

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA**

**Escuela de Posgrado**

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y COBERTURA VEGETAL  
DE LA ESPECIE *Festuca dolichophylla* EN LA MICRO  
CUENCA DE CALIENTES - PROVINCIA DE  
CANDARAVE - TACNA - 2017**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**M.Sc. ELEOCADIO DIONISIO TIRADO PAZ**

**Para optar el Grado Académico de:**

**DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**TACNA - PERÚ**

**2019**

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA  
ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y COBERTURA VEGETAL  
DE LA ESPECIE *Festuca dolichophylla* EN LA MICRO  
CUENCA DE CALIENTES – PROVINCIA DE  
CANDARAVE – TACNA – 2017

Tesis sustentada y aprobada el 07 de agosto del 2018, estando integrado  
el Jurado Calificador por:

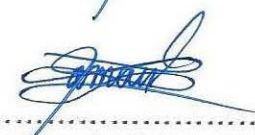
PRESIDENTE :

  
.....  
Dr. Daladier Miguel Castillo Cotrina

SECRETARIO :

  
.....  
Dr. Javier Lozano Marreros

MIEMBRO :

  
.....  
Dr. Edgardo Román Berrospi Zambrano

ASESOR :

  
.....  
Dr. Pablo Juan Franco León

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al todopoderoso por haberme permitido concluir la presente tesis, de acompañarme en todo momento y hacer de mí persona el profesional que, él quiere que sea.

Mi agradecimiento sincero al Dr. Pablo Juan Franco León, mi asesor de tesis y amigo, quien me brindó el asesoramiento necesario para encaminar el desarrollo de la investigación plasmado en la presente tesis.

Agradezco a todos los docentes por sus experiencias y conocimientos impartidos en el programa de doctorado, todos a la altura de la circunstancia y el nivel que corresponde a un plan doctoral.

Agradezco a los compañeros de promoción y en especial a los compañeros del grupo de trabajo: Eduardo Rodríguez, Luis Méndez, Wilder Miñano, Luis Marín y Emilio Maquera; por el intercambio continuo de conocimientos y su apoyo incondicional.

**El Autor**

## CONTENIDO

Resumen	xviii
Abstract	xix
Resumo	xx
Introducción	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
1.1. Descripción del problema	3
1.2. Formulación del problema	7
1.3. Justificación e importancia de la investigación	7
1.4. Objetivos	11
1.4.1 Objetivo general	11
1.4.2 Objetivos específicos	12
1.5. Hipótesis	12
1.5.1 Hipótesis general	12
1.5.2 Hipótesis específicas	12
1.6. Variables	13
1.6.1 Caracterización de las variables	13

<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	14
2.1. Antecedentes del estudio	14
2.2. Bases teóricas	17
2.3. Definición de términos	19
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b>	24
3.1. Caracterización, tipo y diseño de la investigación	24
3.2. Población y muestra	25
3.3. Operacionalización de variables	29
3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos	30
3.5. Procesamiento y análisis de datos	33
3.5.1 Análisis del tiempo en Candarave	33
3.5.2 Análisis químico de suelos	39
3.5.3 Dominancia de la <i>Festuca dolichophylla</i> .	42
3.5.4 ¿Cómo determinar la distribución espacial de la especie <i>Festuca dolichophylla</i> en la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave – Tacna – 2017?	46
3.5.5 ¿Cómo determinar la cobertura vegetal de la especie <i>Festuca dolichophylla</i> en la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave-Tacna – 2017?	49
3.5.6 Datos obtenidos mediante muestreo - trabajo de campo.	49

<b>CAPÍTULO IV: MARCO FILOSÓFICO</b>	55
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	58
5.1. Distribución espacial de la especie <i>Festuca dolichophylla</i> en la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave-Tacna 2017.	58
5.2. Un modelo matemático para la distribución espacial de la <i>Festuca dolichophylla</i> , en la cuenca de Caliente-Candarave.	65
5.3. Cobertura vegetal de la especie <i>Festuca dolichophylla</i> en la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave-Tacna.	72
5.4. Un modelo matemático para la cobertura vegetal de la <i>Festuca dolichophylla</i> , en la cuenca de Caliente-Candarave.	77
<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	81
6.1. Sobre la presente investigación.	81
6.2. Sobre otras investigaciones de la <i>Festuca dolichophylla</i> .	85

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>93</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>94</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>96</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>100</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Análisis químico de suelo de la zona alta de la cuenca de Calientes – Candarave.	39
<b>Tabla 2.</b>	Análisis químico de suelo de la zona media de la cuenca de Calientes – Candarave	40
<b>Tabla 3.</b>	Análisis químico de suelo de la zona alta de la cuenca de Calientes – Candarave.	41
<b>Tabla 4.</b>	Promedios en porcentaje del análisis químico de suelo de cada una de las zonas de investigación tomados de las tablas 1, 2 y 3.	41
<b>Tabla 5.</b>	Frecuencia de distribución de especies en la cuenca de Calientes.	43
<b>Tabla 6.</b>	Datos obtenidos en el primer trabajo de campo realizado en la cuenca de Calientes – Candarave – agosto, 2017.	50
<b>Tabla 7.</b>	Datos obtenidos en el segundo trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – noviembre 2017.	50
<b>Tabla 8.</b>	Datos obtenidos en el tercer trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – febrero 2 018.	51

<b>Tabla 9.</b>	Datos de la zona media obtenidos en el primer trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – agosto, 2017.	51
<b>Tabla 10.</b>	Datos de la zona media obtenidos en el segundo trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – noviembre 2017.	52
<b>Tabla 11.</b>	Datos de la zona media obtenidos en el tercer trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – febrero 2 018.	52
<b>Tabla 12.</b>	Datos obtenidos en el primer trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – agosto, 2017.	53
<b>Tabla 13</b>	Datos obtenidos en el segundo trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – noviembre 2017.	53
<b>Tabla 14.</b>	Datos obtenidos en el tercer trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – febrero 2 018.	54
<b>Tabla 15.</b>	Consolidado de frecuencias con que se presenta la <i>Festuca dolichophylla</i> en la zona alta de la cuenca de Calientes – Candarave. A la derecha, cálculos de parámetros: promedio, varianza, índice de dispersión y	

	grados de libertad.	59
<b>Tabla 16.</b>	Consolidado de frecuencias con que se presenta la <i>Festuca dolichophylla</i> en la zona media de la cuenca de Calientes – Candarave. A la derecha, cálculo de parámetros: promedio, varianza e índice de dispersión.	61
<b>Tabla 17.</b>	Consolidado de frecuencias con que se presenta la <i>Festuca dolichophylla</i> en la zona baja de la cuenca de Calientes – Candarave. A la derecha cálculos de parámetros: promedio, varianza, e índice de dispersión.	63
<b>Tabla 18.</b>	Resumen de frecuencias con que se presenta la <i>Festuca dolichophylla</i> en las diferentes altitudes dentro de la cuenca de Calientes – Candarave.	66
<b>Tabla 19.</b>	Consolidado de la cobertura vegetal, en porcentajes que alcanza la <i>Festuca dolichophylla</i> en la zona alta de la cuenca de Calientes – Candarave.	73
<b>Tabla 20.</b>	Consolidado de la cobertura vegetal, en porcentajes que alcanza la <i>Festuca dolichophylla</i> en la zona media de la cuenca de Calientes – Candarave.	74
<b>Tabla 21.</b>	Consolidado de la cobertura vegetal, en porcentajes que alcanza la <i>Festuca dolichophylla</i> en la zona baja de la cuenca de Calientes – Candarave.	75

<b>Tabla 22.</b>	Resumen de porcentaje de cobertura vegetal con que se presenta la <i>Festuca dolichophylla</i> en las diferentes altitudes dentro de la cuenca de Calientes – Candarave.	76
<b>Tabla 23:</b>	Especies vegetales y composición porcentual.	90
<b>Tabla 24.</b>	Valores de distribución espacial (Media/varianza e índice de dispersión) de las especies de flora silvestre predominantes en ambas zonas de estudio de la localidad Huerta Huaraya, Puno, Perú.	92
<b>Tabla 25.</b>	Sitio PA1 Espectro: 1	101
<b>Tabla 26.</b>	Sitio PA2 Espectro: 2	102
<b>Tabla 27.</b>	Sitio PA3 Espectro: 3	102
<b>Tabla 28.</b>	Sitio PM1 Espectro:1	103
<b>Tabla 29.</b>	Sitio PM2 Espectro: 2	103
<b>Tabla 30</b>	Sitio PM3 Espectro: 3	104
<b>Tabla 31.</b>	Sitio PB1 Espectro: 1	104
<b>Tabla 32</b>	Sitio PB2 Espectro: 2	105
<b>Tabla 33.</b>	Sitio PB3 Espectro: 3	105
<b>Tabla 34</b>	Datos del clima de Candarave, proporcionados por SENAMHI.	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Una lagartija que se refugia en un ejemplar de <i>Festuca dolichophylla</i> .	5
<b>Figura 2.</b>	Un ratoncito, cuyo refugio es la <i>Festuca dolichophylla</i> .	5
<b>Figura 3.</b>	<i>Festuca dolichophylla</i> en su hábitat natural de la cuenca de Calientes – Candarave.	10
<b>Figura 4.</b>	Bofedales rapados debido al pastoreo en esta zona	16
<b>Figura 5.</b>	Vista satelital del valle de Calientes, dividido en zonas: alta, media y baja, mostrando los lugares donde se tendieron los cuadrantes aleatorios para la obtención de muestras.	27
<b>Figura 6.</b>	Mapa satelital de la zona investigada mostrando distribución espacial y cobertura vegetal pero de la vegetación en su conjunto y bofedales.	28
<b>Figura 7.</b>	Se observa parte de un transecto extendido sobre el terreno de la zona baja de la cuenca, donde existe menos población de <i>Festuca dolichophylla</i> .	30
<b>Figura 8.</b>	En la imagen se muestra un cuadrante de 4 m <sup>2</sup> , en	

	la zona baja de la cuenca de Calientes – Candarave.	32
<b>Figura 9.</b>	Variabilidad de la temperatura máxima promedio por año.	33
<b>Figura 10.</b>	Variabilidad de la temperatura mínima promedio, cada año.	34
<b>Figura 11.</b>	Variabilidad de la temperatura media promedio por año.	34
<b>Figura 12.</b>	Comparación de la variabilidad de la temperatura máxima, mínima y media, promedio por año.	35
<b>Figura 13.</b>	Poligonal de la variabilidad de la humedad relativa, promedio por año.	36
<b>Figura 14.</b>	Variabilidad de la precipitación promedio por año Variabilidad de la heliofanía media promedio por año.	37
<b>Figura 15.</b>	Variabilidad de la heliofanía promedio por año – Candarave.	38
<b>Figura 16.</b>	Variabilidad de la evaporación promedio por año – Candarave.	38
<b>Figura 17.</b>	Diagrama de Cluster tomado de la Tabla 4.	42
<b>Figura 18.</b>	Correlación mediante un diagrama de Cluster,	

- muestra una similitud de dominancia en las zonas alta y baja. 44
- Figura 19.** Resultado de aplicar un análisis de Cluster a las frecuencias con que se presentan las diferentes especies, en las tres zonas de la cuenca; para demostrar que la *Festuca dolichophylla* es la especie dominante en la cuenca. 45
- Figura 20.** Nomograma de Clapham (Canales, 2011). 48
- Figura 21.** El índice de dispersión es mucho mayor que 1 (ID = 2,59) y el Nomograma de Clapham indica que en esta zona se tiene una distribución contagiosa. 60
- Figura 22.** El índice de dispersión es próximo a 1 (ID = 0,897), con 29 grados de libertad, ubicándose sobre el nomograma de Clapham en la zona de una distribución aleatoria. 62
- Figura 23.** El índice de dispersión es próximo a 1 (ID=1,177), con 29 grados de libertad, que ploteando en el nomograma de Clapham recae, en la zona de una distribución aleatoria. 64
- Figura 24.** Buscando una curva que relacione la altitud con la distribución espacial de la *Festuca dolichophylla* en

	la cuenca de Calientes – Candarave. Se muestra algunas graficas de curvas, propuestas mediante software.	66
<b>Figura 25.</b>	Gráfico de polinomio de Lagrange que pasa por los puntos esperados pero a pesar de ello no es el mejor modelo para lo requerido.	70
<b>Figura 26.</b>	Un modelo matemático para la distribución espacial de la <i>Festuca dolichophylla</i> en la cuenca de Calientes – Candarave.	72
<b>Figura 27.</b>	Una parábola generada por el polinomio de Lagrange que relaciona la altitud con la cobertura vegetal de la <i>Festuca dolichophila</i> , en cuenca de Calientes.	78
<b>Figura 28.</b>	Un ejemplar de <i>Festuca dolichophylla</i> depredada, en recuperación.	80
<b>Figura 29.</b>	Una de las moradoras de la Asociación de Ocupantes - Calientes.	109
<b>Figura 30.</b>	Recorte periodístico con iniciativa turística.	110
<b>Figura 31.</b>	El géiser más popular, visitantes le llaman “El Horno” debido a la forma que presenta en la parte derecha de la foto, y el ruido tenebroso que emite al	

	emanar el agua.	111
<b>Figura 32.</b>	Precaria vivienda de la zona con techo de <i>Festuca</i> .	112
<b>Figura 33.</b>	Uso de la <i>Festuca</i> y queñua en el techo de las viviendas.	112
<b>Figura 34.</b>	<i>Festucas dolichophylla</i> en la zona baja de la cuenca, con tendencia a desaparecer, si no le damos el trato debido y a tiempo.	113
<b>Figura 35.</b>	<i>Festucas dolichophylla</i> en la zona media de la cuenca, naturalmente no muy cuidada pero poco depredada.	113
<b>Figura 36.</b>	<i>Festucas dolichophylla</i> en la zona alta de la cuenca, depredada pero de pronta recuperación (foto del autor).	114
<b>Figura 37.</b>	Algunos ejemplares de alpaca en la zona media de la cuenca (foto del autor).	115
<b>Figura 38.</b>	Biodiversidad - flora 1.	116
<b>Figura 39.</b>	Biodiversidad – flora 2.	117
<b>Figura 40.</b>	Biodiversidad - fauna 1.	118
<b>Figura 41.</b>	Biodiversidad - fauna 2.	119
<b>Figura 42.</b>	Biodiversidad - fauna 3.	120
<b>Figura 43.</b>	Géiseres ubicados en la zona media de la cuenca.	121

- Figura 44.** El río de la cuenca de Calientes – Candarave, que capta las aguas emanadas de los géiseres (foto del autor). 122
- Figura 45.** Ambiente construido por la Municipalidad de Candarave. La zona puede ser apropiada para un Observatorio Astronómico debido a la limpieza de su cielo. 123

## RESUMEN

La presente tesis permite conocer el estado de conservación en el que se encuentra la especie *Festuca dolichophylla* en la micro cuenca de Calientes – provincia de Candarave –Tacna, a través de la determinación de su distribución espacial y cobertura vegetal. Se realizó el estudio de esta especie dominante en la cuenca, por muchas razones importantes entre ellas, la razón económica, al ser utilizada por algunas familias de la zona ya sea en forma directa, para techo de sus viviendas o indirecta como forraje fundamental del pastoreo; pero la razón más importante del estudio, es la función ecológica–medioambiental que desempeña la *Festuca dolichophylla* dentro de su hábitat natural, y en la presente investigación se ha podido determinar que, el suelo en toda la cuenca es casi estándar y que la distribución espacial depende de la altitud, es decir, a mayor altura dentro de la cuenca, la *Festuca* se presenta con mayor frecuencia. Y respecto a la cobertura vegetal se pudo encontrar que, es mejor en la zona media a pesar de la incidencia del pastoreo; esto se atribuye a que la zona media tiene un suelo más húmedo debido a la proliferación de pequeños manantiales y el vapor de agua generado por los 85 géiseres que se ubican en esta zona de la cuenca.

**Palabras clave:** *Festuca dolichophylla*; distribución espacial; cobertura vegetal; ecológica–medioambiental.

## ABSTRACT

This thesis makes known the state of conservation in which the species *Festuca dolichophylla* is found in the micro basin of Calientes - Candarave province -Tacna, through the determination of its spatial distribution and vegetation cover. The study of this dominant species in the basin was carried out, for many important reasons, among them, the economic reason, being used by some families in the area either directly, for the roof of their homes or indirectly as a fundamental forage for grazing; but the most important reason for the study is the ecological-environmental function that the *Festuca dolichophylla* performs within its natural habitat, and in the present investigation it has been determined that the soil in the entire basin is almost standard and that the spatial distribution it depends on the altitude, that is, higher in the basin, the *Festuca* occurs more frequently. And regarding the vegetation cover it could be found that, it is better in the middle zone despite the incidence of grazing; this is attributed to the fact that the middle zone has a more humid soil due to the proliferation of small springs and the water vapor generated by the 85 geysers that are located in this area of the basin.

**Keywords:** *Festuca dolichophylla*; space distribution; plant cover; ecological-environmental.

## RESUMO

Esta tese dá a conhecer o estado de conservação em que se encontra a espécie *Festuca dolichophylla* na microbacia da província de Calientes - Candarave - Tacna, através da determinação da sua distribuição espacial e cobertura vegetal. O estudo desta espécie dominante na zona foi realizado, por muitas razões importantes, entre elas, a razão econômica, sendo utilizada por algumas famílias diretamente, para o telhado de suas casas ou indiretamente como forragem fundamental para pastagem. ; mas a razão mais importante do estudo, é a função ecológico-ambiental que a *Festuca dolichophylla* desempenha no seu habitat natural, e esta pesquisa foi determinado que o solo em toda a bacia é quase padrão e a distribuição espacial depende da altitude, isto é, mais alto na bacia, a *Festuca* ocorre com maior frequência. Em relação à cobertura vegetal, pode-se verificar que é melhor na zona intermediária, a pesar da incidência de pastagem; isto é atribuído ao fato de que a zona média possui um solo mais úmido devido à proliferação de pequenas nascentes e ao vapor de água gerado pelos 85 gêiseres que estão localizados nessa zona da bacia.

**Palavras-chave:** *Festuca dolichophylla*; distribuição espacial; cobertura vegetal; ecológico-ambiental.

## INTRODUCCIÓN

En la presente tesis se realizó el estudio de la distribución espacial y cobertura vegetal de la *Festuca dolichophylla* en la microcuenca de Calientes provincia de Candarave – Tacna, que son dos indicadores para saber el estado de conservación de esta especie. Se ha considerado el estudio de esta *Festuca* debido a que se observó que es la planta dominante en la zona y se confirma mediante un breve análisis estadístico en la presente tesis; pero fundamentalmente se realizó este estudio por dos motivos fundamentales: que la flora silvestre altoandina constituye grandes sumideros de carbono y la *Festuca dolichophylla* desempeña un gran rol ecológico-ambiental dentro de la misma; el otro motivo es que constituye el elemento forrajero más importante de la ganadería a la que se dedican las comunidades altoandinas.

Estudios realizado es Sacha Loma (Cochabamba - Bolivia) da cuenta que la parte alta y la planicie de esta zona, están cubiertas de afloramientos rocosos y suelos poco profundos (litosuelos y leptosoles) donde se desarrollan diferentes especies de gramíneas como son: *Festuca dolichophylla*, *Bromus unioloides*, *Calamagrostis antoniana* y especies del género *Stipa* (Fernandez, Mercado, Arrázola, & Martínez,

2001). Los *Chilliwares* (pajonales de *Festuca dolichophylla*) que se ubican en suelos profundos de hondonada, es un CANAPA (campo nativo de pastoreo) generalmente de alto potencial forrajero. Los *Chilliwares* son intensivamente utilizados para pastoreo con diferentes especies animales: vacunos, alpacas, llamas y ovinos. Dado el crecimiento en macollo y semicompacto de esta especie, por su relativa abundancia y calidad media se presta para corte y conservación para la época seca. El rendimiento puede oscilar desde menos de 600 hasta más de 6 000 kg MS/ha. El valor nutritivo de la *Chilliwar* es regular, su contenido de proteína cruda promedio es de 7,7 %. La importancia forrajera y rendimiento del *Chilliwar* se incrementa si consideramos el alto valor forrajero de plantas asociadas como: *Layu* (*Trifolium amabile*), *Sillu sillu* (*Lachemilla pinnata*), *Siqui* (*Hypochoeris spp.*), *Cebadilla* (*Bromus catarthicus*), *Cola de ratón* (*Hordeum muticum*), *Chiji blanco* (*Distichlis humilis*), *Kemallu* (*Eleocharis spp.*), *Poita* (*Poa annua*), *Chiji negro* (*Muhlenbergia fastigiata*) y otras.(Genin & Alzérreca, 2006).

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del problema**

El patrimonio natural del Perú, actualmente tiene un valor incalculable y debe ser utilizado para el desarrollo económico y social, tanto para las generaciones actuales como de las futuras. Motivo por el cual es necesario garantizar la adecuada conservación de nuestra biodiversidad y a la vez generar condiciones que aporten con el desarrollo de las regiones y del Perú (Tito, 2012).

Los géiseres de Candarave se ubican a una altura de 4 300 metros sobre el nivel del mar, en la cuenca denominada “Calientes” a 45 kilómetros de la ciudad de Candarave, provincia de la Región Tacna (Alegre, 2013). El lugar tiene un potencial bastante grande, para desarrollar el turismo, pero por ahora solo es un paraje natural donde se conservan muchos elementos, motivos de investigación. Varios investigadores extraen muestras de algunos tipos de bacterias existentes en la zona, con la finalidad de estudiar su actividad biolixiviadora. La biolixiviación es el proceso en el que se da la lixiviación asistida por

microorganismos, que cumplen el rol de catalizadores. La biolixiviación es una técnica usada para la recuperación de metales como cobre, plata y oro entre otros (Srichandan et al, 2014). Esta información conlleva a investigar las plantas que existen en ese clima, dado que los géiseres en su erupción no solamente expulsan agua, si no gran cantidad de metales y no metales; por ello se investiga dos indicadores fundamentales de la conservación: la distribución espacial y cobertura vegetal de la *Festuca dolichophylla* que viene a ser la especie dominante de la zona y además es una especie forrajera indispensable, para el ganado que se pasta en la zona, y sirve de refugio de animales menores existentes en la zona, que forman parte del ecosistema, observar las Figuras 1 y 2 que se muestran a continuación, donde podemos observar a una lagartija y un ratoncito respectivamente, también se han observado aves adaptadas a este clima (a un promedio de altura de 4 400 metros sobre el nivel del mar), siendo el soporte de su hábitat la *Festuca dolichophylla*.

La *Festuca* tiene una gran importancia en el medio: un valor social (paisaje), económico (forraje y techo de viviendas), ecológico y ambiental (sumidero de carbono).



