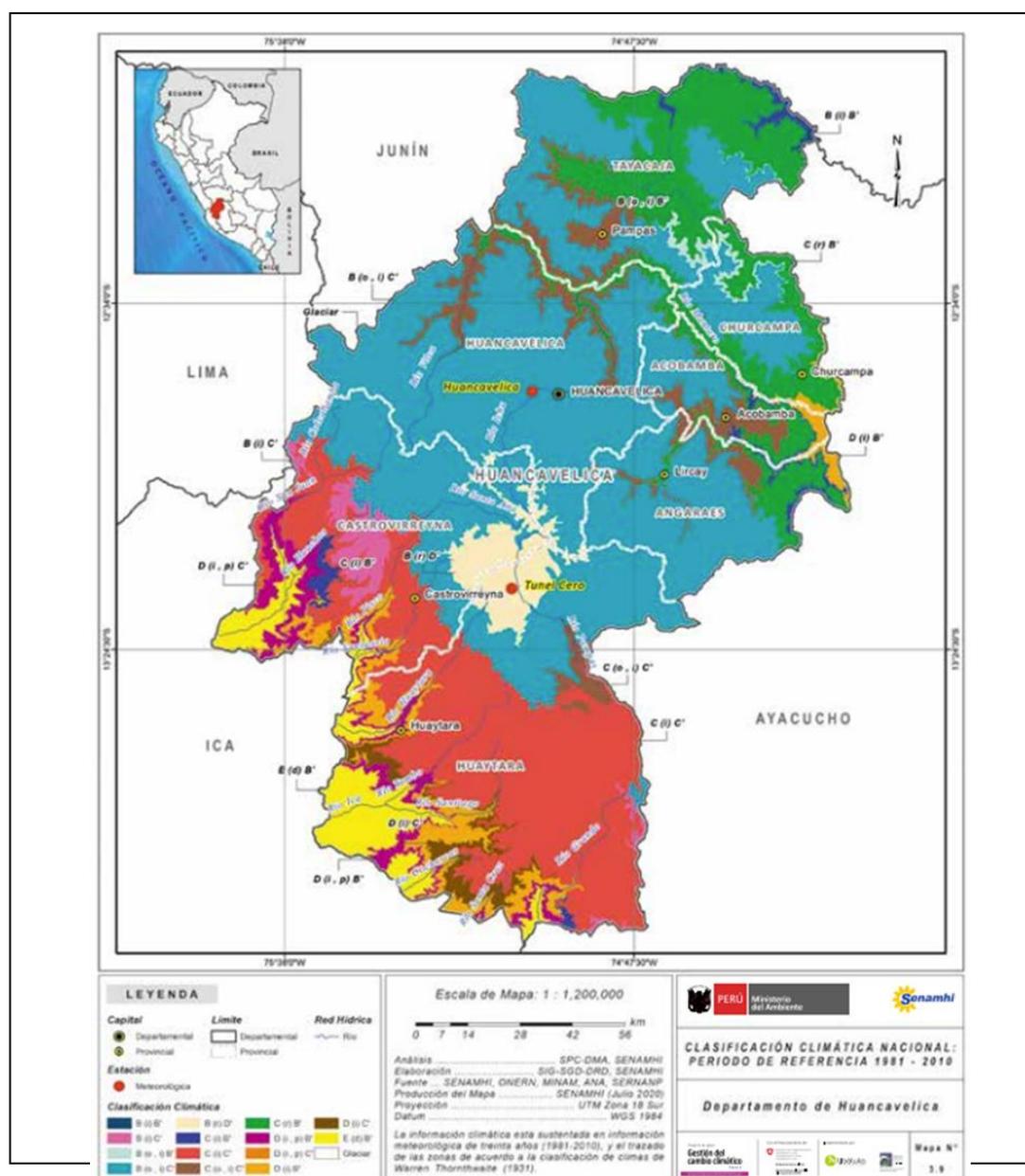


Figura 17. Mapa de clasificación climática de la Región Huancavelica
--

Fuente: (40)

### **b.2 Regiones naturales**

Un estudio para la provincia de Tayacaja señala que la mayor parte se encuentra en la región de la sierra, solo un pequeño sector del lado oriental corresponde a la zona conocida como “Ceja de Montaña”. Basado en las Ocho Regiones Ecológicas del Dr., Pulgar Vidal (1989), la provincia de Tayacaja tiene cinco sub regiones que se describen a continuación:

#### ***Punas y Paramo andino o Puna Alto Andina***

Estos espacios geográficos están situados sobre los 4000 metros de altitud, su clima es muy frío y la vegetación es típica de alta montaña. En la provincia de Tayacaja se extiende de la mitad de la cordillera occidental en forma de una faja de 15 a 20 km, de ancho; Estos espacios geográficos están localizados en las alturas de los distritos de Acostambo, Acraquia, Ahuaycha, Pampas, Colcabamba, Ñahuinpuquio, Huaribamba, San Marcos de Rocchac, Surcubamba y Tintay. Ámbito adecuado para el desarrollo de especies vegetales como las gramíneas, plantas almohadillas, árboles bajos y nativos como el ichu (41).

#### ***Cuencas y Valles Altos, húmedo, Suni o Jalca “Paramo”***

Esta subregión climática representa la transición entre las punas y los valles andinos que se presenta a alturas medias. En la provincia de Tayacaja se extienden en forma de franjas a ambas laderas del valle del Mantaro; entre Izcuchaca y Chihuanhuay, en la ladera derecha del mismo valle, en el sector sur oriental de la provincia entre el distrito de Acostambo e Izcuchaca (provincia de Huancavelica) (41).

#### ***Cuencas y Valles andinos a mediana altura subhúmedo y semi árido o Región Quechua***

Abarca altitudes comprendidas entre los 2300 a 3500 msnm, los terrenos que abarca esta sub región, se extienden longitudinalmente en los flancos del Valle del Mantaro, y algunos tributarios en los distritos de Pampas y Colcabamba (41).

#### ***Vertiente y Valles Andinos bajos, subhúmedos o semiáridos o Yunga***

En la Provincia de Tayacaja, corresponde a los terrenos bajos del Valle del Mantaro, se hallan en el centro Oriental de la provincia (entre las jurisdicciones de los distritos de Surcubamba, Salcabamba, Huachocolpa y Tintay), abarca altitudes comprendidas entre los 1000 a 2300 msnm (41).

### **Región de la Ceja de Montaña**

Esta región se extiende en el sector Nororiental de la provincia que comprende los ámbitos territoriales localizados por debajo de los 3000 msnm. Los distritos que se encuentran son: Salcabamba, Huaribamba, Marabamba, Curibamba, Misquipata, Salcahuasi, etc., (41).

Por otro lado, en la región Huancavelica también se observa 5 regiones naturales (figura 18).

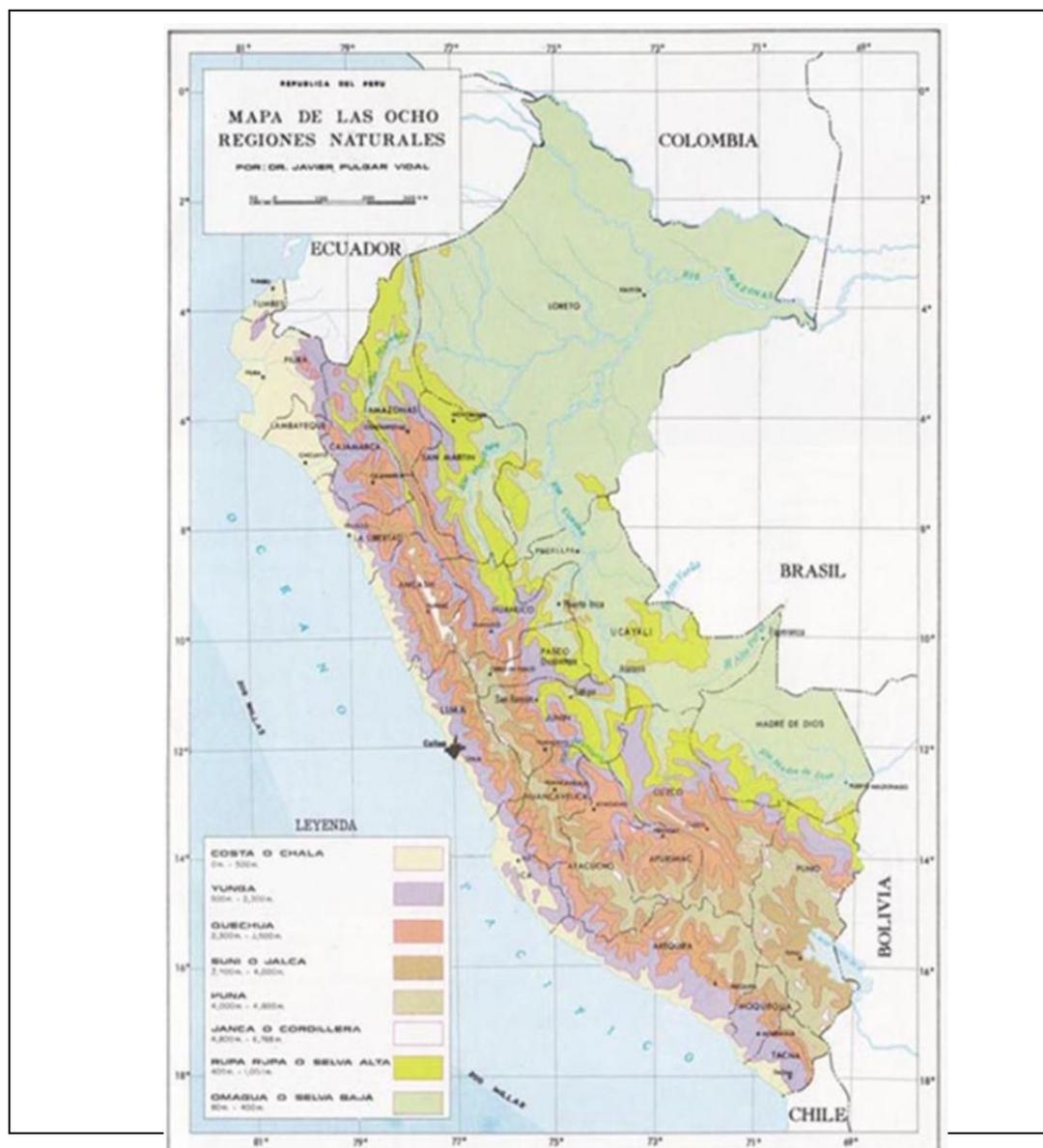


Figura 18. Mapa de las Ocho Regiones Naturales del Perú

Fuente: (42)

### b.3 Ecorregiones

Una ecorregión es un área geográfica que se caracteriza por condiciones bastantes homogéneas en referencia al clima, suelos, hidrología, la flora y la fauna, tiene la ventaja que se delimita geográficamente, fue propuesta por Antonio Brack Egg y Cecilia Mendiola Vargas, según estos criterios, el Perú tiene 11 ecorregiones de las cuales 3 se han determinado en la región Huancavelica (serranía esteparia, puna, selva alta) como se muestra en la figura 19.

*Serranía esteparia*, se extiende a lo largo del flanco occidental andino entre los 1000 y 3800 msnm en promedio.

*Puna*, y los *altos Andes*. Se extiende encima de los 3500 a 3800 msnm

*Selva alta*. Se extiende también por todo el flanco oriental andino



Figura 19. Mapa de las 11 Ecorregiones del Perú

b.3 Zonas de vida

El departamento de Huancavelica está comprendido entre los 1000 msnm y los 5000 msnm. Abarca parte de la vertiente occidental y oriental de la cordillera de los Andes. En base a la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge, se identificó 17 unidades bioclimáticas de primer orden, llamadas zonas de vida o formaciones ecológicas y 3 ecotonos o zonas transicionales

Tabla 7. Zonas de vida de la región Huancavelica

UNIDAD (SIMBOLO)	DENOMINACIÓN	ALTITUD APROXIMADA	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS
dp-S	Desierto per árido-Subtropical	Menor a 1500	- Clima muy árido y semi cálido. - Precipitación total anual entre 70 a 130 mm - Biotemperatura anual oscila entre 19°C a 22°C.
md-S	Matorral desértico-Subtropical	Entre 1500 a 1900	- Clima árido y semi cálido. - Precipitación anual varía entre 130 a 200 mm - Biotemperatura anual entre 17°C y 19°C
md-MBS	Matorral desértico-Montano bajo Subtropical	Entre 1900 a 2500	- Clima árido y templado cálido. - Precipitación total anual entre 200 a 250 mm - Biotemperatura anual entre 15°C y 17°C. - Predominio de laderas de montaña accidentadas.
ee-MBS	Estepa espinosa-Montano bajo Subtropical	Entre 2200 y 3200	- Clima seco y templado frío - Precipitación total anual entre 250 a 500 mm - Biotemperatura media anual entre 12°C y 15°C. - Incremento de relieve suave.
e-MT e-MS	Estepa-Montano Tropical a Estepa-Montano Subtropical	Entre 3000 y 3400	- Clima sub húmedo y semi frío - Precipitación total anual entre 350 a 500 mm - Biotemperatura media anual entre 10°C y 12°C - Topografía accidentada.
bh-MT/bh-MS	Bosque húmedo-Montano Tropical a Bosque húmedo - Montano Subtropical	3300 a 4000	- Clima húmedo y semi frío - Precipitación total anual varía entre 600 a 800 mm - Biotemperatura media anual entre 6°C a 10°C - Topografía accidentada.
me-S	Monte espinoso-Subtropical	1900 a 2300	- Clima semiárido y semi cálido. - Precipitación total anual entre 400 y 500 mm. - Biotemperatura media anual entre 17°C a 20°C.
bs-PMT	Bosque seco Pre Montano Tropical	Menor a 2000	- Clima húmedo y sub cálido.