**Figura 1:** Una lagartija que se refugia en la *Festuca dolichophylla* – cuenca de Calientes – Candarave.

**Fuente:** Foto del autor.



**Figura 2.** Un ratón, cuyo refugio es la *Festuca dolichophylla* – cuenca de Calientes - Candarave.

**Fuente:** Foto del autor.

Se puede percibir también que el vapor de agua que emana de los géiseres en actividad en la cuenca, atenúa el clima frío y seco que debería existir a esa altura, además mejora la cantidad de oxígeno en la zona y eso explica la presencia de una ligera fauna y flora silvestre adaptada en esta zona.

Con los datos que se acaba de mencionar se tiene la seguridad que esta tesis servirá de motivación a muchos investigadores, tal vez biológicos, físicos, químicos, etc. para que realicen otros trabajos de investigación, sobre especies existentes en la micro cuenca Calientes – Candarave.

La *Festuca dolichophylla* es propia de la zona y se debe saber cuál es su estado de conservación. Debido al pastoreo se había pensado que quizás resulte muy depredada en algunas partes de la cuenca, es por ello que era necesario hacer el estudio de su distribución espacial y su cobertura vegetal dividiendo la cuenca en tres zonas de investigación: alta, media y baja; de las cuales se ha obtenido información importante sobre el estado de conservación de la *Festuca dolichophylla*.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la distribución espacial y cobertura vegetal de la *Festuca dolichophylla*, en la micro cuenca de Calientes – Provincia de Candarave – Región Tacna - 2017?

¿Será aleatoria la distribución espacial de *Festuca dolichophylla* en la zona alta de la micro cuenca de Calientes – Provincia de Candarave y contagiosa en las zonas media y baja?

¿Será menor la cobertura vegetal de la *Festuca dolichophylla* en la zona alta de la micro cuenca de Calientes – Provincia de Candarave y moderada en las zonas media y baja?

## **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

Se ha podido observar que en los alrededores de los géiseres se practica el pastoreo de ganados ovino y camélido sudamericano (siendo preferida en los mercados de Tacna, la carne del cordero Candaraveño). Para iniciar esta investigación que se plasma en la presente tesis, el investigador juntamente con el equipo de colaboradores hicieron una exploración de la cuenca, producto de la cual se obtuvo información muy importante, lo que motivó aún más la investigación; se pudo conocer que la cuenca ya estaba habitada por la Asociación de Ocupantes del Valle

de Calientes – Candarave, con un número de 30 comuneros, alpaqueros, cada uno al menos con un promedio de 50 alpacas, incluyendo algunos ovinos en sus rebaños. La información obtenida a través de una entrevista directa a una de las integrantes de la comunidad, realmente convierte a la *Festuca dolichophylla*, en un eslabón sumamente importante e indispensable en la economía de esta comunidad, y por ende repercute en la economía regional y nacional. Debido a que la especie *Festuca dolichophylla* es el pasto dominante en esta zona andina entonces será permanentemente el soporte forrajero de al menos 1 500 ejemplares que son pastoreados diariamente en la cuenca. La misma informante mencionó también que en las partes más altas de los cerros que circundan el valle, se encuentran pequeños rebaños de vicuñas silvestres que también son depredadores directos de la *Festuca dolichophylla* y su presencia se observa durante las primeras horas del día.

Por ello la presente investigación se motivó en saber cuál es el estado de conservación de la especie vegetal *Festuca dolichophylla* en forma diferenciada en las zonas alta, media y baja de la microcuenca de Calientes, de los géiseres de Candarave; evaluando su distribución espacial y cobertura vegetal, y mediante un análisis estadístico se determinó la distribución espacial y cobertura vegetal, lo cual constituye información muy importante para futuras investigaciones.

El turismo sería una actividad muy importante que debe desarrollarse, en esta zona y como parte de ello se debe implementar una guía turística, incluyendo conocimientos básicos de la ecología del lugar. Para esta actividad es necesario la habilitación turística de la zona, y para ello se debe tomar medidas de seguridad y ofrecer al turista un espectáculo natural, con información importante del medio ambiente y de los surtidores o géiseres.

Los géiseres existentes en el Perú requieren implementación, sobre todo el acceso vial, para lo cual se requiere de la intervención de los gobiernos regionales (Alegre, 2013). Como parte de la implementación del turismo es necesario también tener a la mano el conocimiento de la fauna y la flora de la zona, su población, su estado de conservación, quizás algunas especies estén en peligro de extinción y habría que dotarle del debido cuidado, en particular la *Festuca dolichophylla*. El deseo de la implementación del turismo en la cuenca es otra de las razones que ha conllevado a realizar la presente investigación. Quien llega a la cuenca de Calientes lo primero que va observar es un paisaje natural donde el protagonista es la *Festuca dolichophylla*, por ser la especie dominante en la cuenca.



**Figura 3.** *Festuca dolichophylla* en su hábitat natural de la cuenca de Calientes – Calientes.

**Fuente:** Foto del autor.

En este tipo de clima las especies vegetales tienen mucha dificultad para desarrollarse, sobreviviendo las especies de "yareta" (*Azorella sp.*) e "ichu" (géneros *Stipa*, *Festuca*), (Calle, William, & Universidad Mayor de San Andrés, 2008), entre otras.

La escasa vegetación existente en las laderas, parte de algunos cerros, sirve también para la ganadería que se desarrolla en dicho espacio, como animales silvestres que se han detectado como las vizcachas (*Lagidium peruanum*), huallatas (*Cloeophaga melanoptera*),

lagartijas (*Liolaemus pantherinus*), suri (*Pterocnemia pennata*), vicuñas (*Vicugna vicugna*) y alpacas (*Lama pacus*) (Calle et al., 2008).

Estudios realizados sobre el *Rhea pennata* “Suri” que, es un ave de importancia nacional y en “peligro crítico”, con una distribución nacional restringida a ecosistemas altoandinos del sur del Perú. De la totalidad de fecas analizadas se encontró que predominaron los componentes orgánicos (Vegetales 96 % de volumen), y un porcentaje pequeño de componentes inorgánicos entre los que se encontraban piedras que ayudarían a la digestión del material vegetal. Las estructuras más abundantes fueron hojas de monocotiledóneas como: *Festuca spp*, *Poa spp*, *Cyperaceae Indet*, *Distichia muscoides* y restos de frutos de las especies *Oxychloe andina*, *Sisyrinchium sp* y *Silene sp* (Álvarez & América, 2013). Es necesario proteger esta planta para conservar la cadena alimenticia del ecosistema existente en la zona.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la distribución espacial y cobertura vegetal de la especie *Festuca dolichophylla* en la micro cuenca de Calientes – Provincia de Candarave – Región Tacna – 2017.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la distribución espacial de la especie *Festuca dolichophylla* en la zona alta, media y baja de la micro cuenca de Calientes – provincia de Candarave – Región Tacna.
- Estimar la cobertura vegetal de la especie *Festuca dolichophylla* en la zona alta, media y baja de la micro cuenca de Calientes – Provincia de Candarave – Región Tacna.

#### **1.5. Hipótesis**

##### **1.5.1. Hipótesis general**

Existe una distribución espacial contagiosa y una cobertura vegetal moderada de la especie *Festuca dolichophylla*, en la micro cuenca de Calientes – Provincia de Candarave – Región Tacna.

##### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- La distribución espacial de la especie *Festuca dolichophylla* en la micro-cuenca de Calientes – provincia de Candarave, es aleatoria en la parte alta y contagiosa en las zonas media y baja.

- La cobertura vegetal de la especie *Festuca dolichophylla* en la micro cuenca de Calientes – provincia de Candarave es baja, en la zona alta, mientras que será moderada en las zonas media y baja.

#### **1.6. Variables:**

##### **Independiente (1<sup>er</sup> objetivo específico):**

Zona: baja, media y alta.

##### **Dependiente (1<sup>er</sup> objetivo específico):**

Distribución Espacial: Uniforme, Aleatoria y contagiosa.

##### **Independiente (2<sup>er</sup> objetivo específico):**

Zona: baja, media y alta.

##### **Dependiente (2<sup>er</sup> objetivo específico):**

Cobertura Vegetal.

#### **1.6.1. Caracterización de las variables:**

La variable independiente para los dos objetivos específicos está representada por las tres zonas (Z): (Baja-B, Media-M y Alta-A) en que se ha distribuido o particionado la micro cuenca de los géiseres de Candarave, con la finalidad de encontrar diferencias en cuanto a su distribución espacial (DE) y cobertura vegetal (CV), de la especie vegetal *Festuca dolichophylla*, que constituyen las variables dependientes en cada uno de los objetivos específicos respectivamente.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

En el presente capítulo se presenta la base teórica del estudio de la *Festuca dolichophylla*, que en nuestro país es el gran soporte forrajero de la ganadería altoandina en general y en particular de los camélidos sudamericanos.

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

El género *Festuca* se presenta en diferentes países de Sudamérica, así lo demuestran los diferentes estudios realizados que se mencionan a continuación donde nos señalan el número de especies que se presentan en cada país. Las 31 especies nativas de Colombia que abarca el presente trabajo reflejan la diversidad del género en este país (Stancík, 2003). En el contexto de América del Sur en Venezuela se conocen 10 especies, en Ecuador 23 (Stancík, 2003), en Perú 40 (Tovar, 1993), en Bolivia 30 (Renvoize, 1998) y en Argentina 30 especies (Turpe, 1969). Para Mesoamérica (desde México hasta Panamá) se registraron 28 especies. De las 31 especies presentes en Colombia, 16 son endémicas de este país, en la Tierra del Fuego Argentina resulta que los principales géneros de gramíneas identificados: *Rieron*, *Festuca*, *Poa* y *Poccinelia* los

cuales en conjunto constituyen en todas las épocas más del 80 % del total de gramínicas. Además dichas especies fueron las más importantes del total de la dieta del guanaco (Bonino & Sbriller, 1991).

En la región occidental de Bolivia en el Departamento de La Paz, Provincia Pacajes y ecorregión Altoandina, se efectuó un estudio de caracterización de asociaciones vegetales referido a la identificación de tipos de pradera determinándose en ellas cobertura, biomasa y cálculo de carga animal, para el período seco. Los resultados muestran la agrupación de datos en seis asociaciones vegetales denominados de acuerdo a las especies dominantes: a) *Distichia muscoides*-*Oxychloe* (Bofedal údico). b) *Festuca dolichophylla*-*Carex sp.* (bofedal ústico). c) *Festuca orthophylla*-*Calamagrostis breviaristata* (pajonal tholar). d) *Festuca orthophylla*-*Stipa brachyphylla* (Pajonal). e) *Polylepis tarapacana*-*Festuca orthophylla* y (matorral de polylepis). y f) *Calamagrostis breviaristata*-*Pycnophyllum glomeratum* (khotal); de entre ellas se destacan los bofedales (ver Figura 4), caracterizados por encontrarse en suelos frecuentemente húmedos con mayor cantidad de componentes en su composición botánica como también en tener la mayor cobertura (86,26 % y 76,57 %) (Luna Chino & Pecuarías, 1994).



**Figura 4.** Bofedales rapados debido al pastoreo en la zona media de la cuenca de Calientes – Candarave.

**Fuente:** Foto del autor.

Se estudió la frecuencia de *T. amabile* y su grado de asociación con otras especies vegetales en dos sitios de pastizal dominados por gramíneas altas, Ilpa 3 820 msnm y Quimsachata 4 300 msnn, así como el grado de correlación entre la presencia de esta especie con variables físico-químicas del suelo. *T. amabile* estuvo presente en la mayoría de las comunidades vegetales estudiadas, pero en porcentajes relativamente bajos, rangos de 1,0 a 8,3 %, y asociada positivamente ( $p < 0,05$ ) con *Alchemilla pinnata*, *Azorella diapensoides*, *Calamagrostis amoena*,

*Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia fastigiata*, en condiciones de suelos profundos, bien drenados y con un adecuado contenido de fósforo y nitrógeno; lo cual, estaría sugiriendo que estos elementos químicos podrían estar limitando su mayor frecuencia y distribución en el altiplano (Argote, Aguirre, & Flores, 2013).

Estudios ecológicos en la cordillera oriental colombiana y análisis fitosociológico de la vegetación de los depósitos turbosos paramunos de los alrededores de Bogotá afirman que la vegetación de la asociación se encuentra igualmente en los alrededores de charcas y lagunas del sector de los embalses de Chisacá, en donde aparecen adicionalmente zonas con *Festuca dolichophylla* y con *Plantago rigida* (Sánchez, 1990).

A nivel de Perú no hay muchas investigaciones recientes sobre *Festuca Dolichophylla*, se encuentra solamente antiguos estudios, en 1984 y otros anteriormente es por ello que no resaltamos como citas. En la zona sur del Perú tenemos los estudios realizados sobre el Área de Conservación Vilacota Maure (Álvarez & América, 2013).

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

Se estudió la población microbiana en una rotación de cultivos con descanso, común en el altiplano central boliviano. Se determinó la

presencia y densidad de cuatro grupos taxonómicos de microorganismos: bacterias; hongos, actinomicetos y esporas de las micorrizas arbusculares en el suelo rizosférico de cuatro cultivos de la rotación (papa, quinua, cebada y avena); en las principales especies silvestres perennes (*Stipa ichu*, *Festuca dolichophylla*, *Baccharis incarum*) que colonizan las parcelas en descanso y en parcelas entre uno y más de 20 años de descanso. Se explora luego las relaciones entre las poblaciones de microorganismos y algunas características del suelo: textura, materia orgánica (carbonato orgánico, nitrógeno total) y fósforo asimilable. Se relaciona finamente los datos de suelo, microbiota (la Microbiota puede ser definida como los microorganismos que son frecuentemente encontrados en varias partes del cuerpo, en individuos sanos) y duración del descanso, mediante un análisis de componentes principales (Sivila & Hervé, 2001).

Evaluación de métodos de análisis de vegetación en praderas naturales de la S.A.I.S. Pachacútec Ltda. No.7: El periodo de evaluación de las praderas comprendió la época húmeda (febrero y abril en el primer y segundo año, respectivamente) y la época seca (agosto) de los años 1983 y 1984. Los parámetros de vegetación considerados para medir la eficiencia de los métodos de análisis en las praderas evaluadas fueron el

número de especies; la cobertura total y la dominancia de especies claves (*Poa candamoana* y *Festuca dolichophylla*) (Arias, 1987).

*Festuca rigescens* es conocida para la flora de Perú y Bolivia y en esta contribución se amplía su distribución para Argentina y Chile. Se recircunscriben los límites específicos de *Festuca nardifolia*, especie comúnmente confundida con la anterior, y se la excluye de Chile. Se ilustran y se describen detalladamente la morfología y anatomía de ambas especies y se presenta una clave para distinguir las de las especies morfológicamente más afines en Argentina y Chile. Se seleccionan lectotipos para *F. desertícola* y *F. paupera*. Se establecen nuevos sinónimos bajo *F. rigescens*: *Festuca desertícola*, *F. paupera*, *F. petersonii* y *F. saltana* (Ospina, Aliscioni, & Denham, 2013).

### **2.3. Definición de términos**

***Festuca dolichophylla*** (Chilligua): planta perenne, crece en densos manojos, en suelos profundos, algo húmedos, tiene una altura de 30 a 100 cm, hojas de 10 a 35 cm de largo; floración en espiguilla de muchas flores de 9 a 10 cm de largo, con plumas agudas. Se desarrolla desde los 3 800 hasta los 4 500 msnm, resistente a sequías, heladas y granizadas. Es deseable para llamas y vacunos, y poco deseable para ovinos y alpacas (Alejo, Valer, *et al*, 2014). Es un pasto fuerte, abundante en la

zona altoandina, es uno de los forrajes principales del ganado ovino y camélido sudamericano. El género *Festuca* aproximadamente comprende 350 - 400 especies de distribución cosmopolita (Reyna & Dávila, 1995). Aunque la mayor parte de la diversidad taxonómica del género está concentrada en la zona templada del hemisferio norte, hay también representantes del género en Nueva Guinea, Australia, Tasmania, Nueva Zelanda y África. Además, una alta diversidad (aproximadamente 140 especies) del género *Festuca* se encuentra también en América del Sur, concentrada en la zona altoandina, con un enclave extra-andino en el SE de Brasilia y NE de Argentina. El género *Festuca* juega un papel importante en los pastizales y estepas xerofíticas y mesofíticas del mundo (Stancík, 2003).

**Géiser:** Un géiser se define como una fuente termal con erupciones intermitentes de vapor y agua líquida. Existen dos variedades de manifestaciones termales que normalmente suelen confundirse con géiseres, pero que no califican según definición: (1) *Intermittent spring* (fuentes intermitentes), que son fuentes termales que se desbordan periódicamente pero nunca generan erupciones y (2) *Perpetual spouter* (o *pulsating spring*) que son fuentes termales con erupciones continuas en el tiempo, es decir su acción nunca termina (Soto & Sebastián, 2014).

**Agua Mineral Termal:** Agua mineral cuya temperatura de emergencia debe ser superior al menos en cuatro grados centígrados, a la media anual de la temperatura ambiental del medio donde emergen, permitiendo utilizar su acción calorífica (Hauser, 1989).

**Cuadrantes Aleatorios:** es una de las formas más comunes de muestreo de vegetación. Los cuadrantes hacen muestreos más homogéneos y tienen menos impacto de borde en comparación a los transeptos. El método consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas. Por su facilidad de determinar la cobertura de especies, los cuadrantes eran muy utilizados para muestrear la vegetación de sabanas y vegetación herbácea (Cerrado, Puna, Paraderas). Hoy en día, los cuadrantes pueden ser utilizados para muestrear cualquier clase de plantas (Moreno, 2001).

**Distribución Espacial:** La distribución espacial se realiza en espacios pequeños, donde se contabiliza el número de individuos de una especie que se encuentra en un hábitat y un tiempo determinado. La metodología recomendada son los cuadrantes aleatorios, que pueden variar entre 1 m<sup>2</sup> y 25 m<sup>2</sup>, de acuerdo a la especie que se está investigando (Gutiérrez Flores & Canales Gutiérrez, 2012).

En la naturaleza, en forma general encontramos tres tipos de distribución espacial: Uniforme, Aleatoria y Contagiosa (Canales, 2011).

**Distribución Uniforme:** se presenta cuando los individuos de una determinada especie de flora o fauna silvestre, se encuentra en altas concentraciones de individuos en un espacio limitado, permitiendo que los individuos tengan antagonismo por acceder a un espacio y alimento.

**Distribución Aleatoria:** Se presenta cuando los individuos de la especie en investigación no tienen inconvenientes con la disponibilidad de alimento ni de hábitat, esto implica que el hábitat es de buena calidad y con alimentos disponibles.

**Distribución Contagiosa o Amontonada:** Se presenta cuando los individuos de una especie, se encuentran en forma agrupada o amontonada formando grupos dentro del hábitat. Este amontonamiento puede ser por diferentes motivos, por defensa, reproducción o alimento necesario.

**Cobertura Vegetal:** Es el dato que se obtiene sobre su diámetro de copa y tamaño de la planta. Se mide en porcentaje. La cobertura es muy usada con especies que crecen vegetativamente, como por ejemplo los pastos y algunos arbustos (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

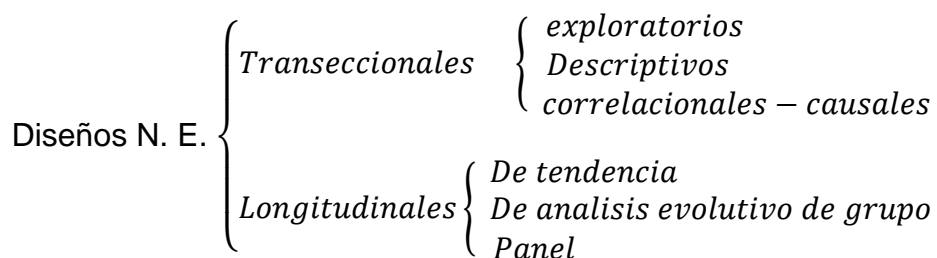
**Transecto Lineal:** según la literatura leída se puede decir que un transecto, es un instrumento de muestreo muy utilizado en la investigación ecológica, que consta de un cordel o banda milimetrada (o señalada al centímetro o al metro, según sea la necesidad en la investigación), que se extiende longitudinalmente sobre el terreno en el cual se realiza una investigación, variando la longitud y algunas condiciones según la especie biológica a investigarse y el tipo de investigación que se quiere llevar a cabo.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Caracterización, tipo y diseño de la investigación.

La investigación **no experimental** es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables independientes; se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos que ya ocurrieron o se dieron sin la intervención directa del investigador. La investigación no experimental también se conoce como investigación ex post-facto (los hechos y variables ya ocurrieron), y observa variables y relaciones entre éstas en su contexto natural. Los diseños no experimentales se dividen de la siguiente manera:



Los diseños **transeccionales** realizan observaciones en un momento único en el tiempo. Cuando recolectan datos sobre una nueva área sin ideas prefijadas y con apertura son más bien exploratorios; cuando recolectan datos sobre cada una de las categorías, conceptos,

variables, contextos, comunidades o fenómenos, y reportan lo que arrojan esos datos son descriptivos; cuando además describen vinculaciones y asociaciones entre categorías, conceptos, variables, sucesos, contextos o comunidades son correlacionales, y si establecen procesos de causalidad entre tales términos se consideran correlacionales-causales (Hernández S., Fernández C. & Baptista L. 2010).

Por la explicación citada la presente investigación se caracteriza como una investigación **No-experimental, transeccional, descriptiva** debido a que nuestra variable independiente, no es manipulada por el investigador (No-experimental), se toman los datos en un momento dado sin considerar la intervención del tiempo como determinante en la investigación (transeccional), se reportan los resultados de acuerdo a los datos obtenidos (descriptivo).

### **3.2. Población y muestra**

La población investigada es la *Festuca dolichophylla*, existente en la micro cuenca de Calientes provincia de Candarave Región Tacna; la cual se ha zonificado de la manera siguiente: **Zona alta** a una parte de la cuenca alrededor de las coordenadas: 4455; 19k0380738; 8110052. **Zona media** alrededor de las coordenadas: 4335; 19k0378338; 8107096, y la **Zona baja** alrededor de las coordenadas: 4164; 19k0375623; 8098994.

Tal como se observa en la Figura 5, para poder realizar esta zonificación, el investigador juntamente con el equipo de colaboradores hicieron una exploración de la cuenca y haciendo uso de un GPS (Garmin Nuvi 30LM de fabricación estadounidense) se establecieron las zonas.

Las muestras constituyen los ejemplares de *Festuca dolichophylla* existentes en 120 m<sup>2</sup>, que fueron cubiertos por 30 cuadrantes aleatorios de 4 m<sup>2</sup>, aplicados en cada una de las zona alta, media y baja de la cuenca. A continuación se tiene la ubicación taxonómica de la *Festuca dolichophylla*, según (Flores 2017):

Reino: Vegetal

Sub Reino: Phanerogamae

División: Angiospermae

Clase: Monocotyledoneae

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

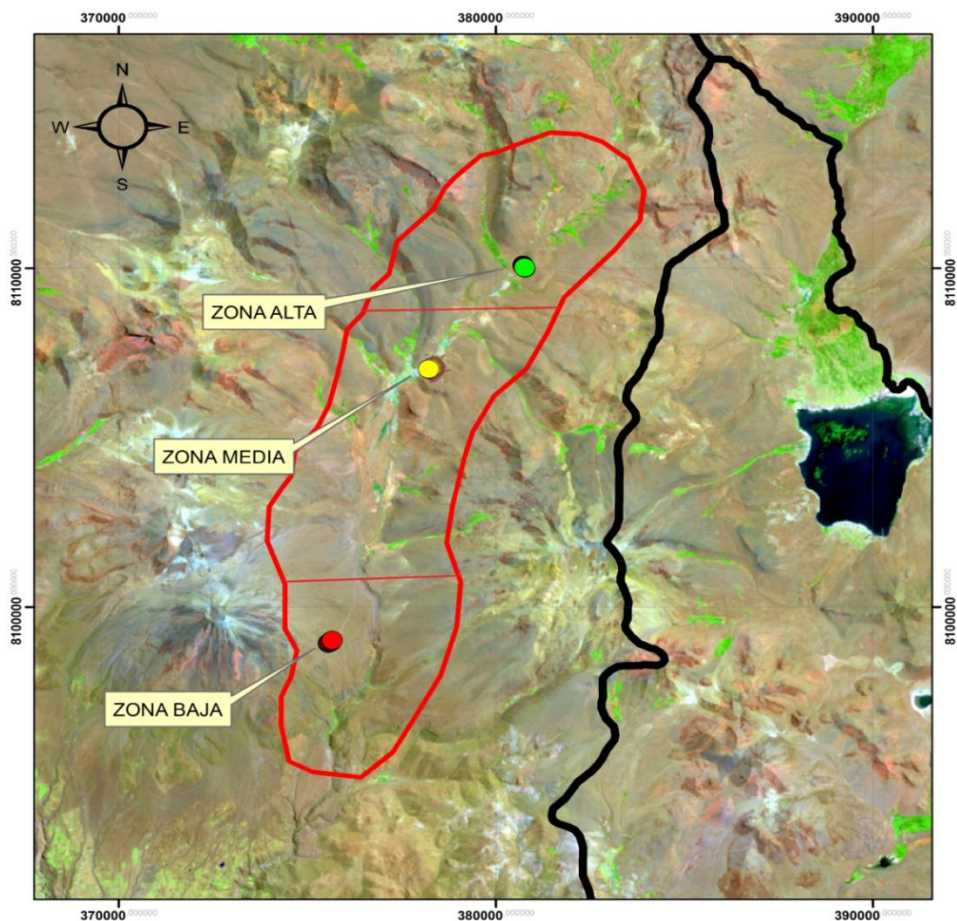
Familia: Poaceae

Subfamilia: Pooideae

Tribu: Festuceae

Género: Festuca

Especie: *Festuca dolichophylla*

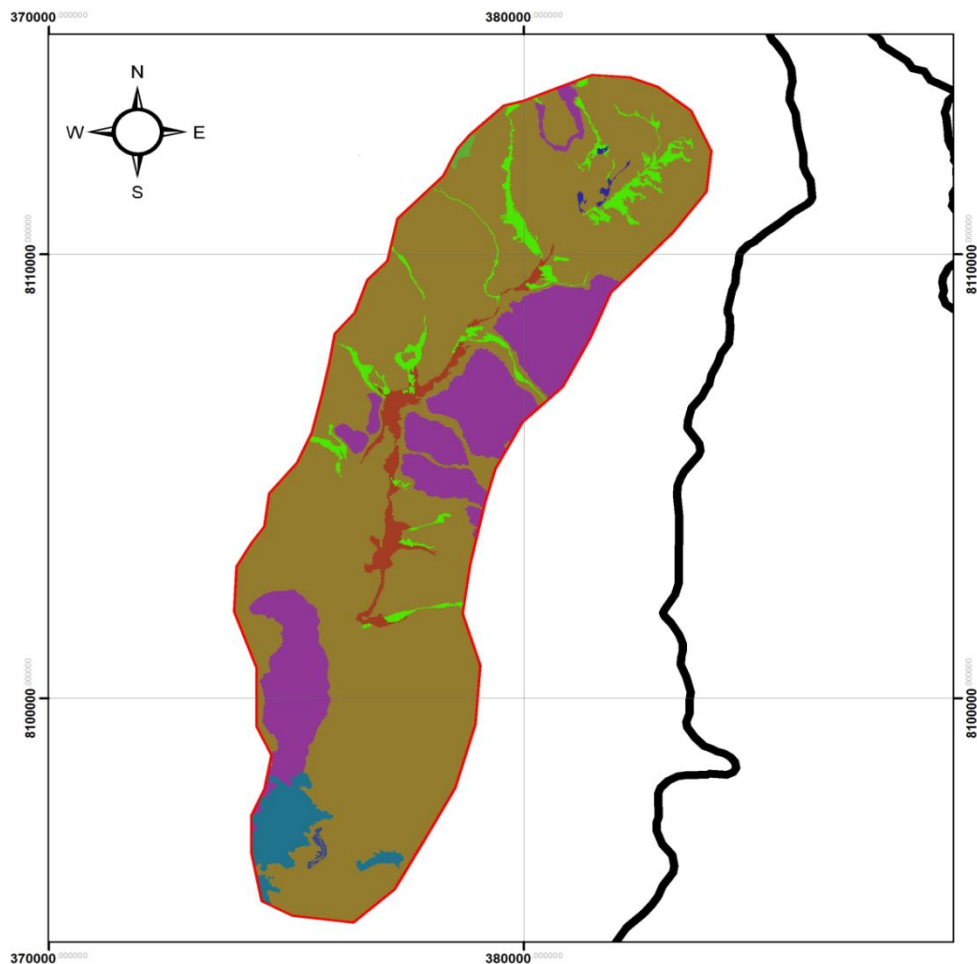


LEYENDA	
<span style="color: green;">●</span>	ZA
<span style="color: red;">●</span>	ZB
<span style="color: yellow;">●</span>	zm
<span style="border: 1px solid red; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	area_estudio
<b>Tacna_spt_2017.TIF</b>	
<b>RGB</b>	
<span style="color: red;">■</span>	Red: Band_7
<span style="color: green;">■</span>	Green: Band_5
<span style="color: blue;">■</span>	Blue: Band_2

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		
TESIS: <i>DISTRIBUCION ESPACIAL Y COBERTURA VEGETAL DE LA ESPECIE Festuca dolichophylla EN LA MICRO CUENCA DE CALIENTES PROVINCIA CANDARAVE</i>		
MAPA: UBICACION DE PUNTOS DE MUESTREOS		
FUENTE: ZEE-2014	ESCALA: 1:25000	<b>1</b>
FECHA: 23/01/2018	DATUM: WGS 1984	
AUTOR: E.D.T.P	ZONA: 19S	

**Figura 5.** Vista satelital del valle de Calientes, dividido en zonas: alta, media y baja, mostrando los lugares donde se tendieron los cuadrantes aleatorios para la obtención de muestras.

**Fuente:** ZEE - Región Tacna.



LEYENDA	
<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<all other values>
Categoría	
<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Agricultura Andina
<span style="background-color: green; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Bofedal
<span style="background-color: brown; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Bofedal Impactado
<span style="background-color: purple; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Bofedal Recuperacion
<span style="background-color: darkblue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Bosque Relicto Altoandino
<span style="background-color: olive; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Matorral Arbustivo-Pajonal Andino
<span style="background-color: magenta; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Yaretal
<span style="background-color: lightgreen; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Zona Nival
<span style="border: 2px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	MF_MBASE_LIMITE_PROVINCIAL
<span style="border: 2px solid red; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	area_estudio

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		
TESIS: <i>DISTRIBUCION ESPACIAL Y COBERTURA VEGETAL DE LA ESPECIE Festuca dolichophylla EN LA MICRO CUENCA DE CALIENTES PROVINCIA CANDARAVE</i>		
MAPA: DISTRIBUCION ESPACIAL - COBERTURA VEGETAL		
FUENTE: ZEE-2014	ESCALA: 1:25000	<b>2</b>
FECHA: 23/01/2018	DATUM: WGS 1984	
AUTOR: E.D.T.P	ZONA: 19S	

**Figura 6.** Mapa satelital de la zona investigada mostrando distribución espacial y cobertura vegetal pero de la vegetación en su conjunto y bofedales.

**Fuente:** ZEE Región Tacna.

### 3.3. Operacionalización de variables

Para alcanzar el primer objetivo específico de Evaluar la distribución espacial de *Festuca dolichophylla* en la zona alta, media y baja de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave, se realizó la obtención de datos mediante cuadrantes aleatorios, observándose en ellos la frecuencia con que se presentaba nuestra especie en investigación; operándose las variables de la siguiente manera: **Variable independiente:** zonas de monitoreo (alta, media y baja de la cuenca), y la **variable dependiente** que es la distribución espacial de *Festuca dolichophylla*.

Para alcanzar el segundo, objetivo específico que fue de Estimar la cobertura vegetal de la *Festuca dolichophylla* en la zona alta, media y baja de la micro cuenca de Calientes – Candarave, se realizó la obtención de datos mediante cuadrantes aleatorios, asignándose un porcentaje de cobertura en cada uno de los 30 cuadrantes extendidos en cada una de las zonas alta, media y baja de la cuenca. Operándose las variables de la manera siguiente: **Variable independiente:** zonas de monitoreo: alta, media y baja de la cuenca; en los tres tiempos de muestreo, y la **variable dependiente:** cobertura vegetal de la *Festuca dolichophylla*.

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

La determinación de la dominancia de la *Festuca Dolichophylla*, en la micro cuenca de Calientes se sustenta por observación directa de la frecuencia con la que se presenta la *Festuca dolichophylla*, en los 10 transectos de 30 m de longitud, extendidos en cada una de las zonas de investigación alta, media y baja de la cuenca; tal como se muestra en la Figura 7.



**Figura 7.** Se observa parte de un transecto extendido sobre el terreno de la zona baja de la cuenca, donde existe menos población de *Festuca dolichophylla*.

**Fuente:** Foto del autor.

Para obtener datos sobre la cobertura vegetal y la distribución espacial de la *Festuca dolichophylla*, se obtuvo 30 muestras, mediante cuadrantes aleatorios, extendidos en cada una de las zonas alta, media y baja de la cuenca.

En este tipo de investigaciones, el tamaño del cuadrante está inversamente relacionado con la facilidad y velocidad de muestreo. El tamaño del cuadrante, también, depende de la forma de vida y de la densidad de los individuos objetos de investigación.

Para muestrear vegetación herbácea, el tamaño del cuadrante puede ser de  $1 \text{ m}^2 = (1 \text{ m}) \times (1 \text{ m})$ , el mismo tamaño se utiliza para muestrear las plántulas de especies arbóreas de tamaño reducido. Para muestrear bejucos o arbustos, el tamaño puede ser de  $4 \text{ m}^2 = (2 \text{ m}) \times (2 \text{ m})$  o  $16 \text{ m}^2 = (4 \text{ m}) \times (4 \text{ m})$ . Para árboles (mayor a 10 cm DAP), los cuadrantes pueden ser de  $25 \text{ m}^2 = (5 \text{ m}) \times (5 \text{ m})$  o  $100 \text{ m}^2 = (10 \text{ m}) \times (10 \text{ m})$ . El tamaño de los cuadrantes depende de la densidad de las plantas a medirse; para refinar el tamaño adecuado, es necesario realizar pre-muestreos, ya que de no ser así, habrán muchas parcelas con ausencia de individuos o, al contrario, se tendrán cuadrantes en los que se utilizará mucho tiempo para muestrear (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

En el presente trabajo de investigación, ha sido razonable considerar cuadrantes aleatorios de  $4 \text{ m}^2 = (2 \text{ m}) \times (2 \text{ m})$ , debido al tamaño de la especie investigada y a lo accidentado del terreno, tal como se muestra en la Figura 8. Analizando estadísticamente estos datos se pudo determinar el valor de veracidad de nuestras hipótesis propuestas.

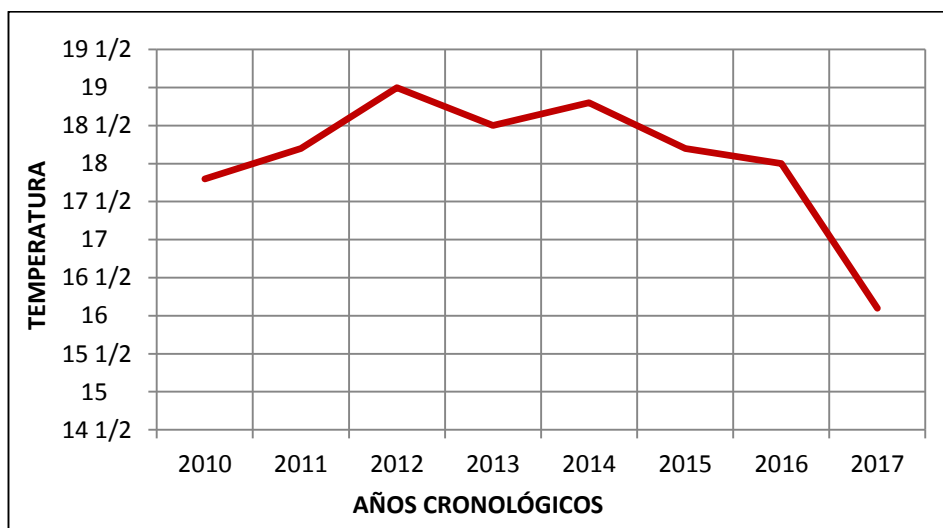


**Figura 8.** Se muestra un cuadrante de  $4 \text{ m}^2$  en la zona baja de la cuenca de Calientes – Candarave

**Fuente:** Foto del autor.

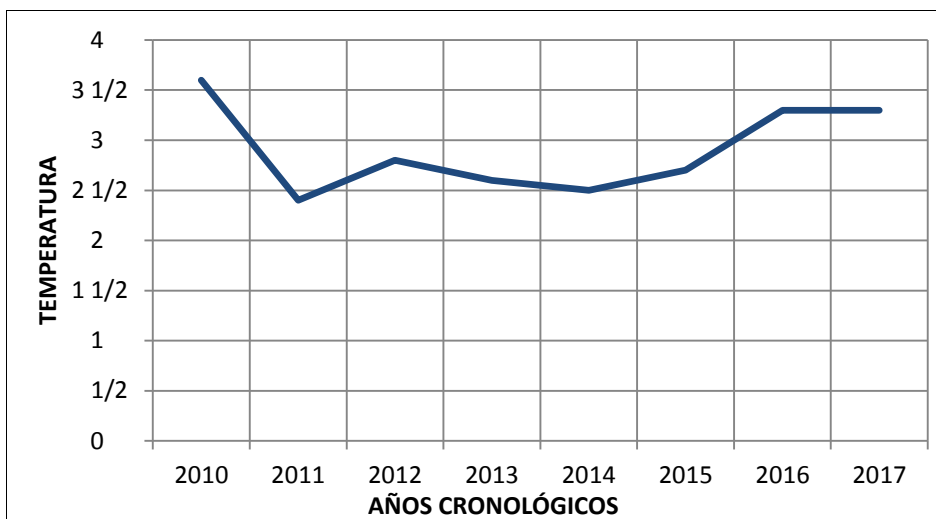
### 3.5. Procesamiento y análisis de datos

**3.5.1. Análisis del tiempo en Candarave.** Para conocer las bondades o adversidades del comportamiento climatológico de la zona se solicitaron datos a SENAMHI – Tacna, los cuales fueron procesados y sintetizados en los cuadros que se presentan a continuación:



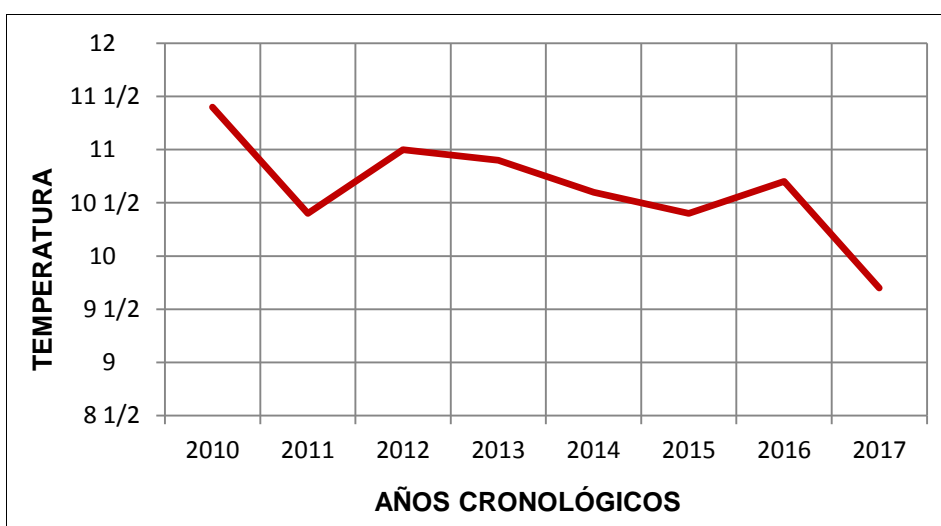
**Figura 9.** Variabilidad de la temperatura máxima promedio por año – Candarave.

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos proporcionados por SENAMHI.



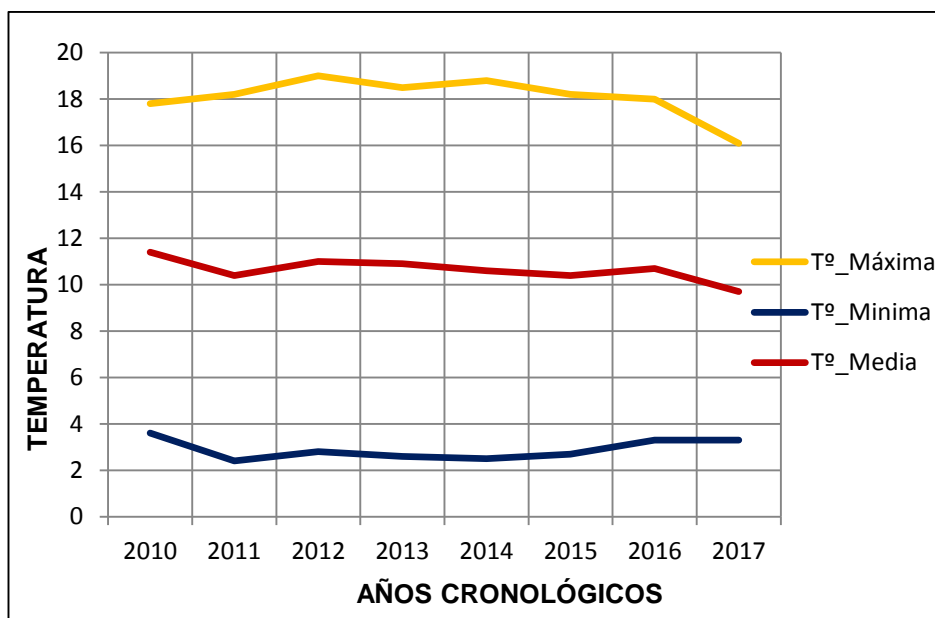
**Figura 10.** Variabilidad de la temperatura mínima promedio, por año –Candarave.

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos proporcionados por SENAMHI.



**Figura 11.** Variabilidad de la temperatura media promedio por año – Candarave.

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos proporcionados por SENAMHI.

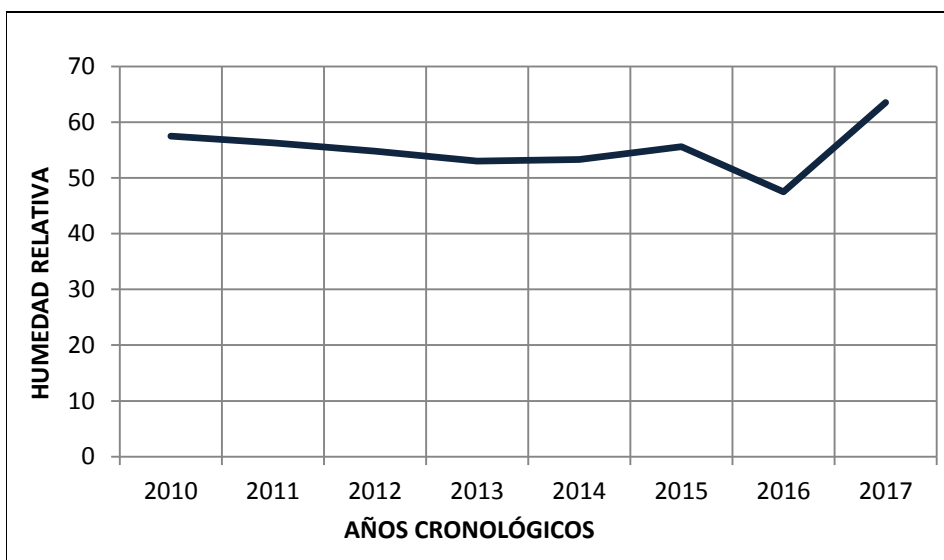


**Figura 12.** Comparación de la variabilidad de la temperatura máxima, mínima y media, promedio por año – Candarave.

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos proporcionados por SENAMHI.

Del gráfico mostrado en la Figuras 12, podemos observar que la temperatura en los últimos años tiende a estandarizarse acercándose tanto la temperatura máxima como la mínima, a la temperatura media.