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Precipitación anual variable entre 500-1000 mm.</li> <li>- Biotemperatura media anual entre 17°C a 22°C.</li> <li>- Topografía accidentada.</li> </ul>
bs-MBT	Bosque seco Montano bajo Tropical	2000 a 3000	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clima húmedo templado frío.</li> <li>- Precipitación anual entre 1000 a 2000 mm.</li> <li>- Biotemperatura media anual entre 6°C a 12°C.</li> <li>- Topografía con pendientes mayores a 50%.</li> </ul>
bs-MBT/bh-MBT	Bosque seco-Montano Bajo Tropical transicional a bosque húmedo-Montano Bajo Tropical	3000 a 3200	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecosistema transicional con tendencia a húmedo.</li> <li>- Precipitación total anual entre 800 a 1000 mm</li> <li>- Biotemperatura media anual entre 12°C a 13°C</li> </ul>
bs-MBS	Bosque seco Montano bajo Sub Tropical	2800 a 3200	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clima semi árido.</li> <li>- Precipitación anual entre 400 a 500 mm.</li> <li>- Biotemperatura media anual entre 12°C a 15°C.</li> <li>- Topografía entre fuerte a suave.</li> </ul>
bh-MBT	Bosque húmedo-Montano Bajo Tropical	2000 a 3000	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clima húmedo y templado frío</li> <li>- Precipitación total anual entre 1000 a 2000 mm</li> <li>- Biotemperatura media anual entre 12°C a 17°C.</li> </ul>
bmh-MT	Bosque muy húmedo-Montano Tropical	2500 a 3000	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clima muy húmedo y templado frío</li> <li>- Precipitación total anual entre 2000 a 3000 mm</li> <li>- Biotemperatura entre 12°C a 15°C.</li> <li>- Topografía accidentada</li> </ul>
bp-MT	Bosque Pluvial Montano Tropical	3000 a 3800	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clima súper húmedo y semi frío</li> <li>- Precipitación entre 2000 a 3000 mm.</li> <li>- Biotemperatura entre 6°C a 12°C.</li> </ul>
pp-Sat	Páramo Pluvial Sub alpino Tropical	Mayor a 3800	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clima súper húmedo y frío.</li> <li>- Precipitación anual entre 1000 a 2000 mm</li> <li>- Biotemperatura media anual entre 3°C a 6°C.</li> </ul>
pH-SAT	Páramo Húmedo Sub Alpino Sub Tropical	3900 a 4200	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clima húmedo y frío</li> <li>- Precipitación anual entre 500 a 600 mm.</li> <li>- Biotemperatura media anual entre 3°C a 6°C con ocurrencia diaria de temperaturas de congelación.</li> <li>- Topografía poco accidentada.</li> </ul>
pmh-ST	Páramo muy húmedo Sub Alpino Tropical	3900 a 4500	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clima muy húmedo y frío.</li> <li>- Precipitación media anual entre 700 a 800 mm</li> <li>- Biotemperatura media anual ente 3°C y 6°C</li> </ul>
tp-AT	Tundra pluvial-Alpino Tropical	4500 a 5000	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clima muy húmedo y frígido</li> <li>- Precipitación total anual entre 500 a 1000 mm</li> <li>- Biotemperatura media anual entre 1.5°C a 3°C</li> <li>- Topografía accidentada.</li> </ul>
bmh-MBS	Bosque muy Húmedo Montano Bajo sub Tropical	3000 a 3200	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clima húmedo templado frío.</li> <li>- Precipitación anual entre 2000 a 3000 mm.</li> <li>- Biotemperatura entre 12°C a 15°C.</li> <li>- Topografía poco accidentada.</li> </ul>

n-S	Nival-subtropical	Sobre los 5000 msnm	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clima nival</li> <li>- Precipitación promedio anual alrededor de 800 mm</li> <li>- Biotemperatura media anual por debajo de 1.5°C</li> <li>- Topografía abrupta</li> </ul>
-----	-------------------	---------------------	---

Fuente: (43) (44) (45)

#### b.4 Régimen de la Temperatura

La distribución de la temperatura del aire se muestra en la figura 20, en ella se puede apreciar la variación anual de las temperaturas máximas, mínima y media decadal del promedio de las estaciones meteorológicas en la región Huancavelica. Debido a la diferencia de altitud y latitud, existen grandes variaciones a lo largo del año. En las estaciones ubicadas al norte, noreste y este de esta región, la temperatura muestra mayor regularidad durante todo el año. Mientras que las estaciones ubicadas al sur, y sur este, la distribución de la temperatura es muy variada, observándose claramente las estaciones fría y cálida. Así mismo se puede observar la disminución de las temperaturas durante los meses de invierno, indicando la ocurrencia de heladas.

La temperatura media anual fluctúa entre 1.5°C (en la zona de vida Nival-Subtropical) a 22°C (en la zona de vida desierto per árido-Subtropical) en la región Huancavelica. Las temperaturas medias más altas se presentan en primera década del mes de diciembre y la primera década de febrero; mientras que las temperaturas medias más bajas son registradas entre la tercera década del mes de junio a la tercera década del mes de julio. Así mismo, los promedios más altos de la temperatura mínima se presentan entre la tercera década de noviembre y la segunda década de marzo, y los valores más bajos durante los meses de invierno, es decir, segunda década de junio y primera década del mes agosto.

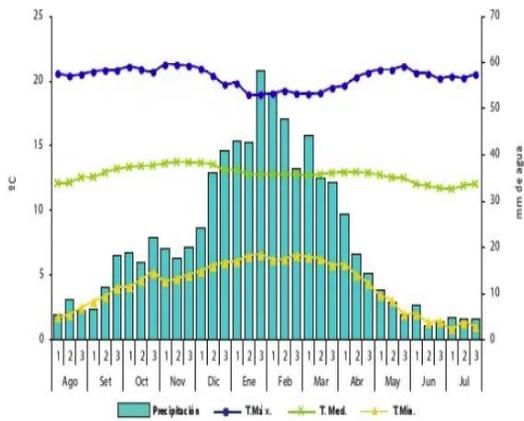
#### b.5 Régimen de la precipitación

La distribución de la precipitación en la región Huancavelica, es típica de regiones subtropicales (unimodal), las máximas precipitaciones se presentan en los meses de noviembre a marzo y precipitaciones escasas entre mayo a setiembre; ya que, claramente se destacan dos periodos: Uno lluvioso y otro invernal con escasas precipitaciones.

### Estación Lircay

(1981-2010)

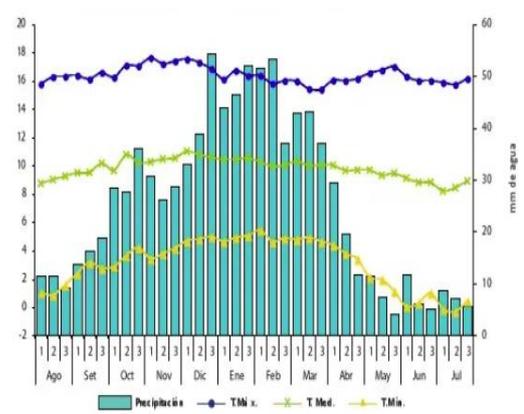
Altitud: 3303 msnm



### Estación Huancalpi

(2001-2010)

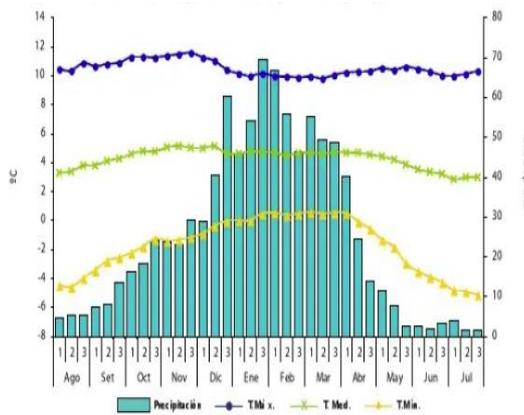
Altitud: 3846 msnm



### Estación Túnel Cero

(1981-2010)

Altitud: 4512 msnm



### Estación Acostambo

(1989-2010)

Altitud: 3603 msnm

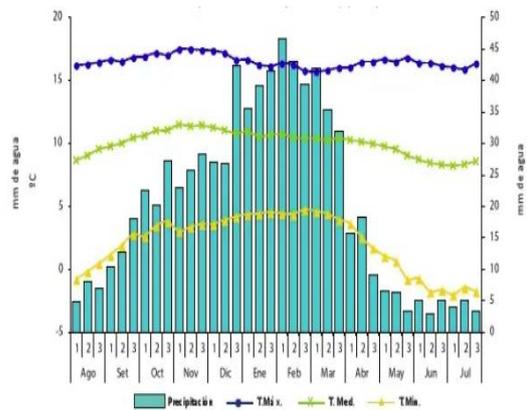


Figura 20. Distribución temporal de las temperaturas y precipitaciones mensuales en la Región Huancavelica

Fuente: (46)

### 2.3 Definición de términos básicos

**Altitud**, está referido a la distancia vertical en referencia a nivel medio del mar.

**Calor latente**, cantidad de energía liberada o absorbida por un cuerpo que cambia de estado. En meteorología, los cambios importantes se refieren al agua, de la que se libera energía al aire, ambiente en la transformación de vapor a líquido y después a sólido, siendo absorbida del aire en los cambios en sentido inverso (47)

**Caseta meteorológica**, llamado también abrigo meteorológico, es una estructura con persianas para proteger a ciertos instrumentos y al mismo tiempo dar una ventilación adecuada. Utilizado principalmente para los termómetros seco, mojado, de máxima y de mínima.

**Radiactivo**, está referido a los factores que cambian el equilibrio entre la radiación solar que ingresa y la radiación infrarroja que sale dentro de la atmosfera terrestre. Por otro lado, el equilibrio de este controla la temperatura de la superficie terrestre (48).

**Radiación**, Energía emitida o transferida en forma de ondas o partículas electromagnéticas. Esta radiación posee características según su longitud. La radiación solar son de ondas cortas llamadas ultravioleta, mientras que la energía irradiada de vuelta, es decir desde la superficie de la tierra a la atmosfera es de onda larga llamada infrarroja (49).

**Radiación incidente**, está referida a la radiación global, radiación solar, directa y difusa, que llega a una superficie receptora horizontal desde un ángulo de  $2\pi$  Esteradianes.

**Temperatura absoluta**, desde el punto de vista de la meteorología, está referido al valor máximo o mínimo registrado en una estación (50).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Método y alcances de la investigación

##### 3.1.1 Método de la investigación

###### A. Método general o teórico de la investigación

El método utilizado para el desarrollo de la investigación fue el **hipotético-deductivo**; este consiste en la elaboración de hipótesis a partir de dos premisas, una universal y otra empírica, para luego ser contrastada; así mismo se parte de lo general para llegar a lo particular. Este método tiene como objetivo comprender y explicar el fenómeno (51)

###### B. Método específico de la investigación

###### B.1 Desarrollo de la base de datos

Los datos de la variable temperatura mínima diaria, provinieron de la lectura directa de los instrumentos de las estaciones meteorológicas convencionales de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero de la región de Huancavelica. La información generada se encuentra en el Banco Nacional de datos del SENAMHI <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cusco&p=estaciones> de donde se descargó en hojas EXCEL para su respectivo análisis.

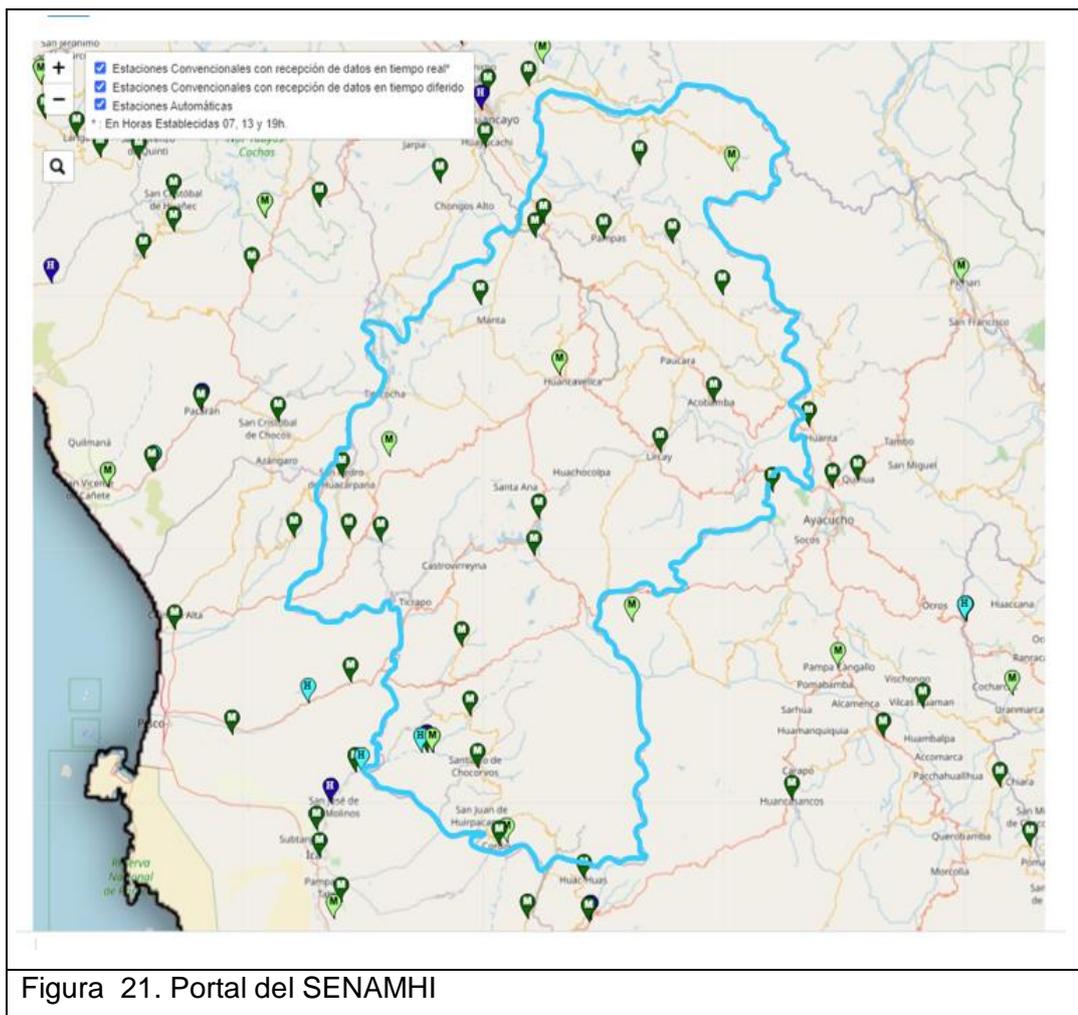


Figura 21. Portal del SENAMHI

Fuente: Elaboración propia

## B.2 Control de datos

Para tener una base de datos confiables, se realizó previamente el control de los datos, ya sea por mala recolección, por mala lectura de parte del observador, mala digitación o por falta de calibración de equipo y además datos faltantes. El procedimiento consistió en el análisis de los datos de las estaciones meteorológicas convencionales de Acostambo, Huancaalpi, Lircay y Túnel Cerro de los periodos señalado en la tabla 7.

Los pasos fueron los siguientes:

- a. Controles generales, en esta etapa se controló las fechas duplicadas, frecuencia con la que se registran los valores decimales en el caso de temperatura solo deben tener un solo decimal.
- b. Controles de rango fijo, se verifico que exista valores realistas, esto significa que la temperatura máxima diaria no debe sobrepasar el

récord mundial, si observamos 99°C, es posible que este corresponda a un código de valor faltante, el cual no se ha definido como tal.

- c. Control de rango variable, para ello se ajustó los datos de temperatura mínima a un ciclo anual.
- d. Controles de continuidad temporal, para detectar la presencia de valores inusuales en la serie de datos en relación con el día anterior y posterior, el test suele ser, marcado como dato sospechoso.
- e. Controles de consistencia entre variables; por ejemplo, la temperatura mínima debe ser menor que la temperatura máxima.

Para la evaluación del control de calidad se realizó con el lenguaje R (R Core Team, 2013).

- f. Heladas meteorológicas, desde el punto de vista meteorológico se considera cuando el descenso de la temperatura es igual o inferior a cero grados Celsius, medido en el abrigo meteorológico. La investigación centró su análisis en este tipo de helada.

Tabla 8. Periodo de datos de la temperatura mínima diaria según la estación meteorológica convencional

Estación convencional	Periodo	Número de años
Acostambo	1989 – 2019	31
Huancalpi	2003 – 2019	23
Lircay	1989 – 2019	31
Túnel Cero	1989- 2019	31

Fuente: Elaboración propia

### B.3 Cálculo de parámetros de las heladas

Se utilizó el Software INSTAT de la Universidad de Reading, Inglaterra, versión 3.36. Para caracterizar se siguieron los siguientes procedimientos:

- a. Frecuencia, número de veces que ocurrió la helada, en un periodo anual y mensual. Para el umbral térmico de 0°C, la frecuencia se

obtuvo del promedio de heladas producidas en cada mes para la serie histórica.