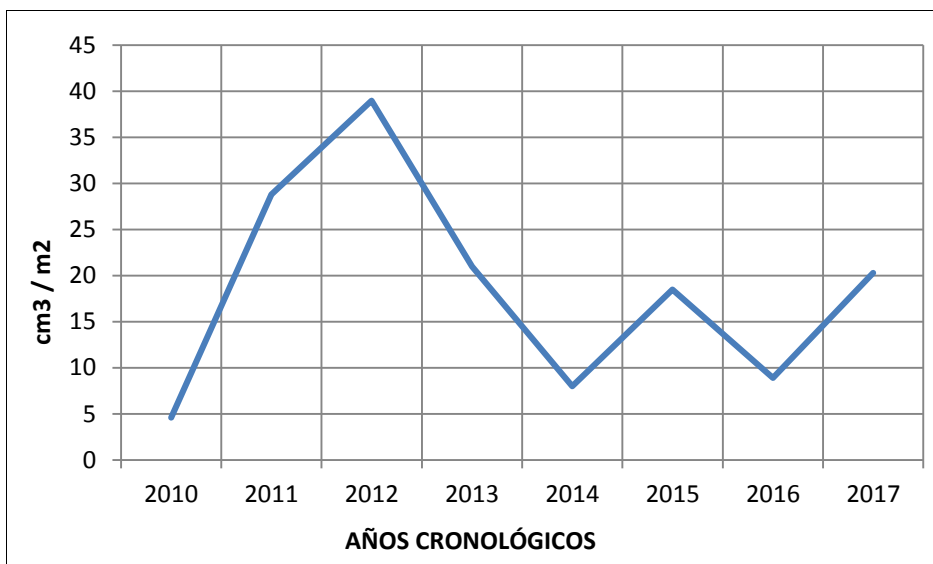
En cuanto a la humedad, podemos mencionar que en la zona se presenta un buen porcentaje de humedad (ver Figura 12), lo cual hace que el clima sea un tanto asequible para la presencia de fauna y flora silvestre.



**Figura 13.** Poligonal de la variabilidad de la humedad promedio por año - Candarave.

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos proporcionados por SENAMHI.

En el cuadro de la Figura 14, se observa que en los últimos años hay poca presencia de precipitaciones o lluvias, lo cual es preocupante, puesto que de continuar así en un corto periodo de tiempo se afectaría enormemente la flora y fauna silvestre, en la zona donde se realiza la investigación solo hay vida con la presencia de lluvias y de este modo resultaría afectada en forma directa la economía de los ocupantes del valle de Calientes.

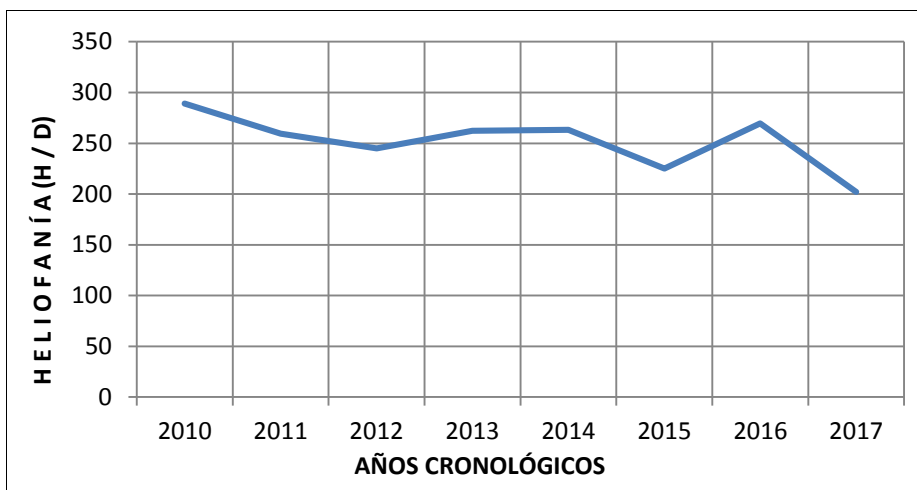


**Figura 14.** Variabilidad de la temperatura media promedio por año – Candarave.

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos proporcionados por SENAMHI.

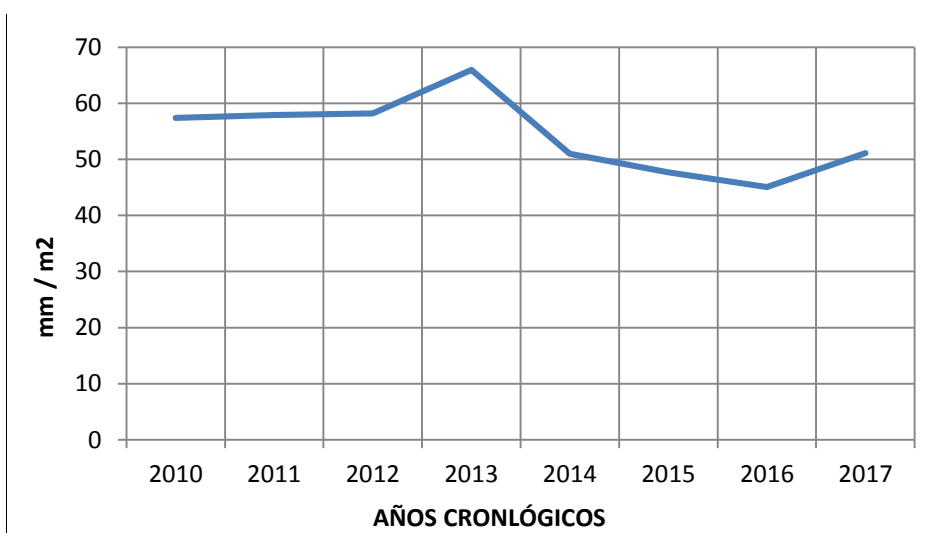
La heliofanía (según Figura 15) es bastante buena en esta zona y está más o menos en un promedio de 8 horas diarias de sol, lo cual hace que el hábitat sea más asequible para las especies existentes en el medio, tanto animales como vegetales.

En cuanto a la evaporación Figura 16, se observa que tiende a reducirse, esto es explicable como respuesta a la poca precipitación que se presenta en los últimos años, se podría decir por lo menos compensable para la vida en la zona, “hay poca lluvia, como consecuencia poca evaporación”.



**Figura 15.** Variabilidad de la heliofanía media promedio por año- Candarave.

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos proporcionados por SENAMHI.



**Figura 16.** Variabilidad de la evaporación promedio por año- Candarave.

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos proporcionados por SENAMHI.

**3.5.2 Análisis químico de suelos.** Se ha realizado un análisis químico de suelos en forma diferenciada de las tres zonas de investigación, como parte informativa de la investigación, que se presenta en las Tablas 1, 2 y 3; cuyos datos fueron resumidos en la Tabla 4, y luego con el programa

**Tabla 1**

*Análisis químico de suelo de la zona alta de la cuenca de Calientes – Candarave.*

Elemento	ZA1 Peso %	ZA2 Peso %	ZA3 Peso %	Promedio %
C	6,75	9,35	6,46	7,5200000
O	55,17	54,01	54,59	54,5900000
Na	0,62	0,63	0,57	0,6066667
Mg	0,19	0,16	0,29	0,2133333
Al	3,05	2,97	3,13	3,0500000
Si	31,00	30,15	31,49	30,8800000
S	0,00	0,00	0,00	0,0000000
K	0,80	0,83	1,08	0,9033333
Ca	0,42	0,63	0,66	0,5700000
Ti	0,43	0,00	0,31	0,2466667
Fe	1,57	1,27	1,42	1,4200000
Total	100 %	100 %	100 %	100 %

**Fuente.** Elaboración propia en base a resultados de las Muestras procesadas en el Laboratorio de Metalurgia y Siderurgia – Microscopía de la Facultad de Ingeniería – UNJBG.

estadístico *Past* se realizó una correlación de cantidades (promedios) de cada uno de los elementos encontrados en las diferentes muestras, de las zonas: alta, media y baja de la cuenca y se expresa en un Diagrama de Cluster, según Figura 17; mostrándose una gran similitud entre los suelos

de las tres zonas alta media y baja de la cuenca; a un nivel de similitud de 0,9875 en una escala de 0 a 1; y una mayor similitud aún entre las zonas media y baja, de 0,9986 en una escala de 0 a 1; según Diagrama de Cluster, que se muestra en la Figura 17.

**Tabla 2**

*Análisis químico de suelo de la zona media de la cuenca de Calientes – Candarave.*

Elemento	ZM1 Peso %	ZM2 Peso %	ZM3 Peso %	Promedio % Zona Media
C	9,98	0,00	1,32	3,7666667
O	49,13	52,38	53,10	51,5366667
Na	1,82	2,09	2,13	2,0133333
Mg	0,68	0,66	0,71	0,6833333
Al	6,85	7,85	7,73	7,4766667
Si	23,70	27,39	25,98	25,6900000
S	0,00	0,00	0,00	0,0000000
K	2,23	2,86	2,79	2,6266667
Ca	1,82	1,98	1,77	1,8566667
Ti	0,00	0,44	0,50	0,3133333
Fe	3,79	4,35	3,97	4,0366667
Total	100 %	100 %	100 %	100 %

**Fuente.** Elaboración propia en base a resultados de las muestras procesadas en el Laboratorio de Metalurgia y Siderurgia – Microscopía de la Facultad de Ingeniería – UNJBG.

**Tabla 3**

*Análisis químico de suelo de la zona baja de la cuenca de Calientes  
– Candarave.*

Elemento	ZB1 Peso %	ZB2 Peso %	ZB3 Peso %	Promedio % Zona Baja
C	0,00	4,65	0,00	1,55000000
O	50,47	52,92	54,5	52,63000000
Na	2,53	1,69	2,00	2,07333333
Mg	0,56	0,55	0,53	0,54666667
Al	8,60	7,76	7,68	8,01333333
Si	28,03	24,40	26,27	26,23333333
S	0,00	0,28	0,28	0,18666667
K	2,38	2,29	2,35	2,34000000
Ca	2,28	1,47	1,79	1,84666667
Ti	0,00	0,28	0,42	0,23333333
Fe	5,15	3,71	4,18	4,34666667
Total	100 %	100 %	100 %	100 %

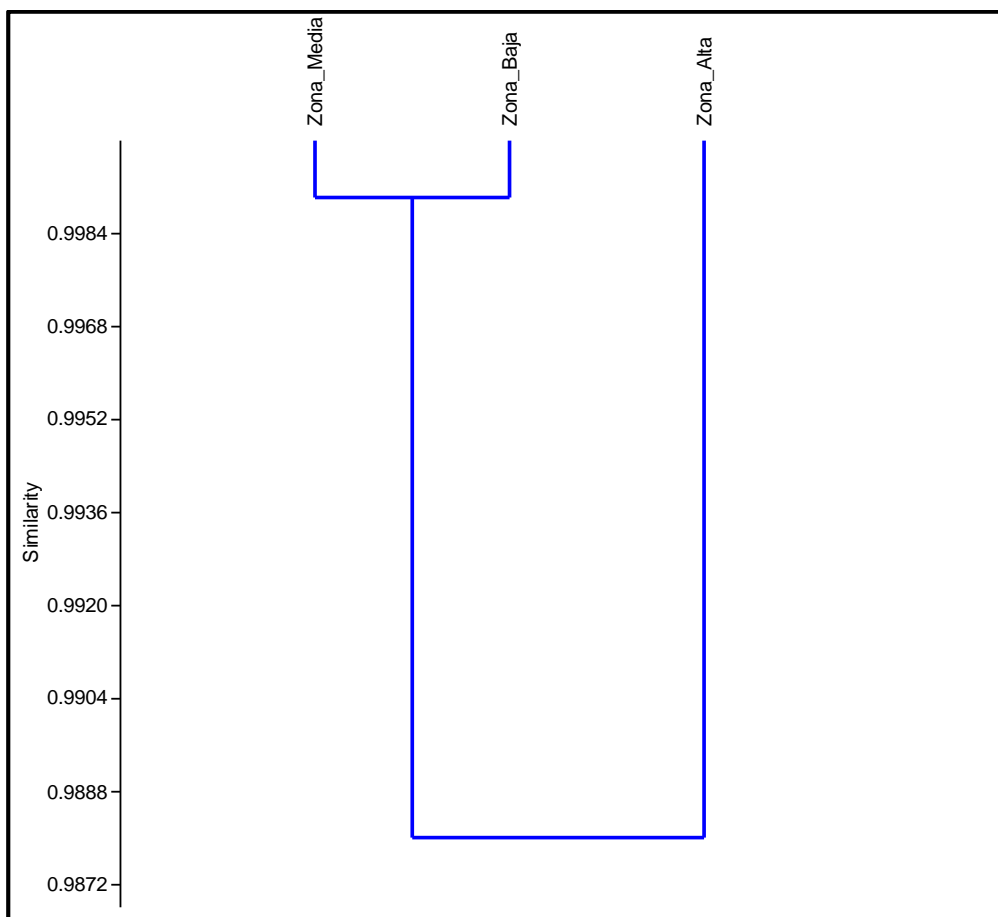
**Fuente:** Elaboración propia en base a resultados de las Muestras procesadas en el Laboratorio de Metalurgia y Siderurgia – Microscopia de la Facultad de Ingeniería – UNJBG.

**Tabla 4**

*Promedios en porcentaje del análisis químico de suelo de cada una de las zonas de investigación tomados de las tablas 1, 2 y 3.*

Elemento	Zona Alta	Zona Media	Zona Baja
C	7,5200000	3,7666667	1,55000000
O	54,5900000	51,5366667	52,63000000
Na	0,6066667	2,0133333	2,07333333
Mg	0,2133333	0,6833333	0,54666667
Al	3,0500000	7,4766667	8,01333333
Si	30,8800000	25,6900000	26,23333333
S	0,0000000	0,0000000	0,18666667
K	0,9033333	2,6266667	2,34000000
Ca	0,5700000	1,8566667	1,84666667
Ti	0,2466667	0,3133333	0,23333333
Fe	1,4200000	4,0366667	4,34666667
Total	100 %	100 %	100 %

**Fuente:** Elaboración propia del autor.



**Figura 17.** Diagrama de Cluster tomado de la Tabla 4, indicandooos niveles de similitud de suelos químicamente, entre las zonas: alta, media y baja de la cuenca de Calientes – Candarave (Punto decimal, propio del software Past).

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

### 3.5.3. Dominancia de la *Festuca dolichophylla*

Tal como se puede observar en forma directa en la Tabla 5, la frecuencia con que se presenta la *Festuca dolichophylla* en las tres zonas de investigación, indica que es dominante en las zonas alta y baja, pero

resulta en segundo lugar en la zona media; esto está indicando que la especie en investigación es dominante por grandes sectores y dentro la cuenca existen pequeños sectores sin *Festuca*. Sin embargo en el conteo total resulta ser dominante, según la quinta columna de la Tabla 5.

**Tabla 5**

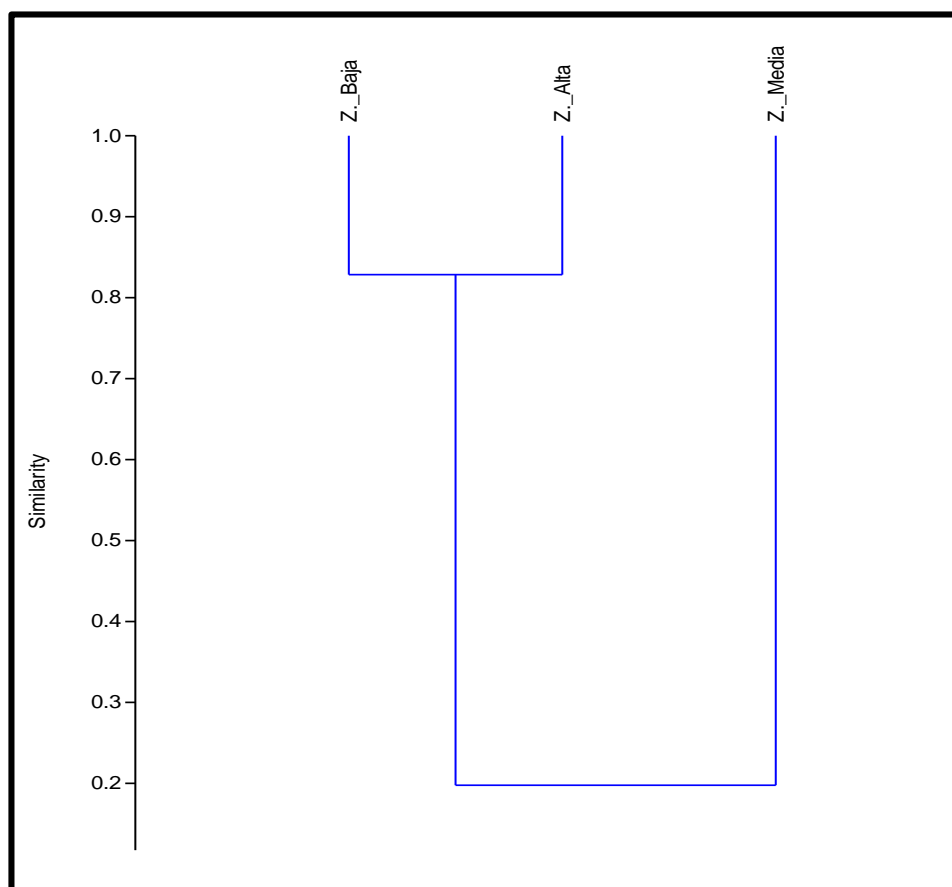
*Frecuencia de distribución de especies, en la cuenca de Calientes.*

ESPECIE	Z. Alta	Z. Media	Z. Baja	Total	Total en %
<i>Festuca dolichophylla</i>	73	28	67	168	46,41
<i>Parastrephia quadra.</i>	13	88	00	101	27,90
<i>Tetraglochin cristat</i>	07	00	00	7	1,93
<i>Linken - 1</i>	03	00	03	6	1,66
<i>Asteracea - 1</i>	00	00	07	7	1,93
<i>Asteracea 2</i>	00	00	10	10	2,76
<i>Calamagrostis sp.1</i>	02	18	00	20	4,97
<i>Calamagrostis sp.2</i>	00	06	00	6	1,66
<i>Orolobio</i>	00	00	35	35	9,67
<i>Esciane1</i>	00	00	02	2	0,55
<i>Esciane2</i>	00	00	00	0	0,00
Frecuencia total	98	140	124	362	100,00

**Fuente:** Elaboración propia del autor

Esta observación inmediata sobre la dominancia de la *Festuca dolichophylla* se confirma estadísticamente al aplicarse en forma horizontal y en forma vertical, un análisis de Cluster, sobre la Tabla 5. En la Figura 18 se observa la similitud de dominancia, en un nivel de 0,83 en una escala de 0 a 1, entre las zonas alta y baja de la cuenca y se

diferencia de ellas la dominancia de las especies en la zona media, efectivamente en esa zona la *Festuca Dolichophylla* frecuente en segundo lugar, solo se parece a las demás en un nivel 0,2 en una escala de 0 a 1.

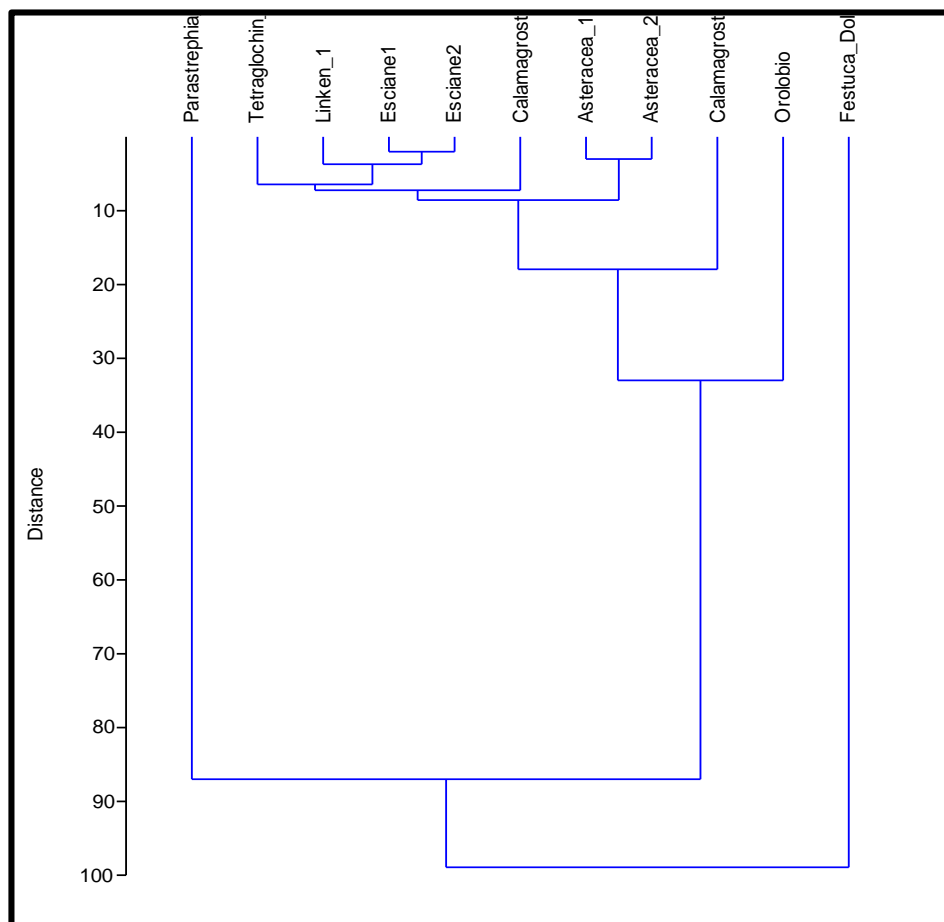


**Figura 18.** Correlación mediante un diagrama de Cluster, muestra una similitud de dominancia en la zona alta y baja (El punto decimal es propio del software Past).

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

En la Figura 19, podemos observar la dominancia de la *Festuca dolichophylla*, ante las demás especies que viven en la cuenca, al

aplicarse un análisis de cluster, a la frecuencia con que se presentan una y otra especie, en las zonas alta, media y baja de la cuenca, en la Tabla 5, obteniéndose el siguiente resultado:



**Figura 19.** Resultado de aplicar un análisis de Cluster a las frecuencias con que se presentan las diferentes especies vegetales, en las tres zonas de la cuenca; para demostrar que la *Festuca dolichophylla* es la especie dominante en la cuenca.

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

La *Festuca dolichophylla* es la especie dominante 100 %, seguida de la *Parastrephia* en un 86 %, sigue el *Orolobio* en un 35 %, la *Calamagrostis* en un 20 %, y así sucesivamente. De esta manera se confirma que la *Festuca dolichophylla* es la especie dominante de la cuenca Calientes - Candarave.

#### **3.5.4. ¿Cómo determinar la distribución espacial de la especie *Festuca dolichophylla* en la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave-Tacna – 2017?**

Esta es una de las partes medulares de la investigación, donde se debe determinar la distribución espacial de la *Festuca dolichophylla* en forma diferenciada, en las tres zonas de investigación con tal fin se presenta el consolidado de los datos obtenidos durante los tres trabajos de campo, mediante cuadrantes aleatorios; organizados en cuadros de frecuencias.

Para determinar la distribución espacial se consideran 6 parámetros:

1.- Frecuencias observadas

2.- Media de frecuencias:  $\bar{x} = \frac{\sum x_i f_i}{\sum f_i}$

3.- Varianza: 
$$S^2 = \frac{1}{\sum f_i} \left[ (\sum x_i^2 \cdot f_i) - \frac{(\sum x_i f_i)^2}{\sum f_i} \right]$$

4.- Índice de Dispersión: 
$$ID = \frac{S^2}{\bar{x}}$$

5.- Grados de Libertad:  $(n - 1)$ ,  $n = 30$  en cada zona.

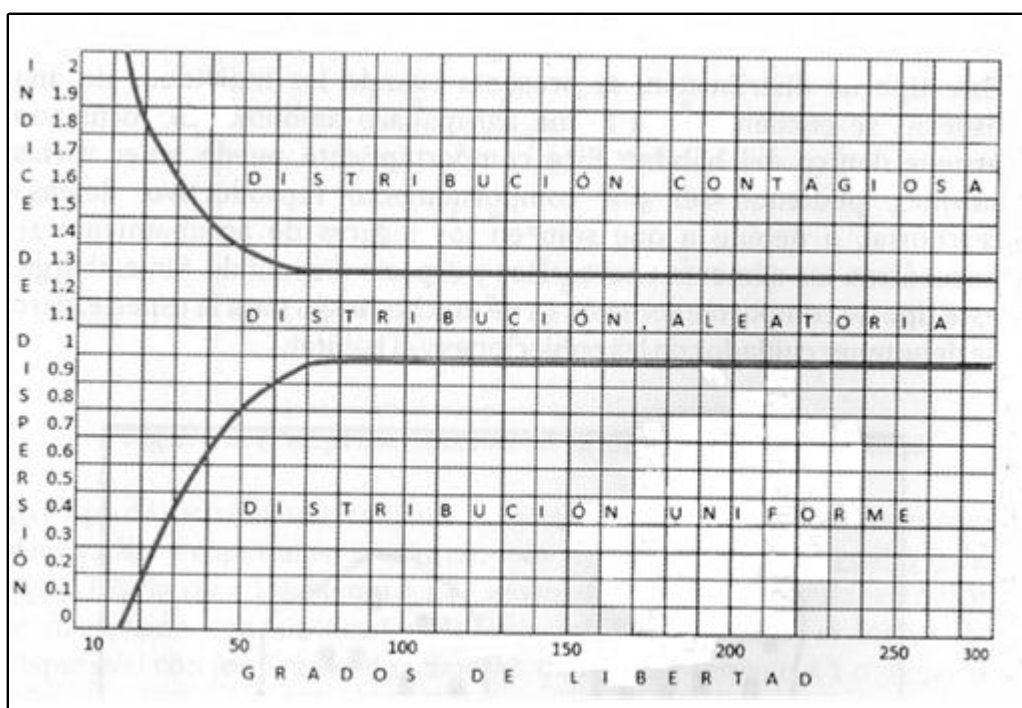
6.- Nomograma de Clapham (Ver Figura 20).

Se utilizó como herramienta del proceso, un nomograma de Clapham según el método sugerido por el Dr. Ángel Canales Gutiérrez a través de su libro “Bioestadística – Herramienta para la Investigación” La Figura 20, muestra un nomograma de Clapham, que consta de un seccionamiento del plano convenientemente, en tres partes indicándose la clasificación siguiente:

**Distribución Uniforme** “(...) los datos recolectados del campo y analizados a través de frecuencias observadas y esperadas, presenta una varianza mucho mayor que la media. Así mismo se puede calcular el Índice de Dispersión (...) y debe estar cercano a 0 (...) Se puede plotear en el nomograma de Clapham”.

**Distribución Aleatoria** “(...) varianza similar o igual que la media (...) Índice de Dispersión cercano a 1 o un poco más que 1 (...) Se debe plotear en el nomograma de Clapham”.

**Distribución Contagiosa o Amontonada** “(...) presenta una varianza mucho mayor que la media (...) el índice de dispersión debe ser mucho mayor que 1 (...) Se puede plotear en el nomograma de Clapham” (Canales, 2011).



**Figura 20.** Nomograma de Clapham, sirve para clasificar la distribución espacial dependiendo de la ubicación del índice de dispersión, en alguno de los tres sectores del plano así distribuido (el punto decimal es propio del esquema de la fuente).

**Fuente:** (Canales, 2011).

### **3.5.5. Como determinar la cobertura vegetal de la especie *Festuca dolichophylla* en la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave-Tacna – 2017.**

Es la segunda parte importante de la presente investigación, para lograr el segundo objetivo específico, se considera la columna denominada “cobertura” de todas las tablas que contienen los datos del trabajo de campo realizado durante la investigación y se determinará de acuerdo a la clasificación siguiente:

- **Baja** cobertura o mala cobertura: 0 % a 33 %.
- Cobertura **moderada**: más de 33 %, hasta el 66 %.
- **Alta** cobertura o buena cobertura: mayor a 66 %.

### **3.5.6. Datos obtenidos mediante muestreo - trabajo de campo.**

A continuación se presentan los datos obtenidos en los trabajos de campo realizados durante la investigación, respecto a la distribución espacial y cobertura vegetal de la *Festuca dolichophylla* en la microcuenca de Calientes – provincia de Candarave – Tacna – 2017 a febrero 2018. Se empieza con los datos de la zona alta, luego se pasa a la zona media, por último se presentan los datos de la zona baja.

**Tabla 6**

Datos obtenidos en el primer trabajo de campo realizado en la cuenca de Calientes – Candarave – agosto, 2017.

Cuadrante	Coordenadas	Cobertura %	Frecuencia	Vigorosidad
CZA-1,1	4 450; 19k0380718; 8110090	75	12	Media
CZA-1,2	4 751; 19k0380724; 8110077	90	15	Media
CZA-1,3	4 451; 19k0380725; 8110071	75	11	Media
CZA-1,4	4 754; 19k0380734; 8110068	100	18	Media
CZA-1,5	4 455; 19k0380737; 8110058	50	19	Mala
CZA-1,6	4 455; 19k0380738; 8110052	50	13	Mala
CZA-1,7	4 455; 19k0380742; 8110041	50	14	Buena
CZA-1,8	4 457; 19k0380751; 8110037	40	12	Mala
CZA-1,9	4 462; 19k0380766; 8110008	70	13	Buena
CZA-1,10	4 460; 19k0380764; 8110019	40	14	Mala
Me/Mo		Me=64	Me=14,1	Mo=Media

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Tabla 7**

*Datos obtenidos en el segundo trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – noviembre 2017.*

Cuadrante	Cobertura %	Frecuencia	Vigorosidad
CZA-2,1	60	17	Media
CZA-2,2	30	15	Media
CZA-2,3	25	10	Media
CZA-2,4	70	19	Media
CZA-2,5	40	20	Mala
CZA-2,6	25	8	Mala
CZA-2,7	8	10	Mala
CZA-2,8	5	3	Mala
CZA-2,9	20	2	Buena
CZA-2,10	40	7	Mala
Me/Mo	32,3	11,1	Moda=Mala

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Tabla 8**

*Datos obtenidos en el tercer trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – febrero 2018.*

Cuadrante	Cobertura %	Frecuencia	Vigoresidad
CZA-3,1	60	7	Media
CZA-3,2	50	6	Media
CZA-3,3	75	10	Media
CZA-3,4	30	5	Media
CZA-3,5	70	6	Mala
CZA-3,6	20	6	Mala
CZA-3,7	70	8	Buena
CZA-3,8	5	1	Mala
CZA-3,9	60	5	Buena
CZA-3,10	50	10	Mala
Me/Mo	Me=49	Me=6,4	Mo=Media

**Fuente:** Elaboración propia del autor

**Tabla 9**

*Datos de la zona media, obtenidos en el primer trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – agosto, 2017.*

Cuadrante	Coordenadas	Cobertura %	Frecuencia	Vigoresidad
CZM-1,1	4333; 19k0378338; 8107096	20	5	Mala
CZM-1,2	4332; 19k0378338; 8107085	90	5	Buena
CZM-1,3	4340; 19k0378335; 8107074	80	6	Buena
CZM-1,4	4340; 19k0378323; 8107065	5	5	Buena
CZM-1,5	4343; 19k0378320; 8107046	70	4	Buena
CZM-1,6	4341; 19k0378286; 8107002	70	5	Buena
CZM-1,7	4344; 19k0378276; 8106992	50	5	Buena
CZM-1,8	4332; 19k0378246; 8107011	45	3	Media
CZM-1,9	4332; 19k0378338; 8107103	30	5	Media
CZM-1,10	4330; 19k0378213; 8107026	40	5	Mala
Me/Mo		Me=50	Me=4,8	Mo=Buena

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Tabla 10**

*Datos de la zona media, obtenidos en el segundo trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – noviembre 2017.*

Cuadrante	Cobertura %	Frecuencia	Vigorosidad
CZM-2,1	75	5	Buena
CZM-2,2	73	7	Media
CZM-2,3	25	3	Media
CZM-2,4	50	8	Buena
CZM-2,5	100	8	Buena
CZM-2,6	100	6	Buena
CZM-2,7	45	5	Buena
CZM-2,8	50	3	Buena
CZM-2,9	40	2	Buena
CZM-2,10	3	2	Mala
Me/Mo	56,1	4,9	Moda=Buena

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Tabla 11**

*Datos de la zona media, obtenidos en el tercer trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – febrero 2018.*

Cuadrante	Cobertura %	Frecuencia	Vigorosidad
CZM-3,1	75	5	Mala
CZM-3,2	90	8	Buena
CZM-3,3	15	1	Buena
CZM-3,4	70	8	Buena
CZM-3,5	25	6	Buena
CZM-3,6	50	4	Buena
CZM-3,7	30	5	Buena
CZM-3,8	40	8	Media
CZM-3,9	90	9	Media
CZM-3,10	1	1	Mala
Me/Mo	Me=48,6	Me=5,5	Mo=Buena

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Tabla 12**

*Datos obtenidos en el primer trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – agosto, 2017.*

Cuadrante	Coordenadas	Cobertura %	Frecuencia	Vigorosidad
CZB-1,1	4160; 19k0375552; 8098925	10	1	Mala
CZB-1,2	4159; 19k0375560; 8098933	20	4	Mala
CZB-1,3	4158; 19k0375576; 8098942	20	8	Mala
CZB-1,4	4159; 19k0375584; 8098945	15	7	Mala
CZB-1,5	4160; 19k0375611; 8098954	20	4	Mala
CZB-1,6	4160; 19k0375616; 8098970	25	6	Mala
CZB-1,7	4162; 19k0375625; 8098986	20	2	Mala
CZB-1,8	4164; 19k0375623; 8098994	25	7	Mala
CZB-1,9	4166; 19k0375640; 8099000	5	3	Mala
CZB-1,10	4168; 19k0375655; 8099011	20	6	Mala
Me/Mo		Me=18	Me=4,8	Mo=Mala

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Tabla 13**

*Datos obtenidos en el segundo trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – noviembre 2017.*

Cuadrante	Cobertura%	Frecuencia	Vigorosidad
CZB-2,1	5	2	Mala
CZB-2,2	10	4	Mala
CZB-2,3	0	6	Mala
CZB-2,4	10	1	Mala
CZB-2,5	10	4	Mala
CZB-2,6	15	6	Mala
CZB-2,7	5	1	Mala
CZB-2,8	10	7	Mala
CZB-2,9	2	1	Mala
CZB-2,10	20	9	Mala
Me/Mo	Me=8,7	Me=4,1	Mo=Mala

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Tabla 14**

*Datos obtenidos en el tercer trabajo de campo realizado a la cuenca de Calientes – Candarave – febrero 2 018.*

Cuadrante	Cobertura%	Frecuencia	Vigorosidad
CZB-3,1	15	2	Mala
CZB-3,2	25	4	Mala
CZB-3,3	15	6	Mala
CZB-3,4	10	7	Mala
CZB-3,5	25	3	Mala
CZB-3,6	20	6	Mala
CZB-3,7	20	2	Mala
CZB-3,8	15	5	Mala
CZB-3,9	10	4	Mala
CZB-3,10	10	5	Mala
Me/Mo	Me=16,5	Me=4,4	Mo=Mala

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO FILOSÓFICO**

Las plantas son mitigantes sencillos, elegantes y permanentes de la contaminación ambiental atmosférica, del suelo, y del agua.

La tierra es una caja cerrada, en la que no ingresa, elemento alguno para contaminarlo, salvo alguna vez que se tenga la llegada de un meteorito o aerolito; entonces de qué manera sucede la contaminación de la tierra, si casi no hay incidencia externa de materia.

Recordemos la ley de conservación de la materia “la materia no se crea ni se destruye: solo se transforma”. Fue elaborada por Mijaíl Lomonósov (1711-1765) en 1748 y descubierta independientemente cuatro décadas después por Antoine Lavoisier (1743-1794) en 1785. Se puede enunciar de la siguiente manera: “La masa de un sistema permanece invariable cualquiera que sea la transformación que ocurra dentro de él”; esto es, “en términos químicos, la masa de los cuerpos reaccionantes es igual a la masa de los productos en reacción”. Así fue enunciada en el año 1748 por Mijaíl Lomonosov (36). En 1785, y de manera independiente, el químico Antoine Lavoisier (42) propone que “la materia no se crea ni se destruye: solo se transforma”. Es por esto que

muchas veces la ley de conservación de la materia es conocida como ley de Lavoisier-Lomonosov. (Babor, J.& Ibarz, J. 1978).

Se afirma entonces que la contaminación de nuestro hábitat natural, la tierra, es generada con sus propios elementos, es decir, es un desordenamiento de los mismos. En la estructura de la tierra cada elemento debe estar en su lugar (formando capas) y en una proporción adecuada, cualquier alteración del orden de estos elementos y sus proporciones, generada por algún agente, sería considerado una contaminación y la reacción de la tierra como estructura planetaria puede ser fatal; porque en realidad, una vez superado el límite de tolerancia su reacción puede ser catastrófica; como cuando sepultó a la superpoblación de dinosaurios y seres vivos de esa era (teoría orgánica de la formación de hidrocarburos), que si nos imaginamos un poquito podríamos suponer que existió una gran cantidad de estos, que encontramos por años convertidos en grandes yacimientos petroleros, que al extraerlo estamos desordenando la estructura de nuestro planeta (que ya se había ordenado), por ende estamos contaminado. Se sabe que el uso del petróleo hoy en día es, una de las formas de contaminación a mayor escala en nuestro planeta.

Es conocido por todos, que las plantas son mitigantes de la contaminación ambiental; pero la misión de los que nos consideramos profesionales defensores del medio ambiente, es que tenemos responsabilidad de dar un nuevo enfoque a tan sencillo conocimiento y hacer estudios particulares de ciertas especies vegetales que conlleven a mejorar el medio ambiente, revirtiendo de alguna manera la contaminación, es por ello que se ha escogido realizar el estudio de la distribución espacial y cobertura vegetal, y a través de ello determinar el estado de conservación, de la especie *Festuca dolichophylla*, que es la especie dominante en la cuenca de Calientes – Candarave, según queda confirmado en la presente investigación. Una pradera en buen estado de conservación cumplirá al 100 % su función como sumidero de carbono atmosférico, que comúnmente se encuentra en forma de CO<sub>2</sub> y de esta forma mitigar el efecto invernadero.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Es el capítulo medular de la investigación, es por ello que presentamos primeramente el consolidado de frecuencias de cada una de las zonas: alta, media y baja, para determinar en cada caso el tipo de distribución espacial que muestra la *Festuca dolichophylla*.

#### **5.1. Distribución espacial de la especie *Festuca dolichophylla* en la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave-Tacna 2017.**

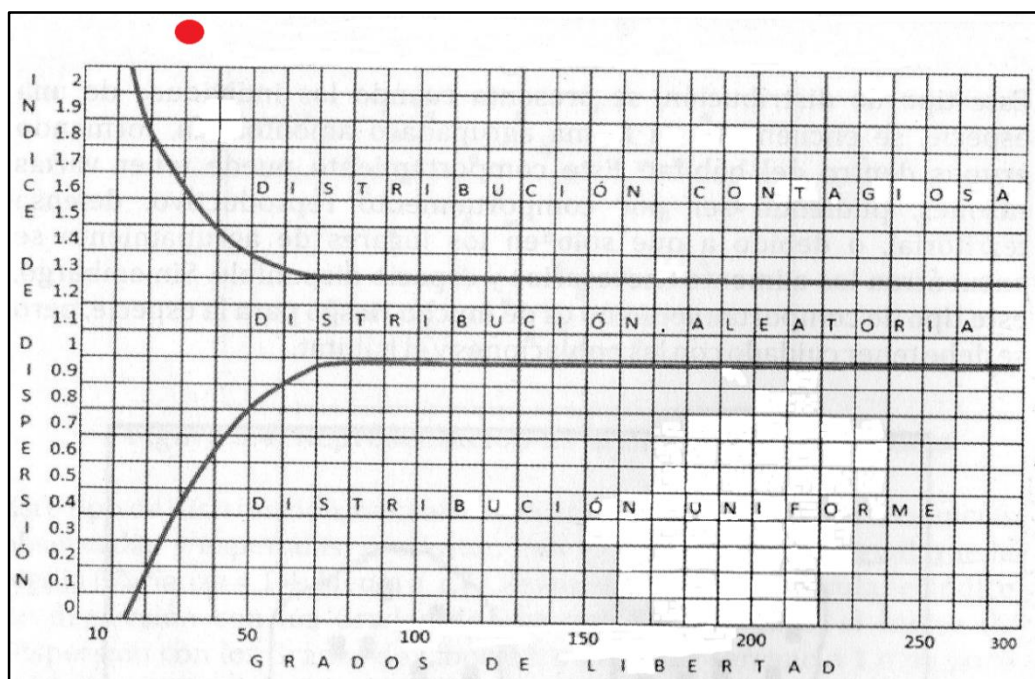
En la Tabla 15 se puede observar el consolidado de las frecuencias con que se presenta la *Festuca dolichophylla*, en cada uno de los 30 cuadrantes aleatorios, extendidos en la zona alta de Calientes; de lo cual se obtiene los parámetros necesarios, que se muestran a la derecha de la misma tabla. Luego de plotear, el índice de dispersión en el nomograma de Clapham, se visualiza que recae, en la zona de una distribución contagiosa, es decir  $ID=2,598$  y  $GL=29$  grados de libertad. Ver Tabla 15 y Figura 21.

**Tabla 15**

*Consolidado de frecuencias con que se presenta la Festuca dolichophylla en la zona alta de la cuenca Calientes – Candarave.*  
 Derecha, cálculos de parámetros: promedio, varianza, índice de dispersión y grados de libertad.

Cuadrante	Frecuencia	Parámetros
CZA-1,1	12	
CZA-1,2	15	
CZA-1,3	11	
CZA-1,4	18	
CZA-1,5	19	
CZA-1,6	13	Media: $\bar{x} = 10,5333333$
CZA-1,7	14	
CZA-1,8	12	
CZA-1,9	13	
CZA-1,10	14	
CZA-2,1	17	Varianza: $S^2 = 27,3609195$
CZA-2,2	15	
CZA-2,3	10	
CZA-2,4	19	
CZA-2,5	20	
CZA-2,6	8	Índice de Dispersión $ID = 2,59755566$
CZA-2,7	10	
CZA-2,8	3	
CZA-2,9	2	
CZA-2,10	7	
CZA-3,1	7	
CZA-3,2	6	Grados de Libertad $GL = n - 1 = 29$
CZA-3,3	10	
CZA-3,4	5	
CZA-3,5	6	
CZA-3,6	6	
CZA-3,7	8	
CZA-3,8	1	
CZA-3,9	5	
CZA-3,10	10	
TOTAL	316	

**Fuente:** Elaboración propia del autor.



**Figura 21.** El índice de dispersión es mucho mayor que 1 ( $ID = 2,59$ ) y el Nomograma de Clapham nos indica que en esta zona se tiene una distribución contagiosa.

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Resultado 1.** Por tanto en la **zona alta** de la cuenca de Calientes – Candarave, la *Festuca dolichophylla* tiene una **Distribución Espacial Contagiosa.**

A continuación se analiza la distribución de la *Festuca dolichophylla* en la zona media de Calientes – Candarave. En la Tabla 16 se observa el consolidado de las frecuencias con que se presenta la *Festuca dolichophylla*, en cada uno de los 30 cuadrantes aleatorios, extendidos en la zona media de Calientes; obteniéndose los parámetros necesarios, mostrados a la derecha de la misma.

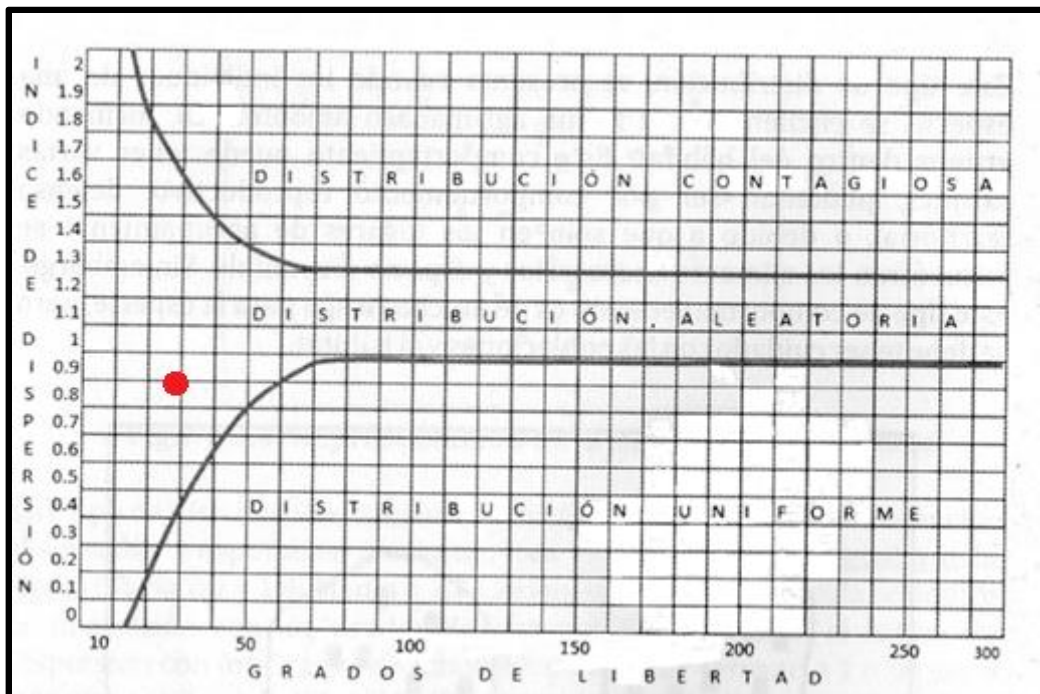
**Tabla 16**

*Consolidado de frecuencias con que se presenta la Festuca dolichophylla en la zona media de la cuenca de Calientes – Candarave. A la derecha, cálculos de parámetros: promedio, varianza, índice de dispersión y grados de libertad.*

<b>Cuadrante</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Parámetros</b>
CZM-1,1	5	
CZM-1,2	5	
CZM-1,3	6	
CZM-1,4	5	
CZM-1,5	4	Media: $\bar{x} = 5,06666667$
CZM-1,6	5	
CZM-1,7	5	
CZM-1,8	3	
CZM-1,9	5	
CZM-1,10	5	Varianza. $S^2 = 4,54712644$
CZM-2,1	5	
CZM-2,2	7	
CZM-2,3	3	
CZM-2,4	8	
CZM-2,5	8	
CZM-2,6	6	
CZM-2,7	5	Índice de Dispersión $ID = 0,89745916$
CZM-2,8	3	
CZM-2,9	2	
CZM-2,10	2	
CZM-3,1	5	Grados de libertad $GL = n - 1 = 29$
CZM-3,2	8	
CZM-3,3	1	
CZM-3,4	8	
CZM-3,5	6	
CZM-3,6	4	
CZM-3,7	5	
CZM-3,8	8	
CZM-3,9	9	
CZM-3,10	1	
TOTAL	152	

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

Luego de plotear, el índice de dispersión en el nomograma de Clapham, se visualiza que recae, en la zona de una distribución aleatoria, puesto que  $ID = 0,8974$ , que es muy cercano a 1, con 29 grados de libertad (Ver Tabla 16 y Figura 22).