- b. Fechas medias de la primera y última helada, para ello se enumeraron los días del año del 1 a 365 y para años bisiestos del 1 a 366, se calculó para cada año y el promedio de la primera y última helada.
- c. Periodo medio libre de heladas, se calculó a partir del día posterior a la última helada del año y finaliza el día anterior a la primera helada del año siguiente.

$$PLH = (365-UHt) + PHt + 1 - 1$$

Donde:

PLH = Periodo libre de heladas

UHt = Fecha de ocurrencia (en día juliano) de la última helada ocurrida en el año t

PHt+1= Fecha de ocurrencia de la primera helada en el año t+1

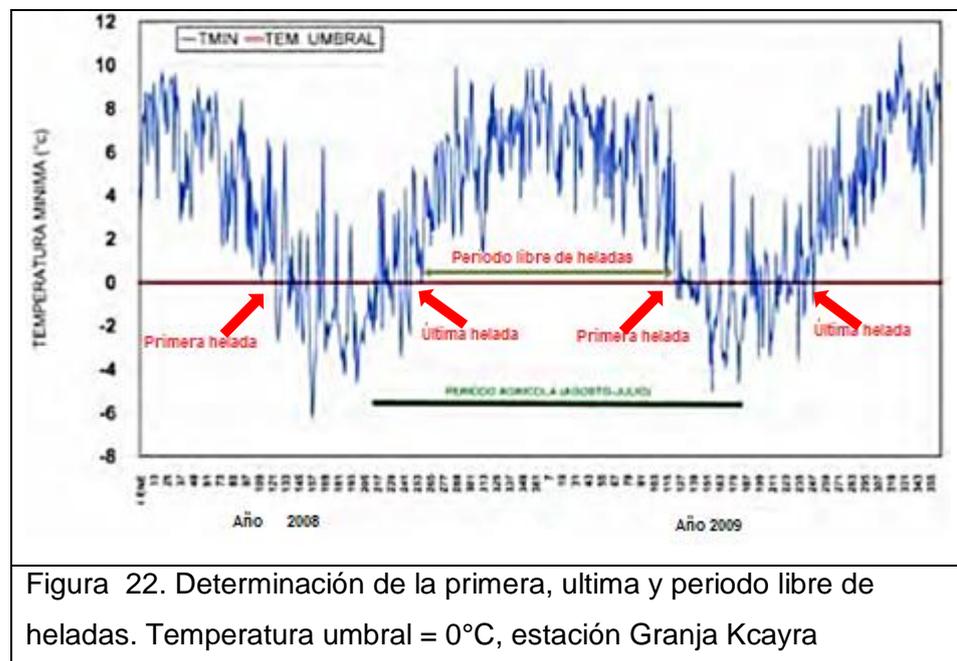


Figura 22. Determinación de la primera, última y periodo libre de heladas. Temperatura umbral = 0°C, estación Granja Kcayra

Fuente: (52)

Con los datos de la primera (PH) y última helada (UH) se pudo obtener el promedio de cada una para la serie de datos; de igual forma se procedió para el PLH. Así mismo, los años que no se

registraron heladas se tomaron como 365 o 366 PLH de acuerdo a lo mencionado por Pereyra et al., 1990. Las series de FPH y FUH se ajustaron a una función de distribución teórica.

d. Severidad,

Varía de acuerdo a las condiciones de la atmósfera y las condiciones locales como vegetación, topografía etc. Existen también algunos factores de escala regional o geográfica que van a influir en la severidad de las heladas como la Latitud y Altitud: a mayor latitud y altitud mayor episodios de heladas; así mismo la presencia de lagos que tienen alto poder calórico, tiene efecto moderador en las variaciones de temperatura, al igual que en el interior del continente, la variación de la temperatura es mayor entre el día y la noche.

La región Huancavelica posee una topografía montañosa, el cual juega un papel importante, un terreno plano está sujeto al estancamiento del aire frío, favoreciendo la helada, así mismo, zonas con exposición al sur reciben menos energía solar durante la estación de invierno, por lo tanto, son más frías y están más sujetas a los efectos de los vientos predominantes del SE (fríos), mientras que las zonas expuestas hacia el norte son más calientes (54). La severidad fue evaluada de acuerdo con la tabla 8, propuesta por Da Motta (1961), quien hace una clasificación de la helada por la temperatura mínima de aire alcanzada. Para la determinación de la intensidad se determinó el valor en grados centígrados para la fecha media de la PH y UH, así mismo se tomó la temperatura mínima absoluta que alcanzo el fenómeno de la serie de años analizados, registradas en el abrigo meteorológicos a 1,5 m de altura.

Tabla 9. Severidad de las heladas meteorológicas (Da Motta, 1961)

HELADAS	INTERVALO DE TEMPERATURAS
Muy severas	> - 10
Severas	-8°C a -9.9°C
Muy fuertes	-6°C a -7.9°C
Fuertes	-4°C a -5.9°C
Moderadas	-2°C a -3.9°C
Suaves	0°C a -1.9°C

Fuente: (5)

### 3.1.2 Alcances de la investigación

#### A) Tipo de investigación

La investigación es *aplicada*, porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros (55)

#### B) Nivel de investigación

El nivel del estudio de la investigación es *descriptivo*; los estudios descriptivos buscan especificar propiedades, caracterizar rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Así mismo describe tendencias de un grupo o población (56).

## 3.2 Diseño de la Investigación

### 3.2.1 Tipo de diseño de investigación.

Es no experimental, longitudinal panel; los estudios no experimentales se realizan sin la manipulación deliberada de variables, se observan los fenómenos en su ambiente natural para después ser analizados, así mismo, es panel longitudinal, porque la muestra es evaluada a través del tiempo.

## 3.3 Población y muestra

### 3.3.1 Población

La población está conformada por las temperaturas mínimas registradas en las estaciones meteorológicas de la Región Huancavelica.

### 3.3.2 Muestra

La muestra fue no probabilista o dirigida, la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación (56). Para la investigación, las estaciones fueron seleccionadas por su altitud y por la cantidad de series históricas (mayor a 10 años de registro) de datos diarios de la temperatura mínima de las estaciones meteorológicas convencionales que cumplieran con los requisitos arriba mencionados de la Región Huancavelica, su ubicación se muestra en la (figura 23) y la (Tabla 10).

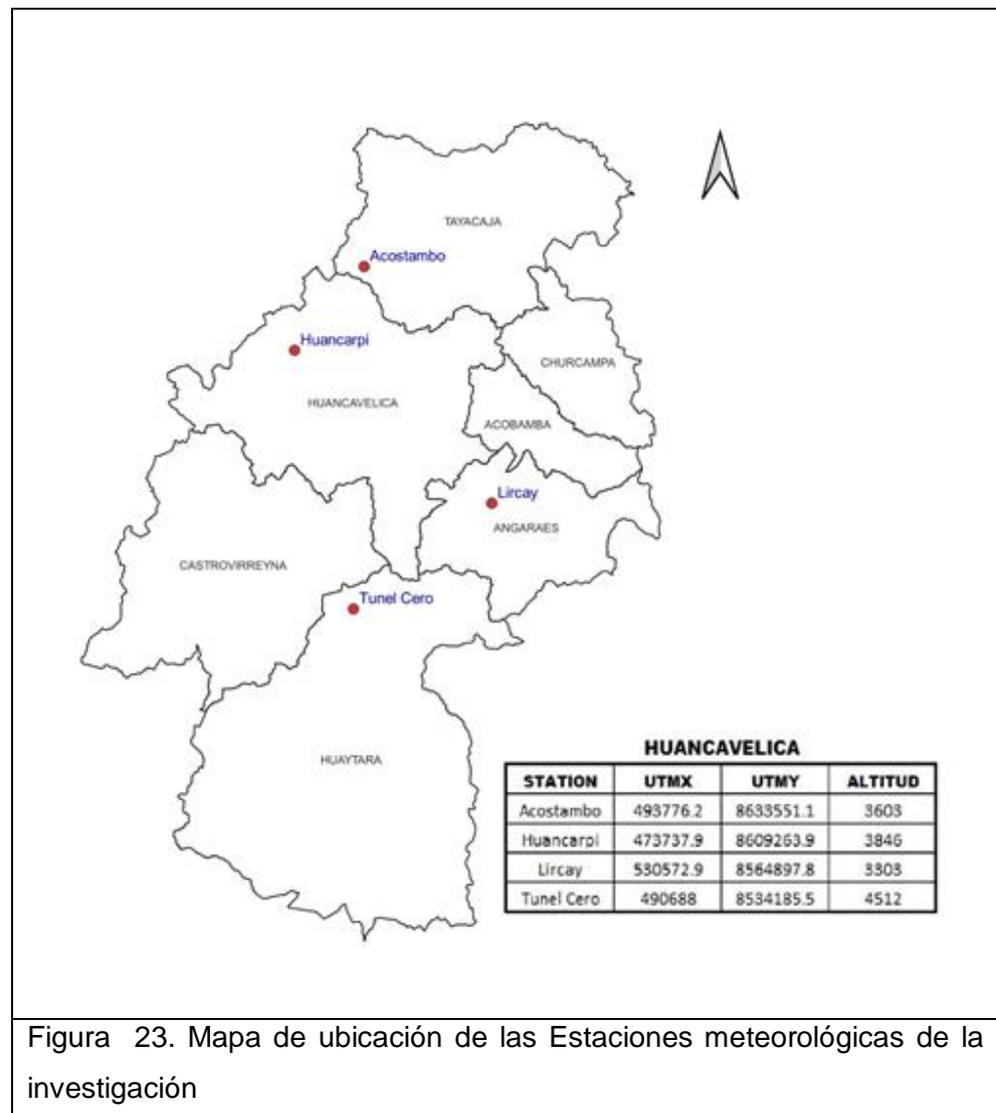


Tabla 10. Ubicación de las estaciones meteorológicas de la investigación.

ESTACION	DISTRITO	PROVINCIA	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	ALTITUD (msnm)	AÑO INICIAL	AÑO FINAL
Huancalpi	Vilca	Huancavelica	12°34'49.1"	75°14'30.4"	3846	2003	2019
Acostambo	Acostambo	Tayacaja	12°21'38.3"	75°3'26.1"	3603	1989	2019
Lircay	Lircay	Angaraes	12°58'53.25"	74°43'5.13"	3303	1989	2019
Túnel Cero	Pilpichaca	Huaytará	13°15'33.54"	75°5'9.46"	4512	1989	2019

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La investigación utilizó la técnica *análisis documental*, esta técnica utiliza un conjunto de operaciones intelectuales, para describir y representar los documentos en forma unificada y sistemática. Comprende el procesamiento analítico sintético, porque la información es estudiada, interpretada y sintetizada minuciosamente para dar lugar a un nuevo documento que lo representa de modo abreviado pero preciso (57). La investigación utilizó los datos provenientes de la base de datos del portal del SENAMHI, el instrumento utilizado, fue las tablas de Excel que se preparó para los datos de temperatura mínima diaria de las cuatro estaciones meteorológicas.

### 3.5 Técnicas utilizadas en el procesamiento de la información

Se entiende por el procesamiento de datos a la utilización de técnicas eléctricas, electrónicas o mecánicas usadas para manipular datos. En la investigación se utilizó el software Excel para el control de la base de datos, organización y determinación de los parámetros de heladas, así como también el software INSTAT de la Universidad de Reading, Inglaterra, versión 3.36.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

##### 4.1.1 Frecuencia mensual y anual de las heladas en las 4 estaciones meteorológicas

Tabla 11. Frecuencia media mensual de las heladas

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
ACOSTAMBO	0.77	0.74	0.81	4.61	15.87	21.97	22.90	18.03	8.42	403	3.16	2.55
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	±1.18	±1.41	±2.01	±5.49	±5.83	±5.74	±4.13	±4.99	±5.26	±3.58	±3.67	±3.45
HUANCALPI	0.41	0.00	0.00	1.35	4.88	13.18	18.71	10.53	1.59	0.65	1.18	0.18
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	±1.23	±0.00	±0.00	±2.55	±3.87	±5.82	±5.27	±7.12	±2.60	±0.86	±3.40	±0.73
LIRCAY	0.32	0.16	0.06	0.10	3.10	5.84	9.10	5.52	1.32	0.45	0.23	0.13
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	±1.62	±0.73	±0.36	±0.40	±5.17	±7.88	±6.79	±6.04	±2.74	±1.52	±0.80	±0.72
TÚNEL CERO	12.68	8.65	9.97	15.32	26.90	28.87	30.74	30.23	27.32	23.39	21.32	16.71
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	±6.94	±6.65	±7.33	±6.81	±4.46	±1.98	±0.58	±1.67	±4.80	±8.02	±7.27	±6.9

La tabla 11 muestra la frecuencia media mensual de heladas, notándose claramente que estas se incrementan en el invierno para las estaciones analizadas.

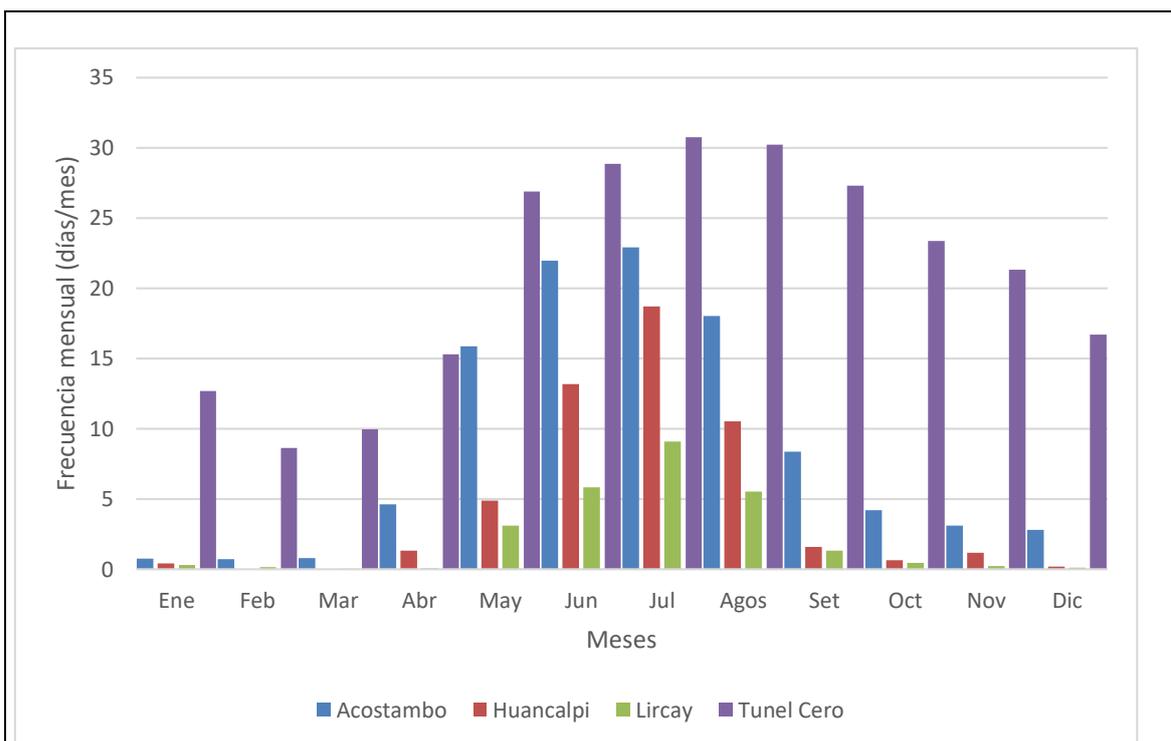


Figura 24. Frecuencia media mensual de heladas meteorológicas de las estaciones de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero

En la figura 24 de la frecuencia media mensual destaca con el número de heladas la estación meteorológica de Túnel Cero, seguido por Acostambo, Huancalpi y al final se encuentra Lircay. Se observa también la presencia de heladas en todo el año para la estación Túnel Cero.