**Figura 22.** El índice de dispersión es muy próximo a 1 ( $ID = 0,8974$ ), con 29 grados de libertad, ubicándose sobre el nomograma de Clapham en la zona de una distribución aleatoria.

**Fuente:** Elaboración propia del autor

**Resultado 2.** Por tanto, en la **zona media** de la cuenca de Calientes

- Candarave, la *Festuca dolichophylla* tiene una **Distribución Espacial Aleatoria.**

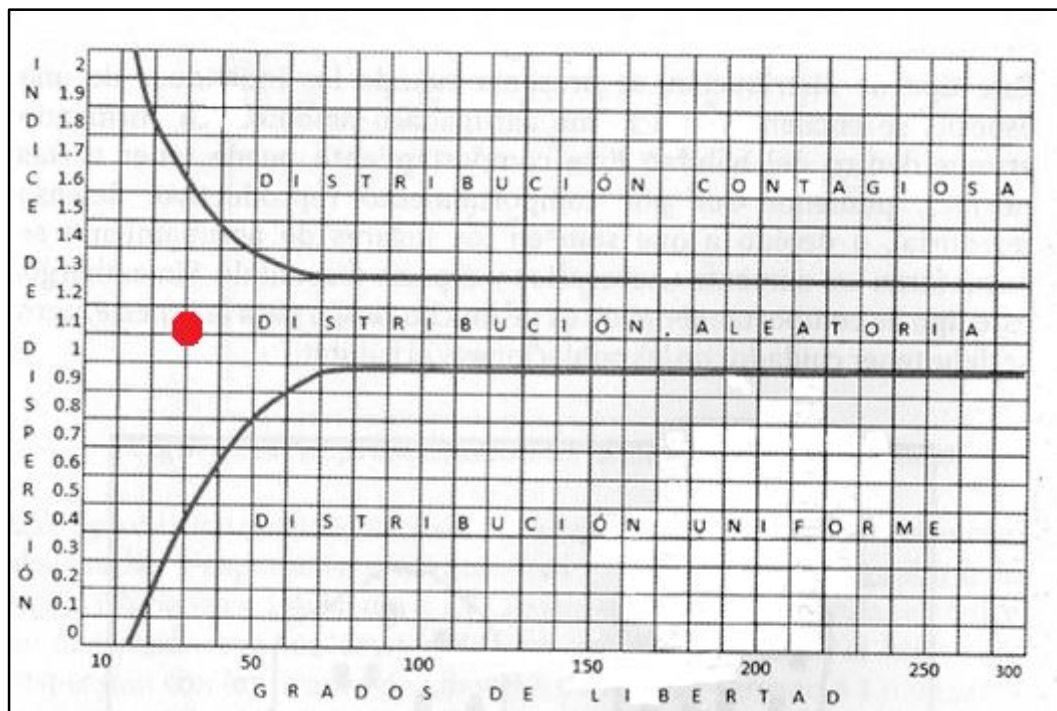
**Tabla 17**

*Consolidado de frecuencias con que se presenta la Festuca dolichophylla en la zona baja de la cuenca de Calientes. A la derecha cálculos de parámetros.*

Cuadrante	Frecuencia	Parámetros
CZB-1,1	1	
CZB-1,2	4	
CZB-1,3	8	
CZB-1,4	7	
CZB-1,5	4	
CZB-1,6	6	
CZB-1,7	2	
CZB-1,8	7	Media:
CZB-1,9	3	$\bar{x} = 4,4333333$
CZB-1,10	6	
CZB-2,1	2	
CZB-2,2	4	
CZB-2,3	6	Varianza:
CZB-2,4	1	$S^2 = 5,21954023$
CZB-2,5	4	
CZB-2,6	6	
CZB-2,7	1	
CZB-2,8	7	Índice de Dispersión
CZB-2,9	1	$ID = 1,1773399$
CZB-2,10	9	
CZB-3,1	2	
CZB-3,2	4	
CZB-3,3	6	
CZB-3,4	7	Grados de Libertad
CZB-3,5	3	$GL = n - 1 = 29$
CZB-3,6	6	
CZB-3,7	2	
CZB-3,8	5	
CZB-3,9	4	
CZB-3,10	5	
TOTAL	133	

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

En la Tabla 17 se puede observar el consolidado de las frecuencias con que se presenta nuestra especie, en investigación, en cada uno de los 30 cuadrantes aleatorios, extendidos en la zona baja de Calientes; de lo cual se obtiene los parámetros necesarios, que se muestran a la derecha de la misma tabla. Luego de plotear, el índice de dispersión en el nomograma de Clapham, recae, en la zona de una distribución aleatoria, pues  $ID = 1,177$ , que es muy cercano a 1, con 29 grados de libertad. Ver Tabla 17 y Figura 22.



**Figura 23.** El índice de dispersión es muy próximo a 1 ( $ID=1,177$ ), con 29 grados de libertad, que plotear en el nomograma de Clapham recae, en la zona de una distribución aleatoria.

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Resultado 3.** Por tanto en la zona baja de la cuenca de Calientes – Candarave, la *Festuca dolichophylla* tiene una **Distribución Espacial Aleatoria.**

**5.2. Un modelo matemático para la distribución espacial de la *Festuca dolichophylla*, en la cuenca de Caliente - Candarave.**

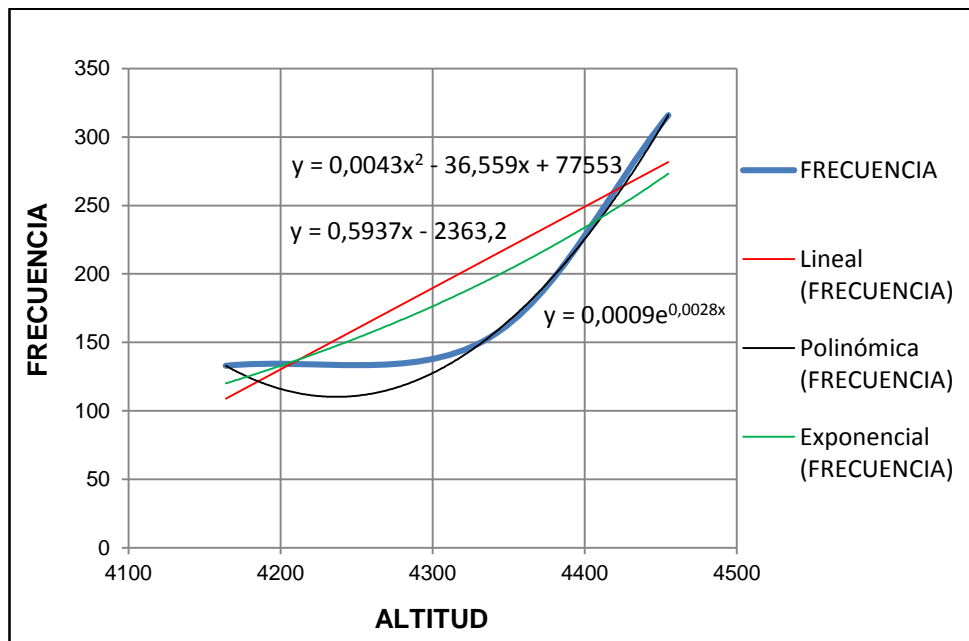
Con la realización de esta investigación se ha podido observar que, la frecuencia con que se presenta la *Festuca Dolichophylla* en las diferentes altitudes de la cuenca, depende de la altitud; gracias al análisis químico del suelo, se afirma que, en toda la cuenca se tiene químicamente el mismo suelo con ínfimas diferencias como se muestra en el Diagrama de Cluster de la Figura 17. Eso estaría confirmando que la influencia es más directa de la altitud dentro de la cuenca, sobre la frecuencia con que se presenta la *Festuca* dentro de la cuenca, en un área de 90 m<sup>2</sup> a rededor de las altitudes que se muestran en la Tabla 18. En la que podemos ver la relación numérica directa entre ambas magnitudes; es decir, a una altitud creciente se tiene una frecuencia creciente, a partir de la cual se puede encontrar un pequeño modelo matemático que relacione estas dos magnitudes, es decir se hallará una función dada por la igualdad  $y = f(x)$ , donde  $x$  es la altitud y  $f(x)$  es la frecuencia con que se presenta la *Festuca Dolichophylla* a cualquier altitud dentro de la cuenca.

**Tabla 18**

Resumen de frecuencias (Tablas 21, 22 y 23) con que se presenta la *Festuca dolichophylla* en las zonas alta, baja y media cuenca de Calientes.

ALTITUD	FRECUENCIA
4164	133
4335	152
4455	316

Fuente: Elaboración propia del autor.



**Figura 24.** Buscando una curva que relacione la altitud con la distribución espacial de la *Festuca dolichophylla* en la cuenca de Calientes – Candarave. Se muestra algunas graficas de curvas, propuestas mediante software.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Lo más inmediato sería pensar en relacionarlos mediante una recta de pendiente positiva, o puede ser con una parábola cuadrática o cúbica, pero si evaluamos en las altitudes conocidas, no se obtiene las frecuencias esperadas, en ninguno de los tres puntos. Los gráficos de las “curvas” propuestas como aproximaciones se pueden observar en la Figura 24.

A continuación se observan las evaluaciones con MATLAB de las funciones obtenidas por correlación mediante Excel (recta, parábola y exponencial-1), que aparecen en la Figura 24; mostrándose que no coinciden con los valores de muestreo.

- **Para la recta:  $f(x) = 0,5937x - 2363,2$**

```
>> (0,5937)*(4164) - (2363,2)
ans = 108,9668      se esperaba (133), error = 24,033
```

```
>> (0,5937)*(4335) - (2363,2)
ans = 210,4895      se esperaba (152), error = 58,489
```

```
>> (0,5937)*(4455) - (2363,2)
ans = 281,7335      se esperaba (316), error = 34,26
```

- **Para la parábola:  $f(x) = 0,0043x^2 - 36,559x + 77553$ .**

En el gráfico presenta algo bueno, pero no se refleja en la evaluación numérica.

```
>> (0,0043)*(4164)^2 - (36,559)*(4164) + 77553
```

```
ans = -121,4232      se esperaba (133), error = 254
```

```
>> (0,0043)*(4335)^2 - (36,559)*(4335) + 77553
```

```
ans = -123,6975      se esperaba (152), error = 257,697
```

```
>> (0,0043)*(4455)^2 - (36,559)*(4455) + 77553
```

```
ans = 24,8625      se esperaba (316), error = 291,138
```

- **Para la exponencial-1:  $f(x) = 0,0009e^{0,0028x}$**

```
>>0,0009*(2,71828)^[ (0,0028)*4164]
```

```
ans = 104,1754      se esperaba (133),
```

```
>> 0,0009*(2,71828)^[ (0,0028)*4335]
```

```
ans = 168,1533      se esperaba (152)
```

```
>> 0,0009*(2,71828)^[ (0,0028)*4455]
```

```
ans = 235,3034      se esperaba (316)
```

- **Polinomio de Lagrange:**

$$P(x) = \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)}f(x_0) + \frac{(x - x_0)(x - x_2)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)}f(x_1) + \frac{(x - x_0)(x - x_1)}{(x_2 - x_0)(x_2 - x_1)}f(x_2)$$

En este intento de encontrar un pequeño modelo para la distribución espacial de la *Festuca dolichophylla*, se realizó la interpolación del Polinomio de Lagrange para los valores de la Tabla 18, obteniéndose la parábola que pasa exactamente por los puntos esperados y de hecho un  $R^2=1$ , pero no siempre la curva que pasa por los puntos esperados es el mejor modelo, como pasa en este caso.

```
>> f(x)=[(x-4335)*(x-4455)]*133/[(4164-4335)*(4164-4455)]+[(x-4164)*(x-4455)]*152/[(4335-4164)*(4335-4455)]+[(x-4164)*(x-4335)]*316/[(4455-4164)*(4455-4335)]
```

```
>> f(x)=((7*x - 30345)*(x - 4455))/2619 - ((x - 4164)*(x - 4455))/135 + ((79*x - 328956)*(x - 4335))/8730
```

```
>> f(4164)
```

```
ans = 133
```

```
>> f(4335)
```

```
ans = 152
```

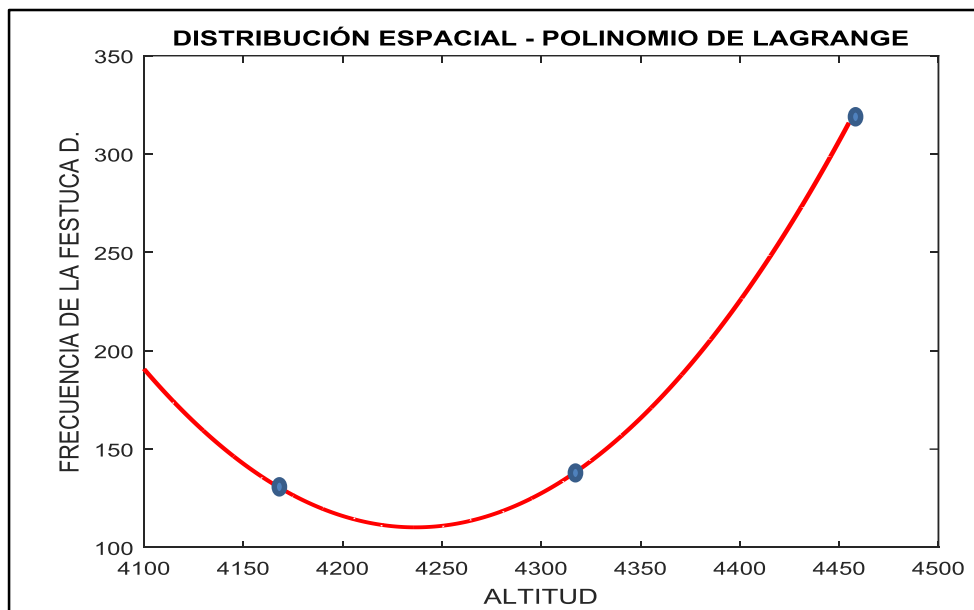
```
>> f(4455)
```

```
ans = 316
```

```
>> min f(x)
```

```
ans = 40
```

Este no es el mejor modelo pues tenemos un valor mínimo muy bajo entre las altitudes 4 164 y 4 335 msnm, que calculado con MATLAB es 40; además los valores de frecuencia se elevan para altitudes menores que 4 164, sin razón alguna, lo cual no refleja a la realidad; como modelo también estaría descartado. Se puede observar la Figura 25 y los cálculos siguientes con MATLAB.



**Figura 25.** Grafico del polinomio de Lagrange que pasa por los puntos esperados pero a pesar de ello no es el mejor modelo para lo requerido.

**Fuente:** Elaboración propia del autor

**Exponencial – 2:** Sin embargo mediante un trabajo matemático, con el apoyo de MATLAB, se ha encontrado un modelo bastante bueno que es la función, que se ha denominado “Exponencial – 2” definida de la siguiente manera:

$$f(x) = e^{0,01855668781x-77,45603123} + 132,1697124$$

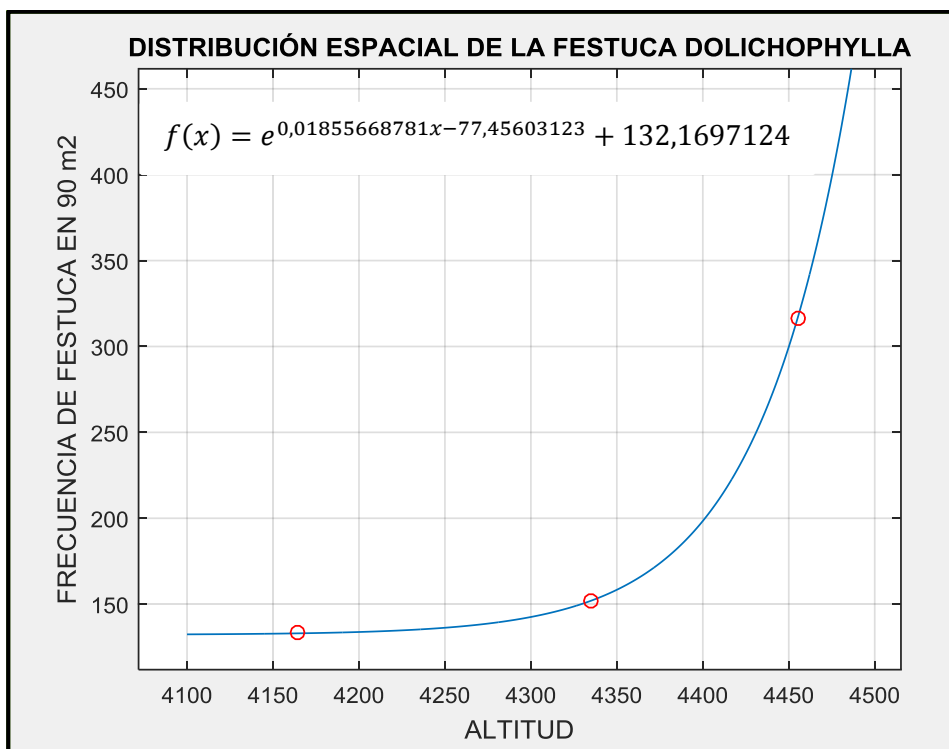
Donde la variable  $x$  representa la altitud dentro de la cuenca y  $f(x)$  es la frecuencia con que se presenta la *Festuca dolichophilla*, en un área de 90 metros cuadrados, en las diferentes altitudes de la cuenca; su gráfico se observa en la Figura 26 y cuya evaluación coincide con los valores de muestreo, con un error cero, tal como se muestran a continuación:

```
>>f=inline('exp(0.01855668781*x-  
77.45603123)+132.1697124');  
  
>> x=[4164,4335,4455];  
  
>> y=f(x)
```

y = 133; 152; 316. (El punto decimal es propio del MATLAB)

Con el comando siguiente de MATLAB encontramos la gráfica de la función Exponencial – 2, que se estaba probando:

```
>> ezplot(f,[4100,4500]),grid on,axis equal,hold on,  
  
plot(x,y,'ro')
```



**Figura 26.** Un modelo matemático para la distribución espacial de la *Festuca dolichophylla* en la cuenca de Calientes – Candarave.

**Fuente:** Elaboración propia, en base a datos obtenidos en trabajo de campo.

### 5.3. Cobertura vegetal de la especie *Festuca dolichophylla* en la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave-Tacna.

Es la segunda parte importante de la presente investigación, para lograr el segundo objetivo específico, se considera la columna denominada “cobertura” de todas las tablas que contienen los datos del trabajo de campo realizado durante la investigación, nos referimos a las Tablas: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14; con estos datos se construye las Tablas 19, 20 y 21 que se muestran a continuación.

**Tabla 19**

*Consolidado de la cobertura vegetal, en porcentajes que alcanza la Festuca dolichophylla en la zona alta de la cuenca de Calientes – Candarave.*

<b>Cuadrante</b>	<b>Cobertura %</b>	<b>Parámetros</b>
CZA-1,1	75	
CZA-1,2	90	
CZA-1,3	75	
CZA-1,4	100	
CZA-1,5	50	
CZA-1,6	50	
CZA-1,7	50	
CZA-1,8	40	Media:
CZA-1,9	70	$\bar{x} = 48,43333333$
CZA-1,10	40	
CZA-2,1	60	
CZA-2,2	30	
CZA-2,3	25	Varianza:
CZA-2,4	70	$S^2 = 616,0471264$
CZA-2,5	40	
CZA-2,6	25	
CZA-2,7	8	
CZA-2,8	5	Índice de Dispersión:
CZA-2,9	20	$ID = 12,71948644$
CZA-2,10	40	
CZA-3,1	7	
CZA-3,2	6	
CZA-3,3	10	
CZA-3,4	5	
CZA-3,5	6	
CZA-3,6	6	
CZA-3,7	8	
CZA-3,8	1	
CZA-3,9	5	
CZA-3,10	10	

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Tabla 20**

*Consolidado de la cobertura vegetal, en porcentajes que alcanza la Festuca dolichophylla en la zona media de la cuenca de Calientes – Candarave.*

<b>Cuadrante</b>	<b>Cobertura %</b>	<b>Parámetros</b>
CZM-1,1	20	
CZM-1,2	90	
CZM-1,3	80	
CZM-1,4	5	
CZM-1,5	70	
CZM-1,6	70	Media
CZM-1,7	50	$\bar{x} = 51,56666667$
CZM-1,8	45	
CZM-1,9	30	
CZM-1,10	40	
CZM-2,1	75	
CZM-2,2	73	Varianza
CZM-2,3	25	$S^2 = 853,9781609$
CZM-2,4	50	
CZM-2,5	100	
CZM-2,6	100	
CZM-2,7	45	
CZM-2,8	50	Índice de Dispersión
CZM-2,9	40	$ID = 16,56066246$
CZM-2,10	3	
CZM-3,1	75	
CZM-3,2	90	
CZM-3,3	15	
CZM-3,4	70	
CZM-3,5	25	
CZM-3,6	50	
CZM-3,7	30	
CZM-3,8	40	
CZM-3,9	90	
CZM-3,10	1	

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Tabla 21**

*Consolidado de la cobertura vegetal, en porcentajes que alcanza la Festuca dolichophylla en la zona baja de la cuenca de Calientes – Candarave.*

<b>Cuadrante</b>	<b>Cobertura %</b>	<b>Parámetros</b>
CZB-1,1	10	
CZB-1,2	20	
CZB-1,3	20	
CZB-1,4	15	
CZB-1,5	20	
CZB-1,6	25	
CZB-1,7	20	
CZB-1,8	25	Media
CZB-1,9	5	$\bar{x} = 14,4$
CZB-1,10	20	
CZB-2,1	5	
CZB-2,2	10	
CZB-2,3	0	Varianza
CZB-2,4	10	$S^2 = 51,14482759$
CZB-2,5	10	
CZB-2,6	15	
CZB-2,7	5	
CZB-2,8	10	
CZB-2,9	2	Índice de Dispersión.
CZB-2,10	20	$ID = 3,551724138$
CZB-3,1	15	
CZB-3,2	25	
CZB-3,3	15	
CZB-3,4	10	
CZB-3,5	25	
CZB-3,6	20	
CZB-3,7	20	
CZB-3,8	15	
CZB-3,9	10	
CZB-3,10	10	

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

Conocidos los porcentajes promedio de cobertura vegetal de la *Festuca dolichophylla* en cada zona de la cuenca, de acuerdo al proyecto de tesis, se propuso en el marco metodológico de la presente tesis, la clasificación siguiente:

- **Baja** Cobertura o mala cobertura: 0 % a 33 %.
- Cobertura **moderada**: más de 33 %, hasta el 66 %.
- **Alta** cobertura o buena cobertura: mayor a 66 %.

Obteniéndose así el siguiente resultado:

**Resultado 4.** En las **zonas alta y media la cobertura es moderada** con porcentajes 48,43333333 % y 51,56666667 % respectivamente, mientras que en la **zona baja se tiene una mala o baja cobertura**, con solo un 14,4 %.

El resultado 4 puede verse en la Tabla 22.

**Tabla 22**

*Resumen de porcentaje de cobertura vegetal con que se presenta la Festuca dolichophylla en las diferentes altitudes dentro de la cuenca de Calientes – Candarave.*

ALTITUD	COBERTURA	VEGETAL
4455	48,43 %	Moderada
4335	51,56 %	Moderada
4164	14,40 %	Mala o Baja

**Fuente:** Elaboración propia del autor

#### 5.4. Un modelo matemático para la cobertura vegetal de la *Festuca dolichophylla*, en la cuenca de Caliente- Candarave.

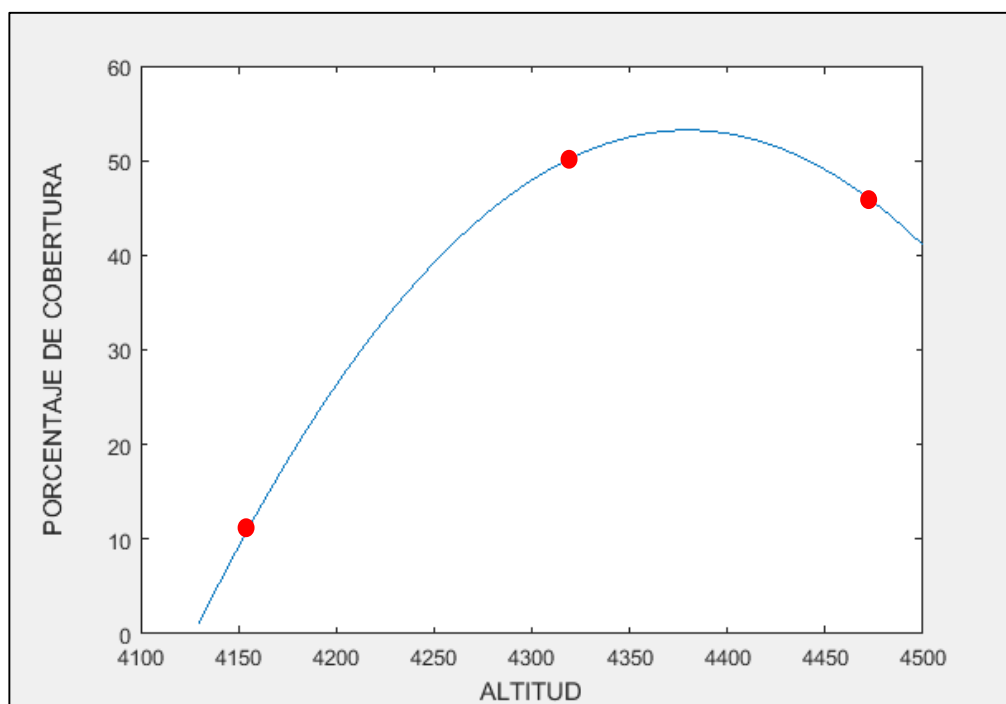
Se busca una función matemática que relacione las diferentes altitudes de la cuenca de Calientes – Candarave, con el porcentaje de cobertura de *Festuca dolichophylla*; si se tiene el control de muestreo tomado en 30 cuadrantes aleatorios de 4 m<sup>2</sup>, en cada una de las zonas investigadas, alrededor de las altitudes que se muestran en la tabla siguiente, obteniéndose en cada caso el porcentaje de cobertura, correspondiente. La primera ocurrencia es una interpolación con el polinomio de Lagrange, utilizando MATLAB:

```
>> x=4130:1:4500;

>>P(x)=[(x-4335).*(x-4455)].*(14.4) / [(4164-4335).*(
(4164-4455)] + [(x- 4164).*(x-4455)].*(51.56) /
[(4335-4164).*(4335-4455)] + [(x-4164).*(x-4335)].*(
(48.43)/[(4455-4164).*(4455-4335)];

>> plot(x,y).
```

(El punto decimal es parte del comando de MATLAB).



**Figura 27.** Una parábola generada por el polinomio de Lagrange, que relaciona la altitud con la cobertura vegetal de la *Festuca dolichophylla*, en la cuenca de Calientes - Candarave.

**Fuente:** Elaboración propia, en base a datos obtenidos en trabajo de campo.

A continuación se realizó la comprobación con MATLAB, obteniéndose el cálculo de los valores esperados; como es natural el gráfico del polinomio de Lagrange pasa por los puntos de control.

```
>> f(4164)
```

```
ans = 14,40
```

```
>> f(4335)
```

```
ans = 51,56
```

```
>> f(4455)
```

```
ans = 48,43.
```

En este caso la curva de la Figura 27, se considera como una buena representación de la relación entre la altitud y el porcentaje de cobertura dentro de la cuenca.

La función obtenida, muestra una mayor cobertura vegetal de la *Festuca* en la zona media de la cuenca, coincidentemente con los resultados del presente trabajo.

A pesar de que el pastoreo es más incisivo en la zona media, se compensa la cobertura, debido a los plantones de *Festuca* que rápidamente cubren terreno; es decir en esta zona, no hay cantidad de plantas de *Festuca*, pero hay frondosidad de ellas debido a sus antiguos macollos que incrementan su cobertura; así se observa en la Figura 28, en la que se muestra un ejemplar de *Festuca dolichophylla* depredada, en recuperación. Como este caso se presentan muchos en la zona media de la cuenca.

Es muy probable que su recuperación se deba a la humedad generada por pequeños manantiales que abundan en la zona y por el

vapor de agua generados por los géiseres, que por acción del viento son enfriados y conducidos a las cercanías de los mismos.



**Figura 28.** Un ejemplar de *Festuca dolichophylla* depredada, en recuperación. Zona media de la cuenca de Calientes Candarave.

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

Los géiseres en realidad, aparte de mejorar el clima con su calor y vapor que emanan, son una atracción turística; y con una administración bien llevada sería un buen centro recreacional para turistas nacionales y extranjeros.

## **CAPÍTULO VI**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En la primera parte de este capítulo se hará la constatación de los resultados obtenidos en la investigación, confirmando los objetivos alcanzados y con ello la absolución de las interrogantes de la investigación. En la segunda parte se presenta algunas citas de otras investigaciones realizadas sobre la *Festuca dolichophylla*; no exactamente con el mismo sentido de la presente tesis; pero nos muestran una gran importancia de la *Festuca dolichophylla* dentro de un CANAPA y también como limpiadores del medio ambiente, considerándose sumideros de carbono.

#### **6.1. Sobre la presente investigación.**

Al inicio de este trabajo de investigación, se propuso determinar la distribución espacial y cobertura vegetal de la especie *Festuca dolichophylla* en la micro cuenca de calientes – provincia de Candarave – Tacna, en el año 2017, con la finalidad de conocer su estado de conservación, cuyas hipótesis se presenta a continuación como un cuadros de doble entrada para facilitar su comprensión y contrastación con los resultados (1), (2), (3) y (4) obtenidos en el Capítulo V de la

presente investigación, que también son presentados de la misma manera; demostrando así que se ha logrado alcanzar los objetivos trazados en la presente tesis.

HIPÓTESIS GENERAL ZONAS	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL			COBERTURA VEGETAL		
	Contagiosa	Aleatoria	Uniforme	Alta	Moderada	Baja
Alta	SÍ				SÍ	
Media	SÍ				SÍ	
Baja	SÍ				SÍ	

HIPÓTESIS ESPECÍFICA (1) ZONAS	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL		
	Contagiosa	Aleatoria	Uniforme
Alta		SÍ	
Media	SÍ		
Baja	SÍ		

HIPÓTESIS ESPECÍFICA (2) ZONAS	COBERTURA VEGETAL		
	Alta	Moderada	Baja
Alta			SÍ
Media		SÍ	
Baja		SÍ	

RESULTADO (1) ZONAS	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL		
	Contagiosa	Aleatoria	Uniforme
Alta	SÍ		
Media		SÍ	
Baja		SÍ	

RESULTADO (2) ZONAS	COBERTURA VEGETAL		
	Alta	Moderada	Baja
Alta		SÍ	
Media		SÍ	
Baja			SÍ

RESULTADO GENERAL ZONAS	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL			COBERTURA VEGETAL		
	Contagiosa	Aleatoria	Uniforme	Alta	Moderada	Baja
Alta	SÍ				SÍ	
Media		SÍ			SÍ	
Baja		SÍ				SÍ

Como se puede observar las hipótesis planteadas en la investigación son coincidentes con los resultados obtenidos en la investigación, solo cuando se dice que la cobertura vegetal es moderada en la zona media de la cuenca: hipótesis específica (2) y resultado (2). Sin embargo con la hipótesis general los resultados son coincidentes en tres ocasiones:

- Cuando se dice que la distribución espacial es contagiosa en la zona alta de la cuenca.(verde más intenso, resultado (2))
- Cuando se dice que la cobertura vegetal es moderada en la zona alta de la cuenca (morado intenso, resultado general). y
- Cuando se dice que la cobertura vegetal es moderada en la zona media de la cuenca (morado intenso, resultado general)).

Finalmente cabe mencionar que con los resultados obtenidos y la contrastación con las hipótesis planteadas para la investigación, se ha logrado los objetivos trazados, de igual manera se puede confirmar que se ha dado respuesta a todas las interrogantes propuestas en la investigación tal como se muestra en los cuadros que expresan los resultados de la investigación.

## **6.2. Sobre otras investigaciones de la *Festuca dolichophylla*.**

En realidad como ambientalistas corresponde promover dos aspectos fundamentales sobre la vegetación silvestre; que haya una buena cantidad de ejemplares (distribución espacial) y que a la vez estos estén en buen estado (cobertura vegetal); en la microcuenca de Calientes Candarave, donde se ha realizado la presente investigación, esto se cumple en la zona alta de la cuenca, donde se observa que existe una buena cantidad de ejemplares de *Festuca* y a la vez se conservan en buen estado; esto es explicable, puesto que la parte alta es menos accesible para el pastoreo y los pastizales son atacados solamente por la fauna silvestre, que a esa altitud solo hay escasamente la presencia de vicuña.

Uno de los propósitos de la presente investigación es mostrar al mundo la importancia de la conservación de los pastizales de los campos andinos en particular de la *Festuca dolichophylla* (que es la especie dominante, en casi toda la extensión de la Cordillera de los Andes), puesto que ellos cumplen un rol muy importante en la ecología y en la economía de la población andina.

En la ecología son importantes por considerarse como sumideros de CO<sub>2</sub>, retiran el carbono de la atmosfera, aminorando así el efecto

invernadero producto de la contaminación; para formar parte de su biomasa y luego trasladarlo al suelo y convertir un suelo rico en carbono y de este modo mantiene mejor la humedad, lo cual contribuye con la existencia de otras plantas que lo acompañan en la pradera, obteniéndose de este modo campos con forraje más variado y apetecibles para los herbívoros de la zona, favoreciendo a la fauna silvestre y doméstica, y por ende favoreciendo la economía de la población. La fijación de carbono es un servicio ecosistémico que cumple funciones importantes para el bienestar humano, se basa en el proceso de transformación del carbono atmosférico a carbono orgánico almacenado en el suelo y en los sistemas vegetales (hojas, tallos y raíces). Particularmente, los pastos naturales altoandinos cubren grandes extensiones de terreno y no han merecido tanta atención investigativa como los elementos de bosque. Sin embargo, las pasturas son un gran potencial no explotado para atenuar el cambio climático, mediante la acumulación de CO<sub>2</sub>, que sí es bien manejado y podría ser más importante que la de los bosques en la generación de “créditos de carbono”; además, la venta de este servicio de secuestro de carbono podría generar beneficios económicos a los agricultores. En el Perú, son escasos los estudios de captura y secuestro de carbono por los ecosistemas forestales en comparación con otros países de América

Latina, como Brasil y México. Más aún, se desconoce el valor potencial de los pastos naturales altoandinos como fijadores de carbono, si existe relación entre biodiversidad y secuestro de carbono. Las praderas de “Chillihua” - *Festuca dolichophylla*, se encuentran distribuidas en forma discontinua, los pastizales naturales en el Perú ocupan una superficie total de 15 127 000 hectáreas, en la sierra existen 14 300 000 hectáreas, en el altiplano de Puno los pastizales naturales ocupan una extensión de 3 304 000 hectáreas y un total de 241 789 ha de pastizal Chilligua. Por lo general esta pradera se localiza en las zonas de vida bosque húmedo montaña y páramo muy húmedo subalpino entre los 3830 y 4600 metros de altitud (Flores, 2017).

En nuestro país se ubica gran parte de la Cordillera de los Andes, contamos con gran cantidad de áreas de pastizales que cumplen solos su función ecológica, tal es así que el autor que al final se cita nos dice que: El departamento de Junín cuenta con una superficie de más de 1 000 000 ha con praderas altoandinas, aproximadamente un cuarto de su superficie total; ecosistemas que retiran carbono de la atmósfera brindando el servicio ambiental de **sumideros de carbono**. Los sumideros almacenan carbono en compuestos orgánicos que conforman la biomasa y la materia orgánica de los suelos y constituyen una de las formas de mitigación del efecto invernadero; sin embargo, existe desconocimiento del potencial

que tiene este ecosistema para capturar y almacenar Carbono, razón por la cual las poblaciones vienen degradando estos pastizales a través del sobrepastoreo, excediendo su capacidad de carga permitida, no realizan manejo de pastizales, además de practicar la quema de pastizales provocando los incendios forestales y actualmente se viene dando el cambio de uso de tierras, es decir tierras que eran para pastoreo hoy se vienen convirtiendo en tierras con cultivos de maca, contribuyendo así a la emisión de GEI como el CO<sub>2</sub>. En el Perú, son escasos los estudios de captura y secuestro de carbono para los ecosistemas de pastizales, desconociéndose el valor potencial de los pastos naturales altoandinos como fijadores de Carbono 13 (<sup>13</sup>C). Por esta razón se evaluó la correlación de pesos de biomasa aérea y radicular y el almacenamiento de Carbono fijado por las especies *Calamagrostis vicunarium*, *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia ligularis*. La investigación contribuye a sentar una buena base de información técnico-científica incorporando el valor de este ecosistema y proveyendo información útil, que servirá a los tomadores de decisión local, regional y nacional en adoptar políticas sobre medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, así también contribuirá con el compromiso del estado peruano como miembro de las partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas a proveer información sobre la absorción por los sumideros de carbono en

pastizales altoandinos para la formulación de programas nacionales, regionales orientados a mitigar el cambio climático (Quispe, C., Quispe, F. y Yaranga, R. 2015).

Respecto a la vegetación que generalmente se encuentra en nuestra pradera altoandina son las que se encuentran también en nuestra zona de investigación que se muestra en el Capítulo III de la presente tesis, lo que corrobora también la cita siguiente:

“La vegetación presente en el área de estudio está constituida en un alto porcentaje de gramíneas de los géneros *Festuca*, *Calamagrostis*, (mayor a 70 %) y otros como *Stipa sp*, *Stirpus rigidus*, *Alchemilla pinnata* (Tabla 23).

La *Festuca dolichophylla* es la especie dominante con 44, 22 % indicada hacia una especie clave para vacunos. La cobertura es seguida por la *Calamagrostis vicunarum* con un 32,65 %, *Stipa sp* con 6,80 %, *Scirpus rigidus* con 6,12 %, *Alchemilla pinnata* con 5,44 % y otros con 4,76 %” (Lima, 2016).

**Tabla 23***Especies vegetales y composición porcentual.*

<b>ESPECIE</b>	<b>COMPOSICIÓN (%)</b>
<i>Festuca dolichophylla</i>	44,2 %
<i>Calamagrostis vicunarium</i>	32,65 %
<i>Alchemilla pinnata</i>	5,44 %
<i>Stipa brachiphylla</i>	6,80 %
<i>Scirpus rigidus</i>	6,12 %
Otros ( <i>Aciachne pulvinata</i> , <i>Paspalum</i> , <i>Malvaceae sp</i> , <i>Vacaris cespitosa</i> )	4,76 %
<b>TOTAL</b>	<b>100 %</b>

**Fuente:** elaboración propia del autor

La mayor cantidad de literatura a que se ha podido tener acceso enfocan la importancia de la *Festuca dolichophylla* en dos sentidos: Uno como sumidero de carbono y otros como forraje del ganado que se encuentra en la zona.

Tomando conciencia y realizando acciones adecuadas para conservar las praderas, considerando que será un trabajo duro y de largo plazo, se puede lograr que sean fuentes inagotables de alimentación para los camélidos y, de esta forma, poder contribuir con el desarrollo del poblador alto andino.

Un sistema de pastoreo involucra cinco factores básicos de manejo: carga animal, especie animal, época de pastoreo, distribución del pastoreo y frecuencia de pastoreo. Las diferencias entre los sistemas de pastoreo se deben a la variación de estos factores.

Los principales sistemas de pastoreo utilizados, actualmente, en la región de la sierra del Perú son: (Ramos, V. 2011).

- Pastoreo continuo.
- Pastoreo rotativo simple.
- Pastoreo rotativo extensivo a través de dos épocas.
- Pastoreo estacional de dos potreros.
- Pastoreo rotativo diferido.
- Pastoreo rotativo racionado.
- Pastoreo en estacas

En realidad toda una teoría del pastoreo para que se pueda conservar los pastos nativos en buen estado y pueda cumplir con sus dos funciones. Cuyos conocimientos se debe hacer llegar al habitante de la zona. Un trabajo con cierta similitud a la presente tesis, se cita a continuación, donde hace ver la influencia del suelo fragmentado o no fragmentado en la distribución espacial de la biodiversidad de la flora silvestre, tal como muestra la Tabla 24.

Con respecto a *Festuca dolichophylla*, esta especie tiene un patrón espacial aleatorio en la zona no fragmentada (ZNF); este suceso en la (ZF) cambia por una distribución uniforme debido a que presenta

problemas por una fuerte competencia con otra especie en la disponibilidad de recursos o espacio en que esta especie se desarrolla.

**Tabla 24**

*Valores de distribución espacial (Media/varianza e índice de dispersión) de las especies de flora silvestre predominantes en ambas zonas de estudio de la localidad Huerta Huaraya, Puno, Perú (Condori, G. 2012).*

<b>Especies</b>	<b>Media</b>	<b>Varianza</b>	<b>Índice de D</b>	<b>Tipo de distribución</b>
<b>Zona no fragmentada</b>				
<i>Grindelia boliviana</i>	1,1	0,81	0,74	Aleatoria
<i>Festuca dolichophylla</i>	2,3	3,01	1,31	Aleatoria
<i>Stipa ichu</i>	2,7	2,66	0,97	Aleatoria
<i>Sisyrhynchiun aff. Chilensis</i>	0,4	0,44	1,10	Aleatoria
<i>Sporobolus poireti</i>	1,0	1,23	1,19	Aleatoria
<b>Zona no fragmentada</b>				
<i>Grindelia boliviana</i>	1,1	1,92	1,69	Contagiosa
<i>Festuca dolichophylla</i>	0,4	0,31	0,51	Uniforme
<i>Stipa ichu</i>	2,7	3,42	1,52	Contagiosa
<i>Sisyrhynchiun aff. Chilensis</i>	--	--	--	--
<i>Sporobolus poireti</i>	1,5	2,47	1,64	Contagiosa

**Fuente:** (Condori, G. 2012)

“Los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo juegan un papel importante en el ciclo del CO<sub>2</sub> e hidrológico, en la degradación del suelo, en la disminución de la biodiversidad y los cambios climáticos a nivel regional y global (Foley et al.2005)” (Condori, G. 2012).

## CONCLUSIONES

1. La distribución espacial de la *Festuca dolichophylla* en la micro cuenca de Calientes – provincia de Candarave – Tacna; es contagiosa en la zona alta y aleatoria en las zonas media y baja de la cuenca, además la frecuencia con que se presenta la *Festuca dolichophylla* dentro de la cuenca depende directamente de la altura, es decir a mayor altura mayor cantidad de *Festuca dolichophylla*.
2. La cobertura vegetal de la *Festuca dolichophylla* en la micro cuenca de Calientes – provincia de Candarave – Tacna; es muy baja o mala en la parte baja de la cuenca, probablemente por falta de humedad; pero tiene una cobertura moderada en las zonas media y alta de la cuenca.
3. La distribución espacial y la cobertura vegetal de la *Festuca dolichophylla* en la micro cuenca de Calientes – provincia de Candarave– Tacna, no son las más óptimas para esta especie y reflejan su mal estado de conservación, sobretodo en la zona baja de la cuenca de Calientes.