Tabla 12. Frecuencia media anual de las heladas

ESTACIÓN	ALTITUD (msnm)	PERIODO (años)	FRECUENCIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
ACOSTAMBO	3603	1989 - 2019	104	±25.35
HUANCALPI	3846	2003 - 2019	52.65	±17.33
LIRCAY	3303	1989 - 2019	26.32	±29.34
TÚNEL CERO	4512	1989 - 2019	252	±41.51

La tabla 12, muestra la frecuencia media anual de heladas. Túnel Cero presenta el mayor número de heladas, en segundo lugar, se encuentra Acostambo, seguido por Huancalpi y luego la estación de Lircay.

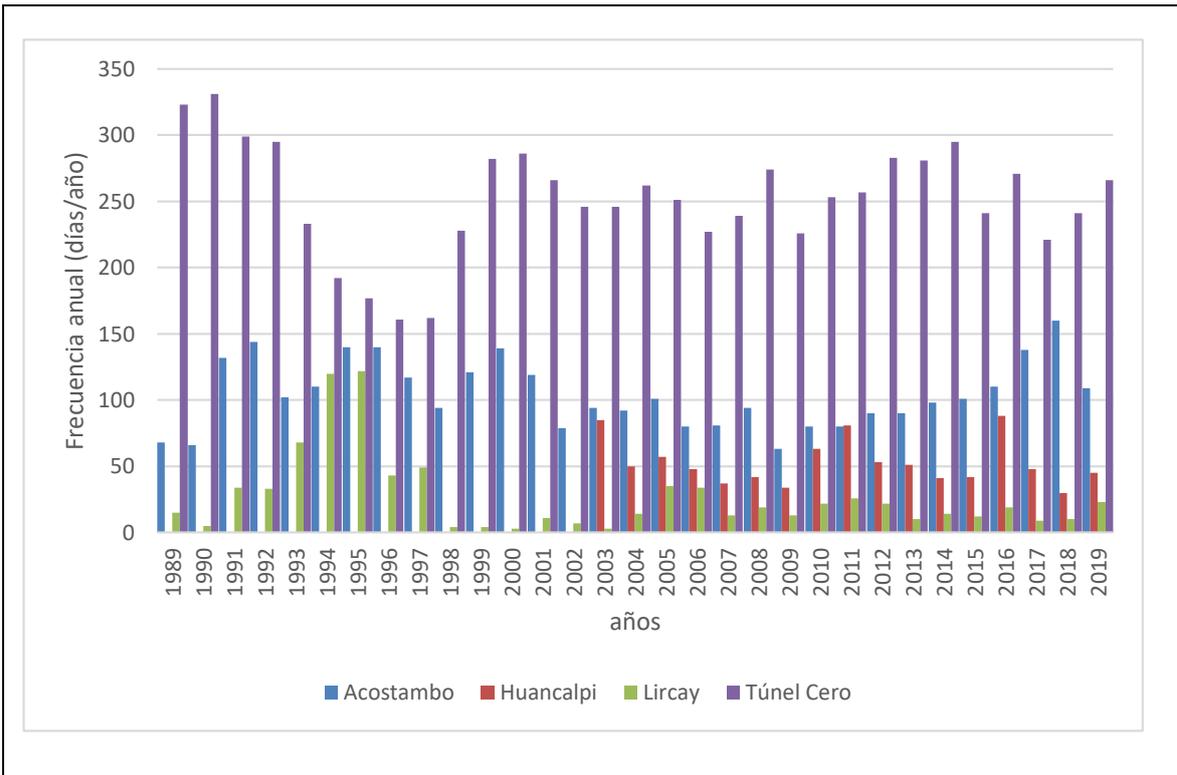


Figura 25. Distribución anual de heladas en las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero  
Fuente: Elaboración propia

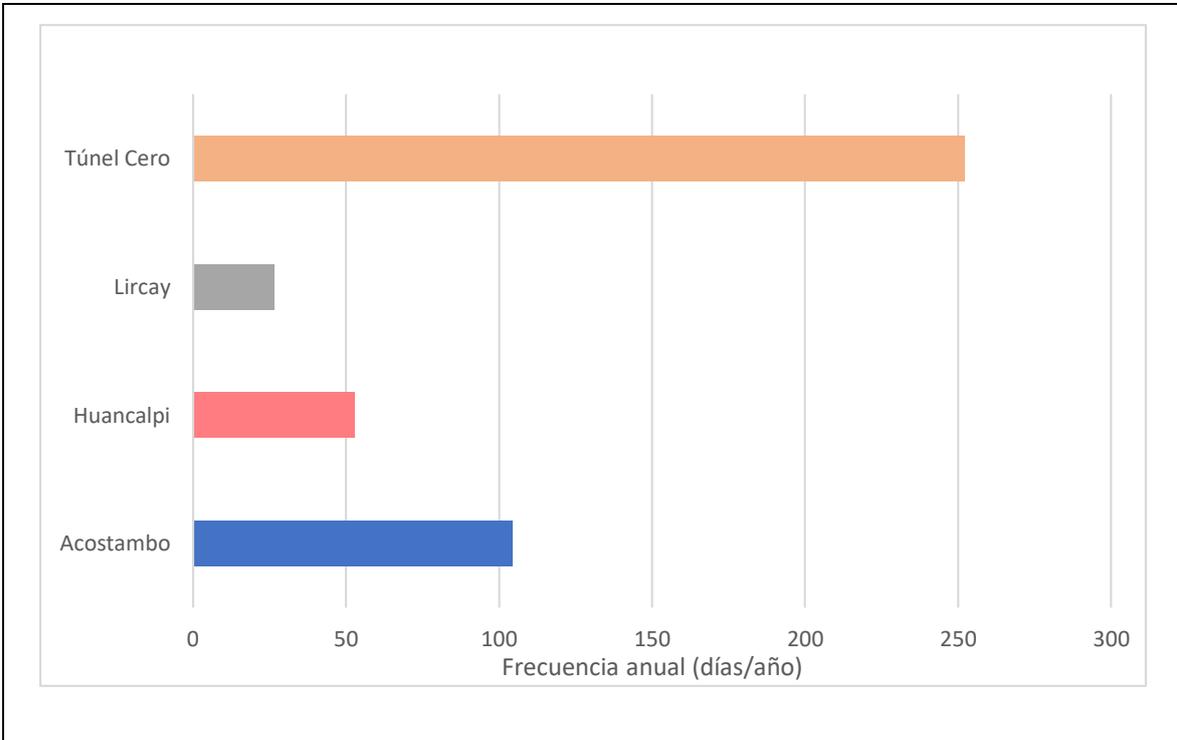


Figura 26. Frecuencia media anual de heladas de las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero

4.1.2 Fecha media de la primera helada (PH), ultima helada (UH), periodo con heladas (PCH) y periodo libre de heladas (PLH) de las cuatro estaciones meteorológicas

Tabla 13. Fecha media de la ocurrencia de la primera helada y última helada

ACOSTAMBO	Periodo analizado: 1989-2019 Altitud: 3603 msnm	
	PH	UH
Fecha media	4-Mar	29-Nov
Día Juliano	63	333
Desviación estándar (días)	±46.3	±30.7
Temperatura media (°C)	-2	-1
Fecha mínima extrema	1-Ene	22-Set
Año de ocurrencia de la fecha mínima extrema	2002	2012
Fecha máxima extrema	10-May	31-Dic
Año de ocurrencia de la fecha máxima extrema	1989	2018

La tabla 13 indica al 4 de marzo como la fecha media de la primera helada y el 29 de noviembre como la fecha media de la última helada para la estación de Acostambo.

Tabla 14. Periodo con heladas (PCH) y periodo libre de heladas (PLH)

ACOSTAMBO	Periodo analizado: 1989-2019 Altitud: 3603 msnm	
	PCH	PLH
Valor medio (días)	270	94
Desviación estándar (días)	±65	±59
Valor máximo (días)	360	209
Año de ocurrencia	1996	2012 - 2013
Valor mínimo (días)	157	11
Año de ocurrencia	2012	1992 - 1993

La tabla 14 indica 270 días con heladas y 94 días libre de heladas para la estación de Acostambo, sin embargo, se presentó 360 días con heladas el año 1996.

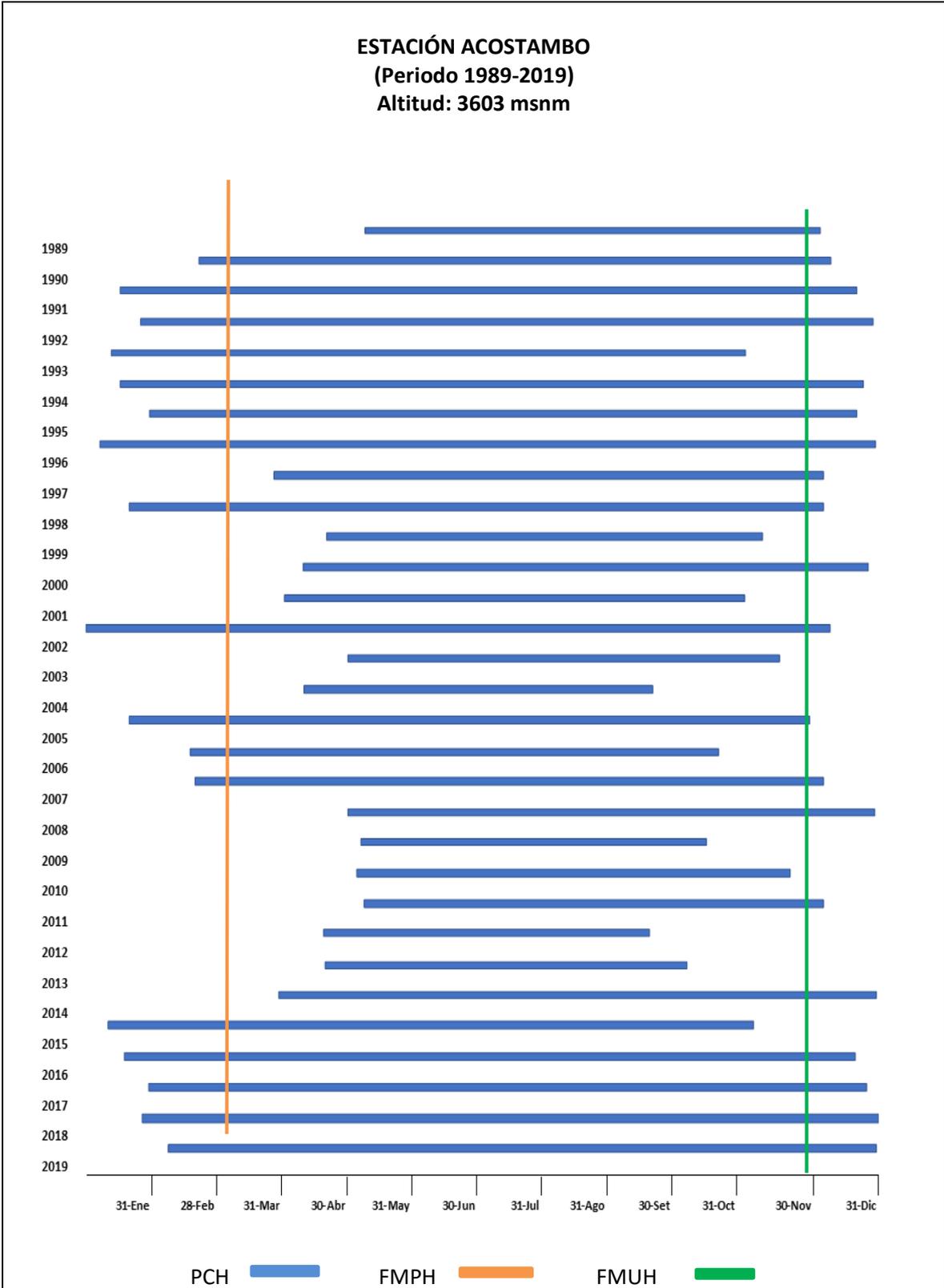


Figura 27. Evolución temporal del periodo de heladas meteorológicas de la estación Acostambo, periodo con heladas (PCH), fecha media de la primera helada (FMPH), fecha media de la última helada (FMUH)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Fecha media de la ocurrencia de la primera helada y última helada

HUANCALPI	Periodo analizado: 2003 – 2019 Altitud: 3846 msnm	
	PH	UH
Fecha del valor medio	1-May	27-Set
Día Juliano	121	270
Desviación estándar (días)	±42	±37
Temperatura media (°C)	-1	-1
Fecha mínima extrema	19-Ene	30-Jul
Año de ocurrencia de la fecha mínima extrema	2004 - 2005	2009
Fecha máxima extrema	11-Jun	10-Dic
Año de ocurrencia de la fecha máxima extrema	2012	2018

La tabla 15 muestra, para los 23 años analizados al 1 de mayo como fecha media de la primera helada y 27 de setiembre como fecha media de la última helada para la estación Huancalpi.

Tabla 16. Periodo con heladas y periodo libre de heladas

HUANCALPI	Periodo analizado: 2003 – 2019 Altitud: 3846 msnm	
	PCH	PLH
Valor medio (días)	148	214
Desviación estándar (días)	±61	±67
Valor máximo (días)	273	298
Año de ocurrencia	2005	2009 - 2010
Valor mínimo (días)	67	62
Año de ocurrencia	2012	2003 - 2004

La estación Huancalpi presento 148 días en promedio para el periodo con heladas y 214 días en promedio para el periodo libre de heladas.

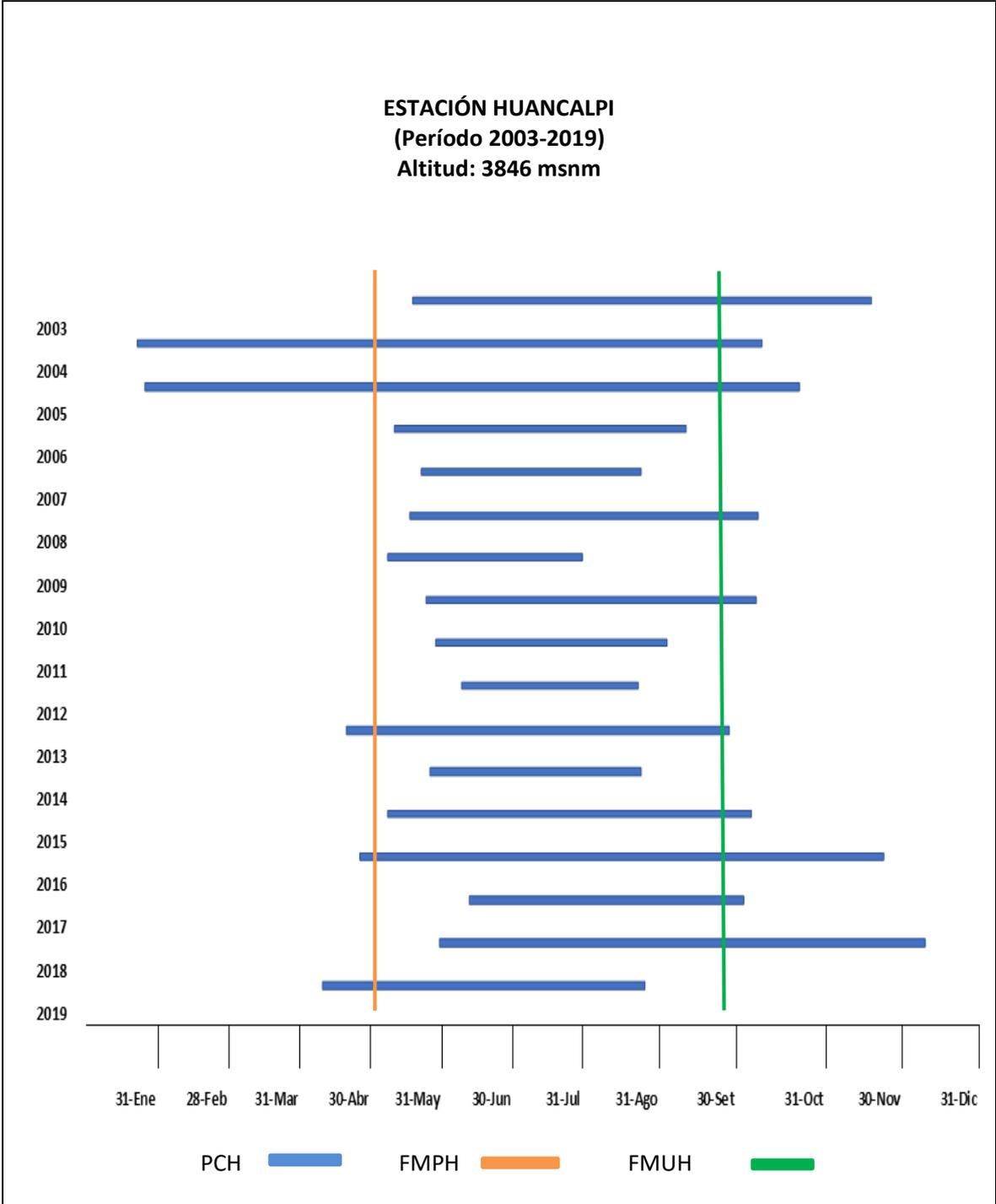


Figura 28. Evolución temporal del período de heladas meteorológicas de la estación Huancalpi, periodo con heladas (PCH), fecha media de la primera helada (FMPH), fecha media de la última helada (FMUH)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Fecha media de la ocurrencia de la primera helada y última helada

LIRCAY	Periodo analizado: 1989-2019	
	Altitud: 3303 msnm	
	PH	UH
Fecha del valor medio	20-May	11-Set
Día Juliano	140	254
Desviación estándar (días)	±46	±32
Temperatura media (°C)	-0.63	-0.71
Fecha mínima extrema	4-Ene	2-Ago
Año de ocurrencia de la fecha mínima extrema	1995	2000
Fecha máxima extrema	15-Jul	21-Dic
Año de ocurrencia de la fecha máxima extrema	2003	1994

La estación Lircay según el análisis indico como fecha media de la primera helada al 20 de mayo y al 11 de setiembre como fecha promedio de la última helada.

Tabla 18. Periodo con heladas y periodo libre de heladas

LIRCAY	Periodo analizado: 1989 – 2019	
	Altitud: 3303 msnm	
	PCH	PLH
Valor medio (días)	115	249
Desviación estándar (días)	±60.27	±65.8
Valor máximo (días)	279	321
Año de ocurrencia	1995	2018 - 2019
Valor mínimo (días)	42	14
Año de ocurrencia	2000	1994 - 1995

La estación Lircay presento para el periodo analizado 115 días en promedio con heladas y 249 días al año libre de heladas.

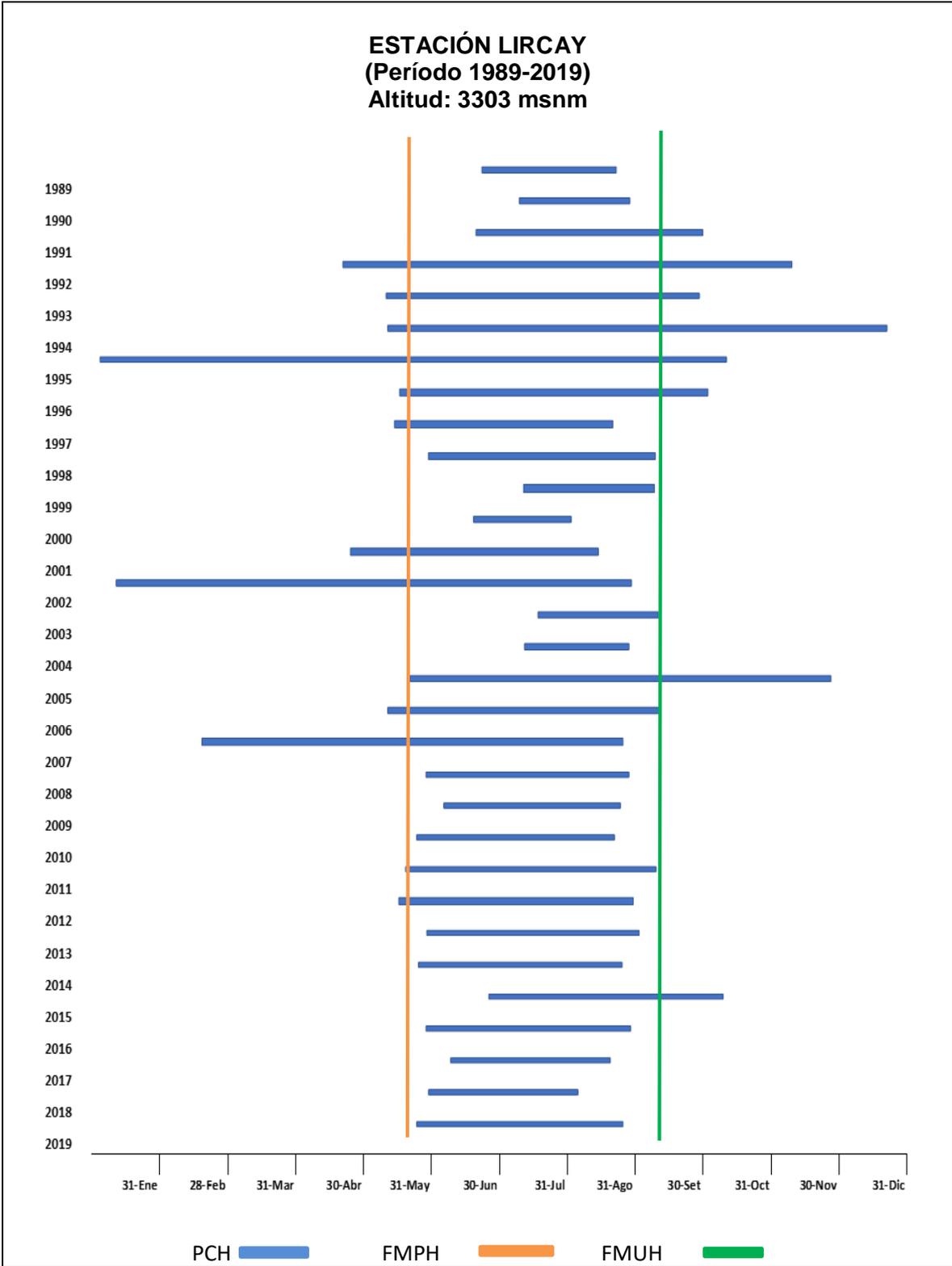


Figura 29. Evolución temporal del período de heladas meteorológicas de la estación Lircay, periodo con heladas (PCH), fecha media de la primera helada (FMPH), fecha media de la última helada (FMUH)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Fecha media de la ocurrencia de la primera helada y última helada

TÚNEL CERO	Periodo analizado: 1989 – 2019	
	Altitud: 4512 msnm	
	PH	UH
Fecha del valor medio	6-Ene	30-Dic
Día Juliano	6	364
Desviación estándar (días)	±17	±2
Temperatura media (°C)	-1	-1
Fecha mínima extrema	1-Ene	21-Dic
Año de ocurrencia de la fecha mínima extrema	1989 a 1993, 1996, 1999, 2002, 2003, 2006, 2010, 2011, 2013 a 2016	1997
Fecha máxima extrema	4-Abr	31-Dic
Año de ocurrencia de la fecha máxima extrema	1998	1989 a 1992, 2000, 2001, 2005 a 2012, 2014, 2015

Tabla 20. Periodo con heladas y periodo libre de heladas

TÚNEL CERO	Periodo analizado: 1989 – 2019	
	Altitud: 4512 msnm	
	PCH	PLH
Valor medio (días)	358	7
Desviación estándar (días)	±17	±19
Valor máximo (días)	364	104
Año de ocurrencia	1989 a 1992, 2006, 2010, 2011, 2014, 2015	1997 - 1998
Valor mínimo (días)	271	1
Año de ocurrencia	1998	1989/90 al 1992/93 1998/1999; 2001/2002, 2005/2006, 2009/2010 2010/2011, 2012/2013 2014/2015, 2015/2016

**ESTACIÓN TÚNEL CERO**  
**(Periodo 1989-2019)**  
**Altitud: 4512 msnm**

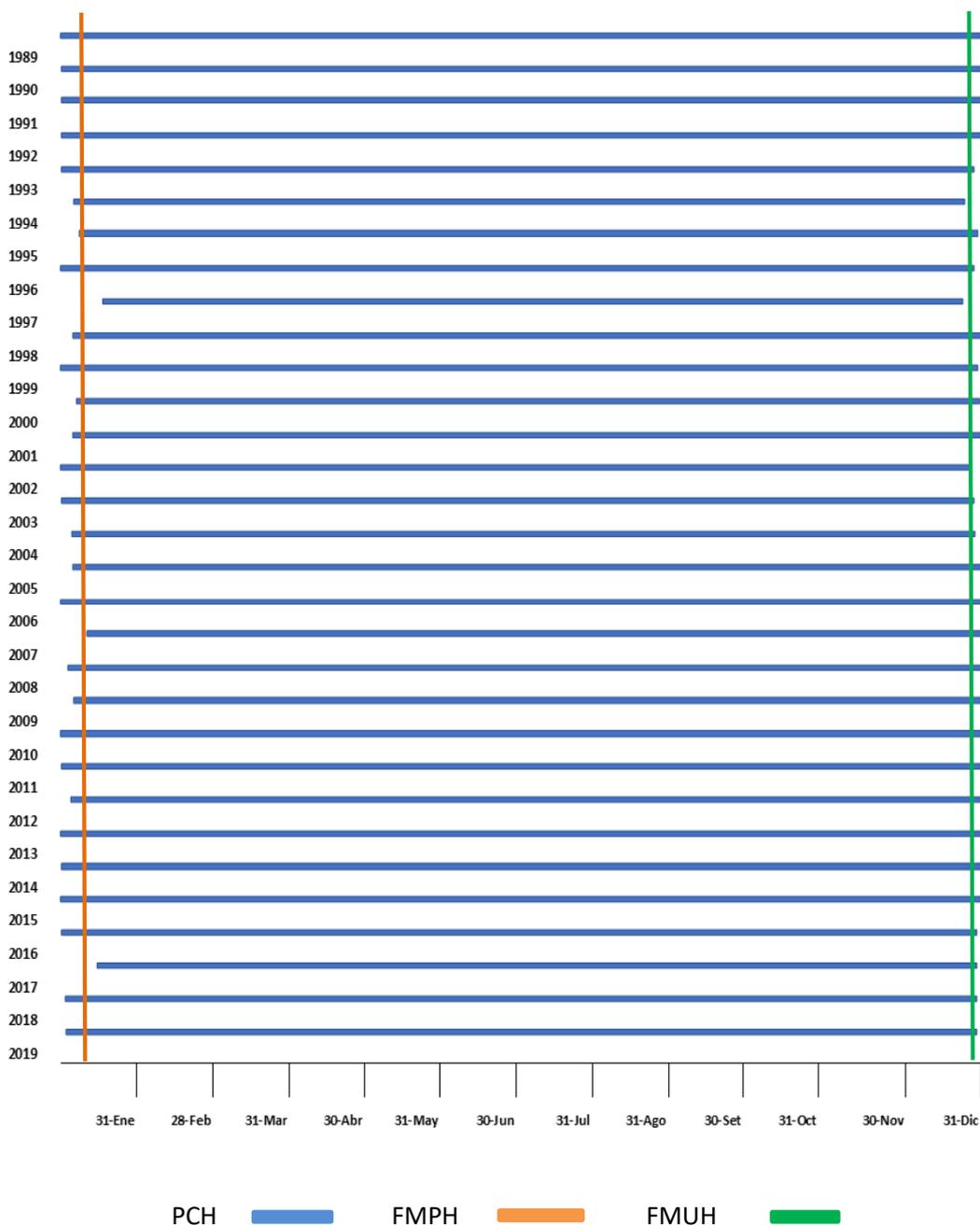


Figura 30. Evolución temporal del periodo de heladas meteorológicas de la estación Túnel Cero, periodo con heladas (PCH), fecha media de la primera helada (FMPH), fecha media de la última helada (FMUH)

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Severidad de la primera helada (PH), última helada (UH) y de la temperatura mínima absoluta del periodo analizado de las estaciones meteorológicas.

Tabla 21. Severidad de la temperatura media de la primera y última helada

ESTACIÓN	TMPH (°C)	SEVERIDAD	TMUH (°C)	SEVERIDAD
Acostambo	-2 ± 1.1	Moderada	-1 ± 0.9	Suave
Huancalpi	-1 ± 1	Suave	-1 ± 2	Suave
Lircay	-0.63 ± 0.78	Suave	-0.71 ± 0.67	Suave
Túnel Cero	-1 ± 1	Suave	-1 ± 1	Suave

Tabla 22. Severidad de las temperaturas mínimas absolutas de las estaciones meteorológicas

ESTACIÓN	PROVINCIA	ALTITUD	TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA (°C)	SEVERIDAD	FECHA DE OCURRENCIA
Acostambo	Tayacaja	3603	-10.2	Muy severa	11 julio 2019
Huancalpi	Huancavelica	3846	-11.9	Muy severa	23 julio 2003
Lircay	Angaraes	3303	-9.5	Severa	23 Julio 1994
Túnel Cero	Huaytará	4512	-11.5	Muy severa	27 agosto 2004

## 4.2 Discusión de resultados

4.2.1 Frecuencia media mensual y anual de heladas meteorológicas en las estaciones de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero.

La tabla 11 muestra la frecuencia media de heladas mensuales de las 4 estaciones analizadas. En las estaciones de Acostambo, Lircay y Túnel Cero se presentaron temperaturas menores a 0°C en todos los meses, mientras que en la estación Huancalpi en los meses de febrero y marzo no hubo heladas meteorológicas, esto se puede observar también en la figura 24. El menor episodio de heladas se dieron en los meses de enero y febrero, así mismo, el mayor número de eventos de heladas meteorológicas sucedieron en la estación de invierno, siendo junio y julio los meses con mayor episodios de heladas; esto se sustenta en el efecto de la radiación solar, el cual disminuye por la declinación de la tierra, haciendo que los rayos incidan en forma oblicua y ocasionando un menor calentamiento de la superficie terrestre, además, en esta época del año la tierra se encuentra en su punto más lejano respecto al sol; por otro lado, hay pérdida de energía por la escasa nubosidad y la humedad es muy escasa. Así mismo, la estación Túnel Cero presento mayor número de heladas para todos los meses, siendo julio el mes en que todos

los días se presentan heladas meteorológicas, esto podría deberse al efecto de la altitud y latitud (5) en que se encuentra ésta estación en comparación con las otras estaciones del estudio.