## RECOMENDACIONES

1. Capacitar a los campesinos, habitantes de la cuenca de Calientes, con las técnicas de pastoreo para que el deterioro de la pradera no sea irreversible y se utilice los pastizales (entre ellos la *Festuca dolichophylla*) sistemáticamente, en beneficio de su propia economía. Además con ellos mismos se puede implementar un plan de turismo de paisaje natural, aprovechando la grata presencia de los géiseres, y gastronómico, ofreciendo deliciosos platos a base de carne de ganado alimentado con pasto natural.
2. Es necesaria la participación de las autoridades locales y regionales para comprometer y organizar a la comunidad campesina, local en la creación y funcionamiento de algunas iniciativas de conservación de los pastizales silvestres de la cuenca y entre ellos se constituya responsabilidades ecológicas por áreas, sobre todo en el repoblamiento de la *Festuca dolichophylla* (mejorar la distribución espacial) e incrementar su cobertura vegetal.
3. Comprometer a las diferentes instituciones académica, financieras, ONGs, publicitarias y de gobierno a impulsar el desarrollo de proyectos ecológicos que conlleven a la conservación y recuperación de los

pastizales nativos entre ellos la *Festuca dolichophylla*, considerando que son sumideros de carbono y colaboran con la reversión del efecto invernadero, producto de la contaminación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, G. O. (2013). *Los géiseres del Perú: características y utilización turística*. Escuela de Turismo y Hotelería. Revista Cultura: Lima (Perú) 27: 229-242, 2013.
- Alejo, J. Valer, F., Pérez J., Canales, L. (2014). *Manual Técnico No 2: Manejo de pastos naturales altoandinos*. Programa de Adaptación al Cambio Climático - PACC Perú.
- Álvarez, E., & América, M. (2013). *Plantas de importancia en la dieta del "Suri" Rhea Pennata* (Orbigny, 1834)(aves: Rheidae) en ecosistemas altoandinos de Moquegua, Perú.
- Argote, G., Aguirre, L., & Flores, E. (2013). *Ecología Aplicada*, 12, 2. sites in the high lands of Puno, Perú.
- Arias Carbajal, J. (1987). *Evaluación de métodos de análisis de vegetación en praderas naturales de la SAIS Pachacútec Ltda. No. 7*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Posgrado.
- Babor, J.; & Ibarz, J. (1978): *Química general moderna* (tomo I). La Habana: Editora Científico-Técnica.
- Bonino, N., & Sbriller, A. P. (1991). *Composición botánica de la dieta del guanaco (Lama guanicoe) en dos ambientes contrastantes de Tierra del Fuego, Argentina. Ecología Austral*, 1(2), 97-102.
- Calle, C., William, E., &. (2008). *Caracterización del líquido ruminal de llamas macho (Lama glama L.) alimentadas con heno de alfalfa (Medicago sativa) y pastos nativos (Calamagostis Sp., Festuca dolichopylla y Stipa ichu)*. Universidad Mayor de San Andrés, L. P. F. d. A UMSA.
- Canales Gutierrez Angel. (2011) *Bioestadística Herramienta para la Investigación*. Primera edición Corporación MERÚ E.I.R.L. Puno, Perú

- Fernandez, M., Mercado, M., Arrázola, S., & Martínez, E. (2001). *Estructura y composición florística de un fragmento boscoso de *Polylepis besseri hieron subsp. besseri* en Sacha Loma (Cochabamba)*. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental, 9, 15-27.
- Flores Aroni , M. (2017) *Captura de dióxido de carbono (co2) en la "chillihua" (festuca dolichophylla presl) de los pastizales*. Tesis - Universidad Nacional del Altiplano - Puno
- Genin, D., & Alzérreca, H. (2006). *Campos nativos de pastoreo y producción animal en la puna semiárida y árida andina*. Science et changements planétaires/Sécheresse, 17(1), 265-274. Tarija Bolivia.
- Gutiérrez Flores, I. R., & Canales Gutiérrez, Á. (2012). *Evaluación comparativa de la diversidad de flora silvestre entre la isla Taquile y el cerro Chiani en relación a la altitud*. Puno - Perú. *Ecología Aplicada*, 11(2), 39-46.
- Hauser, A. (1989). *Fuentes termales y minerales en torno a la carretera austral, Regiones X-XI, Chile*. Andean Geology, 16(2), 229-239.
- Hernandez S., Fernandez C. & Baptista L.(2010). Metodología de la Investigación. Quinta edición, Mc Graw Hill Mejico.
- Jones, B., Renaut, R. W., & Owen, R. B. (2011). *Life cycle of a geyser discharge apron: Evidence from Waikite Geyser, Whakarewarewa geothermal area, North Island, New Zealand*. Sedimentary Geology, 236(1–2), 77-94. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sedgeo.2010.12.008>
- Lima Molina, Nila (2016). *Mejorando praderas nativas a través de la introducción de trébol blanco (trifolium repens): efecto de la dosis de fósforo y distanciamiento entre golpes*. Tesis-posgrado.Universidad Agraria la Molina.
- Luna Chino, D., & Pecuarías, U. T. d. O. F. d. C. A. Y. (1994). *Caracterización de asociaciones vegetales de la Comunidad Altoandina" Aguas Calientes"*. Provincia Pacajes del Departamento de La Paz).

- McCall, G. J. H. (2013). *Geysers and hot springs*. reference module in earth systems and environmental sciences. Encyclopedia of Geology, 2005, Pages 105-117.
- Moreno, C. (2001). *Manual de métodos para medir la biodiversidad*. Manuales y Tesis Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal: Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOS)*.
- Ospina, J. C., Aliscioni, S., & Denham, S. (2013). *Festuca rigescens (poaceae, pooideae, loliinae) en Argentina y Chile*. Darwiniana, nueva serie, 1(1), 162-172.
- Quispe, C., Quispe, F. y Yaranga, R. (2015) *Alma Almacenamiento de carbono en pastos naturales de la subcuena del Canipaco*. Huancayo. Perú.
- Renvoize, S. A. (1998). *Gramíneas de Bolivia*. Kew: Royal Botanic Gardens, Kew xxx, 644p.-illus.. ISBN, 1900347385.
- Reyna, J. V., & Dávila, P. D. (1995). *Clasificación de los generos de las gramíneas (Poaceae) mexicanas*. Acta Botánica Mexicana, 33, 37-50.
- Sánchez, R. (1990). *Estudios ecologicos en lacordillera oriental colombiana v. analisis fitosociologico de la vegetacion de los depositos turbosos paramunos de los alrededores de bogota*. Caldasia, 16.
- Sivila, R., & Hervé, D. (2001). *Análisis de la microbiota en suelos cultivados del altiplano central*. Memorias del primer congreso boliviano de la ciencia del suelo. La Paz; IRD, 2001, p. 5-14.
- Soto, N., & Sebastián, A. (2014). *Medición de la periodicidad de los géiseres e implicancia en el mecanismo eruptivo en el campo geotermal el Tatio, Chile*. Universidad de Chile.

- Squeo, F. A., Arancio, G., & Gutiérrez, J. R. (2008). *Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Atacama*: Ediciones Universidad de La Serena.
- Srichandan, H., Pathak, A., Singh, S., Blight, K., Kim, D.-J., & Lee, S. W. (2014). Sequential leaching of metals from spent refinery catalyst in bioleaching–bioleaching and bioleaching–chemical leaching reactor: Comparative study. *Hydrometallurgy*, 150(0), 130-143. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hydromet.2014.09.019>
- Stancík, D. (2003). *Las especies del género Festuca (Poaceae) en Colombia*. Darwiniana, nueva serie, 41(1-4), 93-153.
- Tito, B. E. R. G. (2012) *Propuesta de plan de implementación de modalidades de conservación en la región Moquegua*. Moquegua, Perú
- Tovar, Ó. (1993). *Las Gramíneas (Poaceae) del Perú*. (Vol. 13): Editorial CSIC-CSIC Press. Perú.
- Turpe, A. M. (1969). Las especies argentinas de *Festuca* (excluidas las patagónicas). *Darwiniana*, 15, 189-283.

# **ANEXOS**

## ANEXO 01: ANÁLISIS DE SUELO

En este anexo se presentan los resultados de las Muestras procesadas en el Laboratorio de Metalurgia y Siderurgia – Microscopia de la Facultad de Ingeniería – UNJBG.

### Espectros de la zona alta:

**Tabla 25**

*Sitio PA1 Espectro 1:*

Elemento	Peso%	Atómico%
C	6,75	10,54
O	55,17	64,70
Na	0,62	0,50
Mg	0,19	0,14
Al	3,05	2,12
Si	31,00	20,71
K	0,80	0,38
Ca	0,42	0,20
Ti	0,43	0,17
Fe	1,57	0,53
Total	100,00	100,00

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Tabla 26***Sitio PA2 Espectro: 2.*

Elemento	Peso%	Atómico%
C	9,35	14,34
O	54,01	62,15
Na	0,63	0,51
Mg	0,16	0,12
Al	2,97	2,03
Si	30,15	19,76
K	0,83	0,39
Ca	0,63	0,29
Ti	0,00	0,00
Fe	1,27	0,42
Total	100,00	100,00

**Fuente:** Elaboración propia del autor.**Tabla 27***Sitio PA3 Espectro: 3*

Elemento	Peso%	Atómico%
C	6,46	10,14
O	54,59	64,38
Na	0,57	0,47
Mg	0,29	0,23
Al	3,13	2,19
Si	31,49	21,15
K	1,08	0,52
Ca	0,66	0,31
Ti	0,31	0,12
Fe	1,42	0,48
Total	100,00	100,00

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

## Espectros de la zona media:

**Tabla 28**

*Sitio PM1 Espectro:1*

Elemento	Peso%	Atómico%
C	9,98	15,75
O	49,13	58,19
Na	1,82	1,50
Mg	0,69	0,53
Al	6,85	4,81
Si	23,70	15,99
K	2,23	1,08
Ca	1,82	0,86
Fe	3,79	1,29
Total	100,00	100,00

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Tabla 29**

*Sitio PM2 Espectro: 2*

Elemento	Peso%	Atómico%
O	52,38	67,26
Na	2,09	1,86
Mg	0,66	0,56
Al	7,85	5,98
Si	27,39	20,04
K	2,86	1,50
Ca	1,97	1,01
Ti	0,44	0,19
Fe	4,35	1,60
Total	100,00	100,00

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Tabla 30***Sitio PM3 Espectro: 3*

Elemento	Peso%	Atómico%
C	1,32	2,22
O	53,10	66,92
Na	2,13	1,87
Mg	0,71	0,59
Al	7,73	5,78
Si	25,98	18,65
K	2,79	1,44
Ca	1,77	0,89
Ti	0,49	0,21
Fe	3,97	1,44
Total	100,00	100,00

**Fuente:** Elaboración propia del autor.

**Espectros de la zona baja:****Tabla 31***Sitio PB1 Espectro: 1*

Elemento	Peso%	Atómico%
O	50,47	65,52
Na	2,53	2,29
Mg	0,56	0,48
Al	8,60	6,62
Si	28,03	20,73
K	2,39	1,27
Ca	2,28	1,18
Fe	5,15	1,91
Total	100,00	100,00

**Fuente:** Resultados de las Muestras procesadas en el Laboratorio de Metalurgia y Siderurgia – Microscopia de la Facultad de Ingeniería - UNJBG

**Tabla 32***Sitio PB2 Espectro: 2*

Elemento	Peso%	Atómico%
C	4,65	7,56
O	52,92	64,56
Na	1,69	1,43
Mg	0,55	0,44
Al	7,76	5,62
Si	24,40	16,95
S	0,28	0,17
K	2,29	1,14
Ca	1,47	0,71
Ti	0,28	0,12
Fe	3,71	1,30
Total	100,00	100,00

**Fuente:** Resultados de las Muestras procesadas en el Laboratorio de Metalurgia y Siderurgia – Microscopia de la Facultad de Ingeniería - UNJBG

**Tabla 33***Sitio PB3 Espectro: 3*

Elemento	Peso%	Atómico%
O	54,50	69,06
Na	2,00	1,77
Mg	0,53	0,45
Al	7,68	5,77
Si	26,27	18,95
S	0,28	0,18
K	2,35	1,22
Ca	1,79	0,90
Ti	0,42	0,18
Fe	4,18	1,52
Total	100,00	100,00

**Fuente:** Resultados de las Muestras procesadas en el Laboratorio de Metalurgia y Siderurgia – Microscopia de la Facultad de Ingeniería – UNJBG

## ANEXO 02: Datos de SENAMHI

**Tabla 34**

*Datos del clima de Candarave, proporcionados por SENAMHI.*

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA												
DIRECCIÓN REGIONAL TACNA – MOQUEGUA												
ESTACIÓN: CO- CANDARAVE					LAT.: 17° 17' 26,2"		DPTO.: TACNA					
<b>PARÁMETRO: TEM. MÁXIMA MEDIA (°C)</b>					LONG.: 70° 16' 2,18"		PROV.: CANDARAVE					
CÓDIGO: 110876					ALT.: 3415 msnm		DIST.: CANDARAVE					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	20,0	20,1	19,2	17,4	15,5	15,0	15,2	16,0	18,2	18,2	19,7	19,5
2011	19,3	15,1	19,6	17,8	16,8	17,0	17,0	18,7	20,5	19,8	19,1	17,8
2012	17,1	16,0	19,1	18,9	19,7	19,2	19,2	19,5	19,4	19,7	20,5	19,5
2013	19,7	19,4	19,0	20,1	18,1	15,0	15,8	18,5	20,3	20,5	18,5	17,5
2014	17,0	17,3	18,7	19,0	18,7	18,6	19,2	19,4	16,9	20,3	20,6	20,4
2015	20,6	18,5	18,2	18,9	17,2	16,1	17,1	17,4	17,7	18,0	18,6	19,5
2016	19,2	18,7	19,6	19,1	18,0	16,5	16,6	16,6	17,8	17,7	18,2	17,7
2017	14,8	15,8	14,0	16,1	15,5	15,5	15,5	16,7	17,3	18,0	17,6	
<b>PARÁMETRO: TEMP. MÍNIMA MENSUAL (°C)</b>												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	6,7	7,3	7,3	6,0	3,5	01	-2,4	1,5	4,3	3,9	1,4	3,1
2011	4,0	2,8	4,1	1,3	0,9	0,6	0,2	1,4	3,5	2,4	4,1	4,0
2012	4,0	4,4	5,0	3,9	1,4	-1,4	-0,7	0,2	4,0	3,9	4,1	4,2
2013	4,7	5,0	4,2	1,6	1,8	-0,2	1,5	1,7	2,6	3,3	1,9	2,9
2014	2,8	1,1	3,0	3,2	1,3	0,8	1,7	2,4	3,4	3,4	3,5	3,4
2015	4,0	3,3	3,0	3,1	2,1	0,4	1,9	1,4	1,0	2,9	3,6	5,2
2016	5,5	7,0	5,6	5,1	1,2	1,4	1,3	1,8	2,2	3,1	2,2	3,0
2017	6,1	4,5	5,2	4,3	3,4	2,4	1,4	0,7	1,9	2,5	3,6	

<b>PARÁMETRO: TEMP. MEDIA MENSUAL (°C)</b>												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	13,4	13,7	13,3	11,7	10,2	9,5	9,2	10,2	11,6	11,3	10,9	11,3
2011	11,7	9,1	11,9	9,8	8,9	8,9	8,8	10,1	12,0	11,2	11,6	10,9
2012	10,6	10,4	12,0	11,4	10,7	10,6	9,3	9,8	11,7	11,8	12,3	11,9
2013	12,2	12,2	11,7	10,9	11,7	8,4	8,6	9,6	12,2	12,0	10,2	10,7
2014	10,3	9,2	11,2	12,9	12,3	12,0	12,9	13,2	13,5	14,0	14,2	13,9
2015	12,3	10,9	10,6	11,0	9,7	8,3	9,5	9,4	9,4	10,4	11,1	12,3
2016	12,4	12,9	12,6	12,1	9,6	9,0	9,0	9,2	10,0	10,4	10,2	10,8
2017	10,4	10,2	9,6	10,2	9,5	9,0	8,5	8,7	9,6	10,3	10,6	
<b>PARÁMETRO: HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)</b>												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	53	61	66	59	55	58	55	55	57	61	56	54
2011	61	71	59	62	59	50	59	52	47	45	51	60
2012	63	70	54	51	51	55	49	48	53	58	52	54
2013	56	56	53	46	51	56	57	58	45	44	51	63
2014	73	58	49	49	51	52	52	52	52	51	49	51
2015	56	63	65	55	64	64	58	53	48	49	48	44
2016	45	61	46	53	45	43	48	47	49	40	42	51
2017	79	66	67	66	61	61	61	61	58	55		
<b>PARÁMETRO: PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm.)</b>												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	4,8	34,6	1,7	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	9,6
2011	89,1	146,1	4,9	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	94,5
2012	121,9	196,7	80,4	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	44,1
2013	93,1	60,4	63,6	0,0	10,3	3,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	19,0
2014	83,5	2,1	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	1,2
2015	39,3	86,9	81,2	12,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2016	2,3	89,2	0,0	9,6	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2017	113,9	68,1	61,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

<b>PARÁMETRO: HELIOFANIA HR./DEC</b>												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	195,8	250,0	269,8	306,9	299,3	280,8	297,6	316,6	308,5	322,4	350,1	271,7
2011	183,5	44,8	294,3	262,3	296,1	277,5	287,4	318,8	280,7	328,4	309,5	231,2
2012	143,0	76,9	156,7	241,5	312,2	305,5	296,3	294,5	273,4	311,6	351,4	176,7
2013	220,0	190,4	224,0	291,9	243,5	249,5	273,5	275,2	326,2	263,6	332,5	258,4
2014	185,6	288,6	243,5	241,5	274,1	255,5	288,2	296,9	259,3	315,4	270,8	239,2
2015	212,9	74,3	42,8	218,2	289,5	279,8	283,3	272,4	288,3	219,3	228,0	291,9
2016	302,4	72,0	275,3	S/D	319,2	264,8	271,8	314,9	300,0	280,6	308,4	254,1
2017	93,8	180,3	107,4	272,8	212,9	S/D	291,2	320,8	137,2	S/D	S/D	S/D
<b>PARÁMETRO: EVAP. TANQUE MEDIA (mm.)</b>												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	57,7	53,8	59,4	57,7	57,0	54,2	55,6	56,4	59,0	59,4	59,0	59,1
2011	54,1	40,9	57,9	56,2	62,1	61,5	62,1	59,2	57,9	60,1	60,9	61,7
2012	58,8	45,3	63,9	60,2	60,7	58,8	58,2	57,3	56,1	59,8	57,0	61,9
2013	61,0	57,5	67,8	88,7	91,1	84,1	58,0	54,7	55,5	58,7	54,5	60,7
2014	59,7	51,9	54,7	53,0	50,8	47,9	51,2	49,2	46,8	49,0	48,4	49,6
2015	50,2	54,6	48,1	46,4	47,1	45,7	46,9	47,1	45,3	47,6	45,8	47,8
2016	43,7	43,7	46,4	46,1	45,8	44,4	47,3	40,8	45,0	46,6	45,1	46,8
2017	48,5	45,9	51,6	50,2	53,1	53,8	54,5					

**Fuente:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - Dirección Regional Tacna – Moquegua.

### ANEXO 03: Fotografías.



**Figura 29.** Moradora de la Asociación de Ocupantes del valle de Calientes

**Fuente:** Foto del autor

## Valle con 85 géiseres es la nueva atracción turística natural de la región Tacna

Aguas termales. A 4,300 metros sobre el nivel del mar, en Candarave, fuentes termales manan agua con temperaturas de entre 37 y 80 grados centígrados. En la zona hay flora y fauna que formarán parte de la nueva oferta turística tacneña.



24 Dic 2012 | 4:45 h



**Figura 30.** Recorte periodístico con iniciativa turística.

**Fuente:** Foto del autor



**Figura 31.** El géiser más popular; visitantes le llaman “El Horno” debido a la forma que presenta en la parte derecha de la foto, y el ruido tenebroso que emite al emanar el agua.

**Fuente:** Foto del autor



**Figura 32.** Precaria vivienda de la zona, con techo de *Festuca*.

**Fuente:** Foto del autor



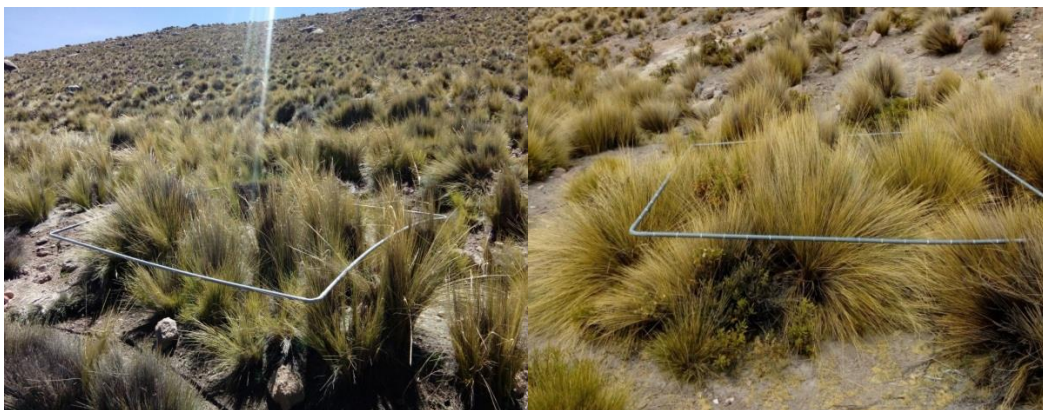
**Figura 33.** Uso de la *Festuca dolichophylla* y queñua en techos de viviendas

**Fuente:** Foto del autor



**Figura 34.** *Festucas dolichophylla* en la zona baja de la cuenca, con tendencia a desaparecer, si no le damos el trato debido y a tiempo.

**Fuente:** Fotos del autor



**Figura 35.** *Festucas dolichophylla* en la zona media de la cuenca, naturalmente no muy cuidada pero poco depredada.

**Fuente:** Fotos del autor



**Figura 36.** *Festucas dolichophylla* en la zona alta de la cuenca, depredada pero de pronta recuperación.

**Fuente:** Foto del autor



**Figura 37.** Algunos ejemplares de alpaca en la zona media de la cuenca.

**Fuente:** Fotos del autor

Desde la figura 38 a la figura 45 son fotografías que nos muestran parte de la biodiversidad presente, en la microcuenca de Calientes – Candarave y algunas imágenes de los géiseres ubicados en la llanura de la cuenca paisaje, que puede ser parte de una presentación turística luego de su implementación.



**Figura 38.** Biodiversidad - flora 1.

**Fuente:** Fotos del autor



**Figura 39.** Biodiversidad – flora 2.

**Fuente:** Fotos del autor



**Figura 40.** Biodiversidad - fauna 1.

**Fuente:** Fotos del autor



**Figura 41.** Biodiversidad - fauna 2.

**Fuente:** Fotos del autor



**Figura 9.** Biodiversidad - fauna 3.

**Fuente:** Fotos del autor



**Figura 43.** Géiseres ubicados en la zona media de la cuenca.

**Fuente:** Fotos del autor



**Figura 44.** El río de la cuenca de Calientes – Candarave, que capta las aguas emanadas de los géiseres.

**Fuente:** Foto del autor



**Figura 45.** Construcción hecha por la Municipalidad de Candarave. La zona puede ser apropiada para un observatorio astronómico, debido a la limpieza del cielo.

**Fuente:** Foto del autor