La tabla 12 y la figura 26 muestran la frecuencia media anual de las heladas de las cuatro estaciones del estudio, la estación Túnel Cero que se encuentra a 4512 msnm presentó 252 días en promedio al año con heladas meteorológicas, seguido de la estación Acostambo a una altitud de 3603 msnm con 104 días en promedio, en tercer lugar, se encuentra Huancalpi ubicado a 3846 msnm con 53 días y luego la estación de Lircay a 3303 msnm con 26 días en promedio. Según la altitud, la estación Huancalpi debería estar en segundo lugar de la ocurrencia de heladas para esta región; sin embargo, por ser un terreno convexo el drenaje del aire frío pasa desplazándose hacia zonas más bajas (13); mientras que la estación de Acostambo se encuentra en una zona plana facilitando la acumulación del aire frío (13).

Además, la distribución anual de heladas de las cuatro estaciones durante el periodo (1989 al 2019) son observadas en la figura 25. La frecuencia anual de heladas para la estación de Acostambo mostro ciclos de 5 años hasta el año 2000, posterior a ello la frecuencia de heladas meteorológicas disminuye para luego incrementarse a partir del 2009; por otro lado, los años con mayor frecuencia de heladas para esta estación fueron los años 1994 y 1995. En la estación de Huancalpi, se observa un ciclo de 8 años, otro ciclo de 5 años de heladas meteorológicas, así mismo los años con mayor frecuencia de heladas fueron el 2033, 2011 y 2016 para esta estación. La frecuencia de heladas de la estación Lircay presento un ciclo para el periodo 1989 al 1999, siendo la frecuencia más baja para este periodo en el año de 1990 y 1999, la mayor frecuencia se dio en los años de 1994 y 1995, posterior a ello no vuelve a suceder este ciclo, pero se observa que la frecuencia de heladas tiende a disminuir. La estación Túnel Cero, mostro la frecuencia más baja de heladas meteorológicas en los años de 1997 y 1998 mientras que los años 1989, 1990, 2000, 2009, 2015, 2017, y 2019 fueron los años con mayor frecuencia de heladas.

4.2.2 Fecha media de la primera helada (PH), ultima helada (UH), periodo con heladas (PCH) y periodo libre de heladas (PLH) de las estaciones de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero.

La tabla 13 muestra al 4 de marzo (63 día juliano) como la fecha media de la primera helada, así mismo su desviación estándar de 46 días indica que el 68% de las fechas de la primera helada se presentaron antes y posterior a la fecha promedio; mientras que el 29

de noviembre (333 día juliano) fue la fecha media para la última helada con una desviación de 31 días antes y después del promedio para la estación de Acostambo, además, la temperatura media mínima para la primera helada fue  $-2^{\circ}\text{C}$  y  $-1^{\circ}\text{C}$  para la última helada, por otro lado, se tiene al 1 de enero como la fecha mínima extrema en que se presentó la primera helada ocurrida en el año 2002 y al 22 de setiembre como la fecha mínima extrema de ocurrido la última helada sucedida en el año 2012. La misma tabla también muestra la fecha máxima de ocurrencia de la primera helada sucedida el 10 de mayo del 1989 y el 31 de diciembre del 2018 fue la fecha máxima extrema de ocurrencia de la última helada del periodo analizado para esta estación. El periodo medio con heladas fue de 270 días con una desviación estándar de 65 días, mientras que el periodo libre de heladas fue de 94 días con una desviación de 59 días. Así mismo, se registró 360 días en el año 1996 como el periodo más largo de heladas y el año 2012 como el de menor días con heladas (157). La temporada 2012-2013 presento el mayor periodo libre de heladas (209) y la temporada 1992-1993 el menor periodo libre de heladas (11 días), esto se puede visualizar en la tabla 14 y figura 27.

La tabla 15 y 16 presenta los resultados para la estación de Huancalpi, siendo el 1 de mayo (121 día juliano) la fecha media de la primera helada y el 27 de setiembre (270 día juliano) la fecha media de la última helada, siendo 42 días la desviación estándar para la primera helada y 37 días para la última helada, la temperatura media mínima fue de  $-1^{\circ}\text{C}$  tanto para la primera y última helada. Del mismo modo, la tabla 15 muestra al 19 de enero como la fecha mínima extrema de ocurrencia de la primera helada sucedidas en el año 2004 y 2005 y se tiene al 11 de junio del 2012 como la fecha máxima extrema en que se presentó la primera helada. La mínima extrema para la última helada sucedió el 30 de julio del 2009 y la máxima extrema el 10 de diciembre del 2018. El periodo medio con heladas fue de 148 días y el periodo libre de heladas fue de 214 días con desviaciones estándares de 61 y 67 días respectivamente; el valor máximo de días con heladas fue 273 en el año 2005 y el menor el 2012 con 67 días con heladas meteorológicas. Así mismo la temporada 2009-2010 presento el valor máximo (298 días) del periodo libre de heladas y la temporada 2003 - 2004 fue el menor periodo libre de heladas con solo 62 días.

La tabla 17, 18 y figura 29, presenta los resultados de la estación Lircay, la fecha media de la primera helada fue el 20 de mayo (140 día juliano) y el 11 de setiembre (254 día juliano) fue la fecha media para la última helada, la desviación estándar 46 días para la primera y 32 días para la segunda. El promedio de la temperatura para la PH de los 31 años analizados, fue  $-0.63^{\circ}\text{C}$ , y  $-71^{\circ}\text{C}$  de la UH. La fecha mínima extrema en que se presentó la

PH fue el 4 de enero de 1995 y el 2 de agosto del 2000 la UH, así mismo, el 15 de julio del 2003 fue la fecha máxima extrema en que se presentó la PH y el 21 de diciembre del 1994 la UH. La estación Lircay tuvo un periodo medio con heladas de 115 días y 249 días periodo medio libre de heladas. Sin embargo, el año 1995 presentó el mayor número de días con heladas (279) y el año 2000 fue el año con menor días con heladas (42); también la temporada 2018-2019 fue el periodo más largo libre de heladas (321 días) mientras que la temporada 1994-1995 fue el más corto periodo libre de heladas (14 días).

La tabla 19, 20 y figura 30 presenta los resultados de la estación Túnel Cero, la fecha media de la PH fue, el 6 de enero (6 día juliano) y 30 de diciembre (364 día juliano) fue la fecha media de la UH, tuvo una desviación estándar de 17 días la PH y 2 días la UH, la temperatura media de la PH y la UH fue -1; la fecha máxima en que se presentó la primera helada fue el 1 de enero de los años 1989 a 1993, 1996, 1999, 2002, 2003, 2006, 2010, 2011, 2013 a 2016, lo que indica que más del 50% de los años analizados se presentó en esa fecha; la fecha mínima en que ocurrió la UH fue el 21 de diciembre del 1997; la fecha máxima extrema de la ocurrencia de la PH fue el 4 de abril del 1998, mientras que la fecha máxima extrema de la UH fue el 31 de diciembre de del 50% de los años analizados. El periodo medio con heladas fue 358 días, representando el 98% del año y el periodo medio libre de heladas 7 días, las desviaciones estándar fueron 17 días para la primera y 19 días para la segunda, el mayor número de días con heladas fue 364 días en el 30% de los años analizados mientras que el periodo medio libre de heladas fue de 104 días presentado en la temporada 1997-1998; es decir, el año con menor días con heladas fue 1998 con 271 días y el periodo medio libre de heladas fue de 1 día presentados en el 33% de los años analizados.

Los resultados ponen en evidencia que las personas, flora y fauna y actividades están expuestas durante gran parte del año a las heladas meteorológicas, siendo la estación Túnel Cero el lugar más crítico y conforme disminuye la altitud el periodo con heladas disminuye y aumenta el periodo libre de heladas.

#### 4.2.3 Severidad de la primera helada y última helada de las estaciones de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero.

La tabla 21 muestra la severidad de la temperatura media de la primera y última helada. La estación de Acostambo presentó severidad moderada para la PH y suave a para la UH, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero la severidad fue suave, tanto para la PH y UH, sin embargo, esto no significa que sea menos riesgosa ya que solo se evaluó la temperatura mínima del

día en que se presentó la PH y UH. La severidad de la helada está influenciada por los factores meteorológicos y topográficos.

4.2.4 Severidad de las temperaturas mínimas absolutas de las estaciones meteorológicas de Acostambo, Huancalpi, Lircay y Túnel Cero.

La severidad de las temperaturas mínimas absolutas de la serie de datos, clasifica como muy severas para la estación de Acostambo, Huancalpi y Túnel Cero, mientras que Lircay fue severa para la temperatura mínima absoluta. La severidad de la temperatura mínima absoluta es debido a los factores de altitud y latitud.

## CONCLUSIONES

- Las estaciones de Acostambo, Lircay y Túnel Cero presento en todos los meses episodios de heladas meteorológicas, con excepción para la estación Huancalpi donde los meses de febrero y marzo no tuvieron heladas. Del mismo modo, la mayor frecuencia se da en la estación de invierno mientras los escasos episodios se dan en los meses de enero y febrero.
- La estación Túnel Cero presento 252 días en promedio con heladas, seguido de Acostambo con 104 días, luego se encuentra Huancalpi con 53 días y finalmente Lircay con 26 días.
- La fecha media para la PH de la estación de Acostambo fue el 4 de marzo, para Huancalpi 1 de mayo, Lircay 20 de mayo y Túnel Cero 6 de enero, mientras que la UH fue el 29 de noviembre para Acostambo, 27 de setiembre para Huancalpi, 11 de setiembre para Lircay y 30 de diciembre para Túnel Cero. También, Acostambo tuvo en promedio 270 días con heladas y 94 días libre de heladas, Huancalpi 148 días en promedio con heladas y 214 días sin heladas, Lircay 115 días con heladas y 246 sin heladas, finalmente, Túnel Cero presento 358 días con heladas y 7 días en promedio libre de heladas.

- La severidad de la primera y última helada son suaves para las estaciones de Huancalpi, Lircay y Túnel Cero, mientras que es moderada la primera helada y suave la última helada de la estación Acostambo. Así mismo, la severidad de las temperaturas mínimas absolutas para el periodo analizado, fueron muy severas para las estaciones de Acostambo, Huancalpi y Túnel Cero, mientras fue severa para la estación de Lircay.

## **RECOMENDACIONES**

- Se debe realizar estudios para otras localidades de los Andes peruanos.
- Profundizar los estudios con heladas agronómicas de 3°C y 6°C, ya que son zonas agrícolas.
- Estudiar por decenios para observar adelanto o retraso de la PH y UH.
- Hacer estudios para determinar la tendencia de las heladas.
- Profundizar los estudios de severidad mensual de las heladas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **BANCO MUNDIAL.** Quienes somos: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento [BIRF], Asociación Internacional de Fomento [AIF]. *BIRF - AIF*. [En línea] 18 de Noviembre de 2013. [Citado el: 26 de Junio de 2021.] <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2013/11/18/damages-extreme-weather-mount-climate-warms>.
2. **PEREA FLORES, A.** *El friaje y las heladas: diagnóstico de la problemática en el Perú y legislación comparada*. Departamento de Investigación y Documentación Parlamentaria, Congreso de la Republica. Lima : s.n., 2018. Informe de Investigación.
3. **INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL.** *Compendio Estadístico del INDECI 2017 - Gestión Reactiva*. Lima : s.n., 2017. Informe de Investigación.
4. **PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS.** *Plan Nacional de Intervención para enfrentar los efectos de la temporada de heladas y friaje 2012*. Gestión Reactiva. Lima : s.n., 2012.
5. **CONVENIO DE COOPERACION TÉCNICA INTERINSTITUCIONAL, SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGICA E HIDROLOGIA [SENAMHI] Y ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN [FAO].** *Atlas de heladas del Perú*. Senamhi. Lima : s.n., 2010. pág. 50, Institucional.
6. **MINISTERIO DE EDUCACIÓN [MINEDU].** *Prevención en Acción*. [En línea] Webmaster, 2021. <http://www.minedu.gob.pe/heladas-friaje/heladas.php>.
7. **INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL [INDECI].** *Situación a nivel nacional por bajas temperaturas*. Indeci. 2010. Informe institucional.
8. **AGRO RURAL.** *Plan de Contingencia Agropecuario*. Lima : s.n., 2012.
9. **BBC NEWS.** ¿Por qué murieron más de 170,000 alpacas en Perú? *Ciencia BBC Mundo*. [En línea] 4 de Agosto de 2015. [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/08/150803\\_alpacas\\_muertas\\_peru\\_puno\\_lp](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/08/150803_alpacas_muertas_peru_puno_lp).
10. **RPP NOTICIAS.** ACTUALIDAD. Huancavelica: Reportan la muerte del 25% de camélidos por friaje. [En línea] 22 de Septiembre de 2015. <https://rpp.pe/peru/actualidad/huancavelica-reportan-la-muerte-del-25-de-camelidos-por-friaje-noticia-837970>.
11. **ANDINA.** Huancavelica: Heladas causan daños en 800 hectáreas de cultivos en Pazos. 2 de Febrero de 2021.

12. **DIARIO GESTIÓN.** Sobrevivir al invierno altoandino. [ed.] Sorio, Garcia Calderón Fernández Baca. *Desarrios para el progreso - Banco Interamericano de Desarrollo.* 15 de Febrero de 2021.
13. **CARBONELL NAVARRETE, R.** *Caracterización de las heladas meteorológicas y agronómicas e impacto en alfalfa (medicago sativa L.), Avena (Avena sativa L.) y Cebada (Hordeum vulgare L.) forrajeras de la región Puno.* Lima : s.n., 2016. Tesis de título profesional.
14. *Agricultural losses related to frost events: use of the 850 hPa level temperature as an explanatory variable of the damage cost.* **PAPAGIANNAKI, K., y otros.** 2014, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 14, págs. 2375-2386.
15. *A frost regime microclimatological study in Southern Argentina (Añelo, province of Neuquén).* **VITA SERMAN, F., y otros.** 2014. VII Simposio Internacional de Olivicultura.
16. *Frost regime characterization of Angui, La Pampa province (Argentina).* **GARCÍA, F., y otros.** 1, 2015, *SEMIÁRIDA - Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, Vol. 25, págs. 17-23.
17. *The cological and evolutionary significance of frost in the context of clima change.* **INOUYE, D.** 2000, *Ecology Letters*, Vol. 3, págs. 457-463.
18. *Annual and Monthly trends in frost days in the wet Pampa.* **FERNÁNDEZ LONG, M. y MÜLLER, G.** 24 de Abril de 2006, *Proceedings of 8 ICSHMO*, Foz do Iguacu, págs. 249-253.
19. *Frost risks in the Mantaro river basin.* **TRASMONTE, G., y otros.** 2008, *Advances in Feosciences*, Vol. 14, págs. 265-270.
20. **DAVILA ARRIAGA, C.** *Influencia de El Niño-Oscilación del sur (ENOS) en la ocurrencia de helas en el altiplano peruano.* Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina. 2016. pág. 74, Tesis de título.
21. **VILCA UMIÑA, C.** *Estudio de un sistema de control adaptativo para contrarrestar las heladas en los cultivos utilizando riego por aspersión en la Región Altiplánica de Puno.* Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica Electrónica y Sistemas, Universidad Nacional del Altiplano Puno. Puno : s.n., 2014. Tesis para título profesional.
22. *Las heladas y su incidencia económica en la agricultura de Murcia.* **BAEZA GALA, F.** 19, 1993, *Papeles de Geografía*, págs. 37-51.
23. **TRASMOTE SOTO, G.** *Propuesta de gestión de riesgo de heladas que afectan a la agricultura del valle del Mantaro (Andes Centrales del Perú).* Escuela de Posgrado, Universidad Ricardo Palma. 2009. pág. 226, Tesis de grado de maestría.
24. *Las heladas y su importancia en la agricultura.* **VILLASECA, S., NOVOA, R. y CARRASCO, J.** 1992, *Investigación y Progreso Agropecuario La Platina.*
25. **LORENTE, J.** *Curso de Fotoprotección.* Departamento de Astronomía y Meteorología , Universidad de Barcelona. Barcelona : s.n., s/f. pág. 133, Institucional. —.

26. **DAVILA ARRIAGA, C.** *Influencia de el Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en la ocurrencia de heladas en el altiplano peruano.* Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima : s.n., 2016. Tesis de título profesional.
27. **SOUZA FORMOSO, L.** *Contribución a la Determinación del Régimen Agroclimático de Heladas del Uruguay.* Facultad de Agronomía, Universidad De La República. Montevideo : s.n., 2015. pág. 201, Tesis de Título Profesional.
28. **CORSI, W. y GENTA, H.** *Heladas en el área hortifrutícola de Salto.* Instituto Nacional de Investigación Agraria [INIA]. Montevideo : s.n., 1992. pág. 30.
29. **PEREYRA, D., ZITACUARO, I. y PALMA, B.** *Helada en el Cofre de Perote: Técnicas de protección.* Universidad Veracruzana. 1990. pág. 45.
30. **ELIAS, F. y CASTELLVI, F.** *Agrometeorología.* segunda. Madrid : Mundi-Prensa, 2001.
31. **CAMPOS, D.** *Agrometeorología Cuantitativa del Cultivo.* Mexico : Trillas, 2005.
32. **MATÍAS, L., FUENTES, O. y GARCÍA, F.** *Heladas.* Secretaria de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres [CENAPRED] México. 2007.
33. **CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES [CENAPRED].** *Heladas.* Ciudad de México : s.n., 2021. pág. 37, Institucional.
34. **ARBUÉS OSÉS, ANA.** *Efecto de heladas en post-floración del maíz, en la producción y calidad de la cosecha.* Universidad Pública de Navarra. Navarra : s.n., 2011. pág. 107, Tesis para optar grado de maestro.
35. **BURGOS, J. J.** *Las Heladas en la Argentina.* INTA. Buenos Aires : s.n., 1963. pág. 388, Institucional.
36. *El eterno retorno del fenómeno de las heladas en el Perú: ¿Existen adecuadas políticas para combatir dicho fenómeno en el Perú?* **ROSALES ALVARADO, S. y CAMINADA VALLEJO, R.** Lima : s.n., 2016.
37. **CORDERO DELGADO, A.** *Caracterización, identificación y evaluación del fenómeno meteorológico la helada durante los años 2005 al 2011, en las zonas comprendidas por las tres estaciones meteorológicas de: Quimsacocha, La Esmeralda y San Gerardo.* Ingeniería Agropecuaria, Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Cuenca : s.n., 2013. pág. 90, Tesis para obtener título.
38. **HUANCAVELICA, GOBIERNO REGIONAL DE.** REGIÓN HUANCAVELICA. [En línea] 2016.
39. **OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES [ONERN].** *Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la Zona Altoandina del Perú.* Lima : s.n., 1984. pág. 436, Institucional.

40. **SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA DEL PERÚ [SENAMHI]**. *Climas del Perú: Mapa de Clasificación Climática Nacional*. Lima : Red activa soluciones gráficas S.A.C., 2021. pág. 70, Institucional.
41. **GOBIERNO REGIONAL DE HUANCAMELICA**. *Estudio de Diagnóstico y Zonificación para el Tratamiento de la Demarcación Territorial de la Provincia de Tayacaja*. Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial. Huancavelica : s.n., 2006. pág. 246, Institucional.
42. *Las Ocho Regiones Naturales del Perú*. **PULGAR VIDAL, JAVIER**. 2014, Terra Brasilis Revista da Rede Brasileira de História da Geografia e Geografia Histórica.
43. **INRENA**. *Mapa Ecológico y Forestal: Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la Zona Alto Andina de Huacavelica*. Lima : s.n., 1994.
44. **GOBIERNO REGIONAL DE HUANCAMELICA**. *Zonas de vida del departamento de Huancavelica*. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente - Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial. Huancavelica : s.n., s/f. pág. 39.
45. **OFICINA NACIONAL DE RECURSOS NATURALES [ONER]**. *Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la Zona Altoandina del Perú: Departamento de Huancavelica*. Lima : s.n., 1984.
46. **MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO [MINAGRI]**. *Normales Decadales de temperatura y precipitación y Calendario de siembras y cosechas*. Lima : Corporación Gráfica Rodríguez, 2013. Institucional.
47. **INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES [IDEAM]**. *Glosario Meteorológico*. Bogotá : s.n., 2019. pág. 311, Institucional.
48. **IPCC**. *Preguntas frecuentes*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. New York : s.n., 2007. pág. 43, Institucional.
49. **SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA DE BOLIVIA**. *Manual práctico de terminología meteorológica e hidrológica para la difusión masiva del dato y su uso en la gestión de riesgo*. La Paz : s.n., s/f.
50. **INFOJARDIN**. Infojardin. [En línea] s/f. <https://www.infojardin.com/glosario/taco-de-turba/temperatura-absoluta.htm>.
51. *Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos*. **SÁNCHEZ FLORES, F**. Cusco : s.n., 2019, Revista digital de investigación en docencia universitaria.
52. **SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA DEL PERÚ**. *Atlas de Heladas del Perú*. Convenio de Cooperación Técnica Interinstitucional , SENAMHI-FAO. Lima : s.n., 2010. Institucional.

53. **INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRICOLAS Y PECUARIAS DE MÉXICO [INIFAP].** *Probabilidad de Ocurrencia de Heladas en el Estado de Zacatecas.* Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo experimental Zacatecas. México : s.n., 2008. pág. 260, Institucional.
54. **TICONA JARA, J.** *Aplicación de modelos numéricos e imágenes de satélite para la identificación de zonas afectadas por heladas meteorológicas en la región Arequipa.* Facultad de Geología, Geofísica y Minas, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa : s.n., 2016. pág. 128, Tesis de título profesional.
55. *La Investigación Aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica.* **VARGAS CORDERO, ZOILA ROSA.** San Pedro Montes de Oca : s.n., 2009, Revista Educación, págs. 155-165.
56. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO, FÉRNANDEZ COLLADO, CARLOS y BAPTISTA LUCIO, MARIA.** *Metodología de la Investigación.* México : McGrawHill, 2010.
57. *Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso.* **DULZAIDES IGLESIAS, MARIA ELINOR y MOLINA GÓMEZ, ANA MARÍA.** 2, La Habana : s.n., Marzo de 2004, Acimed, Vol. 12.
58. **GOBIERNO REGIONAL DE HUANCVELICA.** *Meso Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Huancavelica.* Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. Huancavelica : s.n., 2013. pág. 312, Institucional.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1. CUADRO DE FRECUENCIAS DE HELADAS DE LA ESTACIÓN  
METEOROLÓGICA ACOSTAMBO**

FRECUENCIA DE HELADAS													
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC	SUMA
1989	0	0	0	0	8	14	25	7	3	0	6	5	68
1990	0	1	4	3	9	8	17	17	3	2	1	1	66
1991	2	0	0	5	13	18	28	25	17	15	2	7	132
1992	4	5	9	12	27	15	23	21	11	8	6	3	144
1993	1	3	0	4	14	27	22	15	6	9	1	0	102
1994	1	0	0	2	16	26	24	19	6	9	3	4	110
1995	2	1	0	7	23	27	23	25	12	8	5	7	140
1996	2	5	6	15	23	26	31	11	9	2	6	4	140
1997	0	0	1	6	15	28	31	19	10	1	5	1	117
1998	1	0	0	1	20	17	27	11	10	0	4	3	94
1999	0	0	0	4	13	27	22	29	13	8	5	0	121
2000	0	0	0	13	17	20	25	13	18	6	17	10	139
2001	0	0	0	24	22	27	18	21	6	0	1	0	119
2002	3	0	0	2	12	24	13	18	2	2	1	2	79
2003	0	0	0	0	14	26	24	16	8	2	4	0	94
2004	0	0	0	6	20	26	18	16	6	0	0	0	92
2005	1	0	1	3	18	26	22	22	4	0	4	0	101
2006	0	1	0	1	23	15	24	10	3	3	0	0	80
2007	0	2	0	0	11	27	15	20	3	1	0	2	81
2008	0	0	0	0	21	21	23	17	9	0	0	3	94
2009	0	0	0	0	6	23	18	11	2	3	0	0	63
2010	0	0	0	0	5	13	29	22	4	5	2	0	80
2011	0	0	0	0	12	23	23	16	4	1	0	1	80
2012	0	0	0	1	14	21	26	18	10	0	0	0	90
2013	0	0	0	8	11	11	24	19	16	1	0	0	90
2014	0	0	1	0	10	15	23	21	11	8	6	3	98
2015	0	3	0	4	14	27	22	15	6	9	1	0	101
2016	1	0	0	2	17	26	24	18	7	9	2	4	110
2017	3	0	0	7	25	27	23	24	12	8	5	4	138
2018	3	1	2	10	25	26	22	19	23	4	10	15	160
2019	0	1	1	3	14	24	21	24	6	7	0	8	109
PROMEDIO	0.77	0.74	0.81	4.61	15.87	21.97	22.90	18.03	8.39	4.23	3.13	2.81	104.26
D.S	1.18	1.41	2.01	5.49	5.83	5.74	4.13	4.99	5.16	4.00	3.67	3.55	25.47
C.V	1.52	1.91	2.49	1.19	0.37	0.26	0.18	0.28	0.62	0.95	1.17	1.27	0.24

**ANEXO 2. CUADRO DE LA PRIMERA HELADA, ÚLTIMA HELADA, PERIODO CON HELADAS Y PERIODO LIBRE DE HELADAS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA ACOSTAMBO**

AÑO	PRIMERA HELADA			ULTIMA HELADA			PCH (Días)		PLH (Días)
	DÍA-MES	DJUL	TEMP	DÍA-MES	DJUL	TEMP			
1989	10-May	130	-1.2	4-Dic	338	-1.4	208	1989/90	77
1990	19-Feb	50	0	10-Dic	344	-1.2	294	1990/91	35
1991	14-Ene	14	-1.2	21-Dic	355	0	341	1991/92	36
1992	26-Ene	26	-0.4	30-Dic	365	-1	339	1992/93	11
1993	11-Ene	11	-3.4	5-Nov	309	-2	298	1993/94	71
1994	15-Ene	15	-1.3	24-Dic	358	-0.6	343	1994/95	37
1995	30-Ene	30	-1.5	22-Dic	356	-1.4	326	1995/96	14
1996	5-Ene	5	-0.8	30-Dic	365	-1.6	360	1996/97	86
1997	27-Mar	86	-0.8	3-Dic	337	-3.6	251	1997/98	46
1998	18-Ene	18	-5	3-Dic	337	-2.4	319	1998/99	140
1999	22-Abr	112	-2	8-Nov	312	-1.3	200	1999/00	154
2000	10-Abr	101	-1	27-Dic	362	0	261	2000/01	94
2001	1-Abr	91	-2	3-Nov	307	-1	216	2001/02	59
2002	1-Ene	1	-2	10-Dic	344	-0.8	343	2002/03	142
2003	1-May	121	-2.1	18-Nov	322	-0.4	201	2003/04	146
2004	12-Abr	103	0	23-Set	267	-1	164	2004/05	117
2005	19-Ene	19	-1	29-Nov	333	-2.6	314	2005/06	77
2006	14-Feb	45	-1	19-Oct	292	-1.2	247	2006/07	121
2007	17-Feb	48	-2.4	4-Dic	338	-0.2	290	2007/08	149
2008	1-May	122	-1.6	29-Dic	364	-1.3	242	2008/09	126
2009	5-May	125	-3.1	14-Oct	287	-0.2	162	2009/10	201
2010	3-May	123	-1	19-Nov	323	-0.2	200	2010/11	168
2011	6-May	126	-0.6	5-Dic	339	-0.4	213	2011/12	135
2012	18-Abr	109	-2	22-Set	266	0	157	2012/13	209
2013	20-Abr	110	-2.1	4-Oct	277	-1	167	2013/14	176
2014	29-Mar	88	-0.4	30-Dic	364	-1	276	2014/15	12
2015	11-Ene	11	-3.4	5-Nov	309	-2	298	2015/16	71
2016	15-Ene	15	-1.3	23-Dic	357	-0.6	342	2016/17	37
2017	29-Ene	29	-1.5	24-Dic	358	-1	329	2017/18	32
2018	25-Ene	25	-1.6	31-Dic	365	-0.2	340	2018/19	41
2019	10-Feb	41	-0.2	30-Dic	364	0	323	2019/20	
<b>PROM</b>	<b>4-Mar</b>	<b>63</b>	<b>-2</b>	<b>29-Nov</b>	<b>333</b>	<b>-1</b>	<b>270</b>		<b>94</b>
<b>D.S</b>	<b>17-Ene- 18 Abr</b>	<b>46.3</b>	<b>1.1</b>	<b>30-Oct-3 Nov</b>	<b>30.7</b>	<b>0.9</b>	<b>65</b>		<b>59</b>
<b>C.V</b>		<b>0.74</b>	<b>-0.71</b>		<b>0.09</b>	<b>-0.84</b>	<b>0.24</b>		<b>0.62</b>
<b>MAX</b>	<b>10-May</b>	<b>130</b>	<b>0</b>	<b>31-Dic</b>	<b>365</b>	<b>0</b>	<b>360</b>		<b>209</b>
<b>MIN</b>	<b>1-Ene</b>	<b>1</b>	<b>-5</b>	<b>22-Set</b>	<b>266</b>	<b>-3.6</b>	<b>157</b>		<b>11</b>

### ANEXO 3. FRECUENCIA DE HELADAS DE LA ESTACIÓN HUANCALPI

FRECUENCIA DE HELADAS													
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2003	0	0	0	0	4	15	20	22	9	3	12	0	85
2004	1	0	0	4	6	15	12	11	0	1	0	0	50
2005	1	0	0	2	8	13	18	14	0	1	0	0	57
2006	0	0	0	0	13	10	20	4	1	0	0	0	48
2007	0	0	0	0	1	13	16	7	0	0	0	0	37
2008	0	0	0	0	7	9	24	0	1	1	0	0	42
2009	0	0	0	0	4	18	12	0	0	0	0	0	34
2010	0	0	0	0	1	16	25	19	0	2	0	0	63
2011	0	0	0	0	4	30	24	21	2	0	0	0	81
2012	0	0	0	0	0	11	25	17	0	0	0	0	53
2013	0	0	0	9	3	6	17	9	7	0	0	0	51
2014	0	0	0	0	5	13	16	7	0	0	0	0	41
2015	0	0	0	0	7	8	24	1	1	1	0	0	42
2016	5	0	0	5	13	19	22	14	1	1	8	0	88
2017	0	0	0	0	0	7	22	16	2	1	0	0	48
2018	0	0	0	0	3	7	8	6	3	0	0	3	30
2019	0	0	0	3	4	14	13	11	0	0	0	0	45
PROMEDIO	0.41	0.00	0.00	1.35	4.88	13.18	18.71	10.53	1.59	0.65	1.18	0.18	52.65
D.S.	1.23	0.00	0.00	2.55	3.87	5.82	5.27	7.12	2.60	0.86	3.40	0.73	17.33

**ANEXO 4. CUADRO DE LA PRIMERA HELADA, ÚLTIMA HELADA, PCH, Y PLH DE LA ESTACIÓN HUANCALPÍ**

AÑO	PRIMERA HELADA			ULTIMA HELADA			PCH(Días)	TEMPORADA	PLH (Días)
	DÍA-MES	DJUL	TEMP	DÍA-MES	DJUL	TEMP			
2003	16-May	136	-3	18-Nov	322	-6.8	186	2003/04	62
2004	19-Ene	19	0	10-Oct	283	0	264	2004/05	101
2005	19-Ene	19	0	19-Oct	292	-3	273	2005/06	200
2006	7-May	127	-1.6	9-Set	252	0	125	2006/07	260
2007	27-May	147	0	20-Ago	232	-0.4	85	2007/08	268
2008	15-May	135	-1.3	5-Oct	278	-0.2	143	2008/09	213
2009	6-May	126	-0.5	30-Jul	211	0	85	2009/10	298
2010	24-May	144	0	4-Oct	277	-1.9	133	2010/11	236
2011	28-May	148	-0.6	2-Set	245	-0.4	97	2011/12	282
2012	11-Jun	162	-0.6	17-Ago	229	-0.2	67	2012/13	246
2013	20-Abr	110	-0.6	27-Set	270	-0.5	160	2013/14	240
2014	25-May	145	0	20-Ago	232	-0.4	87	2014/15	257
2015	4-May	124	-0.2	6-Oct	279	-0.2	155	2015/16	201
2016	25-Abr	115	-1	23-Nov	327	0	212	2016/17	198
2017	9-Jun	160	-0.8	2-Oct	275	0	115	2017/18	239
2018	29-May	149	-2.8	10-Dic	344	-0.6	195	2018/19	120
2019	9-Abr	99	-1.4	26-Ago	238	0	139	2019/20	
<b>PROM</b>	<b>1-May</b>	<b>121</b>		<b>27-Set</b>	<b>270</b>		<b>148</b>		<b>214</b>
<b>D.S</b>	<b>20-Mar - 12-Jun</b>	<b>42</b>		<b>21-Ago - 3-Nov</b>	<b>37</b>		<b>61</b>		<b>67</b>
<b>C.V</b>		<b>0.35</b>			<b>0.14</b>		<b>0.41</b>		<b>0.31</b>
<b>MAX</b>	<b>11-Jun</b>	<b>162</b>		<b>10-Dic</b>	<b>344</b>		<b>273</b>		<b>298</b>
<b>MIN</b>	<b>19-Ene</b>	<b>19</b>		<b>30-Jul</b>	<b>211</b>		<b>67</b>		<b>62</b>

## ANEXO 5. CUADRO DE FRECUENCIA DE HELADAS DE LA ESTACIÓN LIRCAY

FRECUENCIA DE HELADAS													
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1989	0	0	0	0	0	2	10	3	0	0	0	0	15
1990	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	5
1991	0	0	0	0	0	7	15	11	1	0	0	0	34
1992	0	0	0	2	1	2	15	4	5	0	4	0	33
1993	0	0	0	0	8	24	18	12	6	0	0	0	68
1994	0	0	0	0	20	28	26	27	6	7	2	4	120
1995	9	4	2	0	19	23	24	23	13	5	0	0	122
1996	0	0	0	0	5	13	18	4	2	1	0	0	43
1997	0	0	0	0	7	20	18	4	0	0	0	0	49
1998	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	4
1999	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	4
2000	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	3
2001	0	0	0	1	2	1	1	6	0	0	0	0	11
2002	1	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	7
2003	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	3
2004	0	0	0	0	0	0	9	5	0	0	0	0	14
2005	0	0	0	0	3	14	11	5	1	0	1	0	35
2006	0	0	0	0	12	6	13	2	1	0	0	0	34
2007	0	1	0	0	2	1	4	5	0	0	0	0	13
2008	0	0	0	0	1	5	8	5	0	0	0	0	19
2009	0	0	0	0	0	2	5	6	0	0	0	0	13
2010	0	0	0	0	1	2	14	5	0	0	0	0	22
2011	0	0	0	0	3	7	12	3	1	0	0	0	26
2012	0	0	0	0	3	1	8	10	0	0	0	0	22
2013	0	0	0	0	2	3	2	2	1	0	0	0	10
2014	0	0	0	0	2	3	5	4	0	0	0	0	14
2015	0	0	0	0	0	4	4	2	1	1	0	0	12
2016	0	0	0	0	1	5	8	5	0	0	0	0	19
2017	0	0	0	0	0	2	4	3	0	0	0	0	9
2018	0	0	0	0	3	0	6	1	0	0	0	0	10
2019	0	0	0	0	0	5	9	9	0	0	0	0	23
PROMEDIO	0.32	0.16	0.06	0.10	3.10	5.84	9.10	5.52	1.32	0.45	0.23	0.13	26.32
D.S.	1.62	0.73	0.36	0.40	5.17	7.88	6.79	6.04	2.74	1.52	0.80	0.72	29.34

**ANEXO 6. CUADRO DE LA PRIMERA HELADA, ÚLTIMA HELADA, PERIODO CON HELADAS Y PERIODO LIBRE DE HELADAS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA LIRCAY**

AÑO	PRIMERA HELADA			ULTIMA HELADA			PCH (Días)	TEMPORADA	PLH (Días)
	DÍA-MES	DJUL	TEMP	DÍA-MES	DJUL	TEMP			
1989	28-Jun	179	-0.2	22-Ago	234	-0.4	55	1989/90	320
1990	8-Jul	189	-0.3	27-Ago	239	-0.6	50	1990/91	295
1991	18-Jun	169	-2.2	30-Set	273	0	104	1991/92	202
1992	20-Abr	110	-2.1	8-Nov	312	-0.4	202	1992/93	185
1993	12-May	132	-0.5	28-Set	271	-0.1	139	1993/94	225
1994	11-May	131	-0.1	21-Dic	355	-1.5	224	1994/95	14
1995	4-Ene	4	0	10-Oct	283	-1.4	279	1995/96	218
1996	16-May	136	-0.2	2-Oct	275	0	139	1996/97	224
1997	14-May	134	-0.2	18-Ago	230	0	96	1997/98	284
1998	29-May	149	-1	8-Set	251	-1.6	102	1998/99	306
1999	11-Jul	192	0	8-Set	251	0	59	1999/00	286
2000	21-Jun	172	0	2-Ago	214	0	42	2000/01	265
2001	24-Abr	114	0	13-Ago	225	-0.4	111	2001/02	148
2002	8-Ene	8	-0.6	29-Ago	241	-1.2	233	2002/03	320
2003	15-Jul	196	0	8-Set	251	-1.7	55	2003/04	304
2004	9-Jul	190	0	27-Ago	239	-2.5	49	2004/05	269
2005	23-May	143	-2.6	28-Nov	332	0	189	2005/06	161
2006	8-May	128	-2.8	9-Set	252	-0.2	124	2006/07	161
2007	17-Feb	48	-0.1	25-Ago	237	-0.8	189	2007/08	276
2008	28-May	148	-0.5	28-Ago	240	-0.3	92	2008/09	282
2009	6-Jun	157	-0.5	24-Ago	236	-1.1	79	2009/10	273
2010	24-May	144	-0.6	20-Ago	232	-0.7	88	2010/11	271
2011	18-May	138	-0.1	8-Set	251	-0.6	113	2011/12	248
2012	14-May	134	-0.2	30-Ago	242	-1.4	108	2012/13	271
2013	28-May	148	-0.8	2-Set	245	-1.8	97	2013/14	264
2014	24-May	144	-0.8	24-Ago	236	-0.3	92	2014/15	306
2015	26-Jun	177	-0.2	9-Oct	282	-0.2	105	2015/16	231
2016	28-May	148	-0.5	28-Ago	240	-0.3	92	2016/17	282
2017	6-Jun	157	-0.5	19-Ago	231	-1.2	74	2017/18	283
2018	29-May	149	-0.7	5-Ago	217	-0.5	68	2018/19	321
2019	22-Jun	173	-1.2	26-Ago	238	-2.9	65	2019/20	
<b>PROM</b>	<b>20-May</b>	<b>140</b>	<b>-0.63</b>	<b>11-Set</b>	<b>253.90</b>	<b>-0.71</b>	<b>114.97</b>		<b>249.8</b>
<b>D.S</b>	<b>4-Abr/5-Jul</b>	<b>46.15</b>	<b>0.78</b>	<b>10-Ago/13-Oct</b>	<b>32.36</b>	<b>0.67</b>	<b>60.27</b>		<b>65.8</b>
<b>C.V.</b>		<b>0.33</b>	<b>-1.23</b>		<b>0.13</b>	<b>-0.95</b>	<b>0.52</b>		<b>0.3</b>
<b>MAX</b>	<b>15-Jul</b>	<b>196</b>	<b>0</b>	<b>21-Dic</b>	<b>355</b>	<b>0</b>	<b>279</b>		<b>321</b>
<b>MIN</b>	<b>4-Ene</b>	<b>4</b>	<b>-2.8</b>	<b>2-Ago</b>	<b>214</b>	<b>-2.5</b>	<b>42</b>		<b>14</b>

**ANEXO 7. CUADRO DE FRECUENCIA DE HELADAS DE LA ESTACIÓN  
METEOROLÓGICA TÚNEL CERO**

FRECUENCIA DE HELADAS													
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1989	21	18	18	25	31	29	31	31	30	28	30	31	323
1990	26	28	28	29	30	29	31	31	29	26	20	24	331
1991	22	19	14	29	30	24	31	31	29	26	20	24	299
1992	18	13	19	22	31	30	31	31	29	27	25	19	295
1993	23	20	19	9	24	22	31	30	29	12	11	3	233
1994	4	2	9	9	21	27	31	29	18	23	11	8	192
1995	7	11	2	9	28	30	31	31	13	3	4	8	177
1996	13	6	5	4	15	25	30	26	21	5	7	4	161
1997	4	3	2	10	16	30	30	24	12	1	16	14	162
1998	0	0	0	12	31	29	31	27	30	27	27	14	228
1999	17	12	13	16	26	30	31	31	30	26	30	20	282
2000	12	15	12	21	26	28	31	31	29	29	29	23	286
2001	7	6	11	19	30	29	31	31	28	24	24	26	266
2002	17	9	11	12	28	30	29	31	29	21	19	10	246
2003	7	2	9	9	29	30	31	31	30	30	28	10	246
2004	14	3	9	20	31	30	31	31	29	29	24	11	262
2005	14	5	2	8	26	30	31	31	25	31	29	19	251
2006	13	5	0	13	30	30	31	30	28	25	10	12	227
2007	2	10	6	11	23	30	31	30	30	26	26	14	239
2008	10	10	14	22	28	29	31	31	28	24	23	24	274
2009	12	2	7	7	28	30	31	31	29	21	14	14	226
2010	8	2	3	15	30	30	31	31	30	30	28	15	253
2011	7	10	13	13	25	30	31	31	29	28	22	18	257
2012	25	12	17	9	31	30	30	30	28	24	21	26	283
2013	16	6	21	24	29	30	31	31	30	28	22	13	281
2014	14	8	21	24	30	30	31	31	25	31	31	19	295
2015	13	5	0	8	26	29	31	31	30	22	25	21	241
2016	19	1	2	13	31	28	30	31	30	31	29	26	271
2017	2	7	6	20	17	30	31	31	30	15	18	14	221
2018	9	2	4	17	27	27	29	29	30	25	22	20	241
2019	17	16	12	16	26	30	31	31	30	27	16	14	266
PROMEDO	12.68	8.65	9.97	15.32	26.90	28.87	30.74	30.23	27.32	23.39	21.32	16.71	252
D.S.	6.94	6.65	7.33	6.81	4.46	1.98	0.58	1.67	4.80	8.02	7.27	6.90	41.51

**ANEXO 8. CUADRO DE LA PRIMERA HELADA, ÚLTIMA HELADA, PERIODO CON HELADAS Y PERIODO LIBRE DE HELADAS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA TÚNEL CERO**

AÑO	PRIMERA HELADA			ULTIMA HELADA			PCH (Dias)	TEMPORADA	PLH (Dias)
	DÍA-MES	DJUL	TEMP	DÍA-MES	DJUL	TEMP			
1989	1-Ene	1	-4	31-Dic	365	-4	364	1989/90	1
1990	1-Ene	1	-1	31-Dic	365	-0.5	364	1990/91	1
1991	1-Ene	1	-0.8	31-Dic	365	-0.5	364	1991/92	1
1992	1-Ene	1	-1.8	31-Dic	365	-2	364	1992/93	1
1993	1-Ene	1	-1.5	27-Dic	361	-1.5	360	1993/94	8
1994	4-Ene	4	-1	24-Dic	358	-0.5	354	1994/95	13
1995	6-Ene	6	-1	30-Dic	364	0	358	1995/96	2
1996	1-Ene	1	0	29-Dic	363	0	362	1996/97	15
1997	13-Ene	13	0	21-Dic	355	0	342	1997/98	104
1998	4-Abr	94	0	31-Dic	365	-0.5	271	1998/99	1
1999	1-Ene	1	-2	30-Dic	364	-1	363	1999/00	6
2000	5-Ene	5	-0.5	31-Dic	365	-0.5	360	2000/01	3
2001	3-Ene	3	-1	31-Dic	365	-1	362	2001/02	1
2002	1-Ene	1	-3.5	27-Dic	361	0	360	2002/03	5
2003	1-Ene	1	0	29-Dic	363	-1	362	2003/04	5
2004	3-Ene	3	-0.5	29-Dic	363	0	360	2004/05	5
2005	3-Ene	3	0	31-Dic	365	-0.5	362	2005/06	1
2006	1-Ene	1	-1	31-Dic	365	0	364	2006/07	10
2007	10-Ene	10	-0.5	31-Dic	365	0	355	2007/08	2
2008	2-Ene	2	-1	31-Dic	365	-1	363	2008/09	5
2009	5-Ene	5	-0.5	31-Dic	365	-2	360	2009/10	1
2010	1-Ene	1	-0.5	31-Dic	365	0	364	2010/11	1
2011	1-Ene	1	-2	31-Dic	365	-0.5	364	2011/12	4
2012	4-Ene	4	-1	31-Dic	365	0	361	2012/13	1
2013	1-Ene	1	-0.5	30-Dic	364	0.5	363	2013/14	2
2014	1-Ene	1	-0.5	31-Dic	365	-0.5	364	2014/15	1
2015	1-Ene	1	-1	31-Dic	365	-1.5	364	2015/16	1
2016	1-Ene	1	-2	30-Dic	364	0	363	2016/17	16
2017	15-Ene	15	0	30-Dic	364	0	349	2017/18	3
2018	2-Ene	2	0	30-Dic	364	-1.2	362	2018/19	3
2019	2-Ene	2	-1.4	30-Dic	364	-1	362	2019/20	
PROM	6-Ene	6	-1	30-Dic	364	-1	358		7
D.S	23-Ene	17	1		2	1	17		19
C.V.		8.4	-0.7		0.0	-0.9	0.0		2.5
MAX	4-Abr	94	0	31-Dic	365	0.5	364		104
MIN	1-Ene	1	-4	21-Dic	355	-4	271		1