

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Escuela de Posgrado

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

**ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE FLORA SILVESTRE Y CONCENTRACIÓN
DE METALES PESADOS DEL SUELO ASOCIADO A LOS
GÉISERES DE LA MICRO CUENCA DE CALIENTES,
PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA**

TESIS

PRESENTADA POR:

M.Sc. WILDER ROGER MIÑANO LEÓN

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

**ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE FLORA SILVESTRE Y CONCENTRACIÓN
DE METALES PESADOS DEL SUELO ASOCIADO A LOS GEISERES
DE LA MICRO CUENCA DE CALIENTES, PROVINCIA DE
CANDARAVE – TACNA**

Tesis sustentada y aprobada el 19 de octubre del 2018; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE :
Dr. Martín Eloy Casilla García

SECRETARIO :
Dr. Alberto Savino Pacheco Pacheco

MIEMBRO :
Dr. Heber Melbin Cabrera Cruz

ASESOR :
Dr. Pablo Juan Franco León

Quiero en primer lugar agradecer a Dios por sobre todas las cosas, de poder darme la voluntad y la fuerza para seguir luchando en esta vida.

Dedico este trabajo de tesis a mis padres, Elvia y Dante quienes me trajeron a este mundo. Gracias mamá por apoyarme incansablemente en todo momento y sobre todo por creer en mí.

A mi querida hermana Sonia, a quien quiero mucho y quien me apoyó en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi esposa Yoisi, a mis hijos Kevin y Alessandro a quienes los quiero mucho, y que son mi fuerza para seguir viviendo.

Agradecer inmensamente a mi asesor Pablo Franco León, por haberme guiado durante el desarrollo de la tesis de una manera desinteresada a pesar de su recargada labor en el trabajo.

Wilder Miñano León

ÍNDICE

RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
RESUMO.....	xv
INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	05
1.1. Descripción del problema	05
1.1.1. Antecedentes del problema	05
1.1.2. Problemática de la investigación	06
1.2. Formulación del problema	06
1.3. Justificación e importancia	07
1.4. Alcances y limitaciones	08
1.5. Objetivos	08
1.5.1. Objetivo general	08
1.5.2. Objetivos específicos	09
1.6. Hipótesis	09
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes del estudio	10
2.2. Bases teóricas	27

2.3. Definición de términos	35
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	39
3.1. Tipo y diseño de la investigación	39
3.2. Población y muestra	44
3.3. Operacionalización de variables	45
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	46
3.5. Procedimiento metodológico de la diversidad	47
3.6. Procesamiento y análisis de datos	49
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	51
4.1. Descripción de la zona de estudio	51
4.2. Determinación del índice de diversidad de la flora silvestre	52
4.3. Determinación de la concentración de los metales pesados	71
4.4. Determinación socioeconómica	77
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	80
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Valor de los índices de diversidad por cada mes de muestreo	11
Tabla 2.	Géneros con mayor número de especies en la Flora de la cuenca del río Tambo-Ichuña	14
Tabla 3.	Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice De Simpson-Índice de Shannon) del bofedal La Moya, aplicando la prueba Mann Whitney con el software INFOSTAT (febrero – julio 2015)	18
Tabla 4.	Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice de Simpson) entre la Isla Taquile y el Cerro Chiani, Utilizando la prueba Mann Whitney con el software INFOSTAT, (noviembre 2010 – Febrero 2011)	19
Tabla 5.	Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice de Shannon) entre la Isla Taquile y el Cerro Chiani, utilizando la prueba Mann Whitney con el software INFOSTAT, (noviembre 2010 – febrero 2011)	20
Tabla 6.	Número de especies de vegetación en época seca y húmeda en las zonas de la micro cuenca de	

	Calientes: parte alta, parte media y parte baja	60
Tabla 7.	Dominancia de especies de vegetación de la micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave, en la época seca	61
Tabla 8.	Dominancia de especies de vegetación de la micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave, en la época húmeda	62
Tabla 9.	Cobertura vegetal (Área cubierta por especie) en la época seca de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave.....	63
Tabla 10.	Cobertura vegetal (Área cubierta por especie) en la época húmeda de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave.....	64
Tabla 11.	Resultado de trabajo en campo en época seca y época húmeda de los índices de diversidad de la flora silvestre en la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave – Tacna	66
Tabla 12.	Semianálisis químico cuantitativo mediante microscopio electrónico de barrido y microanalizador con rayos X (SEM EDX) de muestras de suelo de la parte baja (B) de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave	

	Aumento: 100x, detector: BSE.....	72
Tabla 13.	Semianálisis químico cuantitativo mediante microscopio electrónico de barrido y microanalizador con rayos X (SEM EDX) de muestras de suelo de la parte media (M) de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave Aumento: 100x, detector: BSE.....	73
Tabla 14.	Semianálisis químico cuantitativo mediante microscopio electrónico de barrido y microanalizador con rayos X (SEM EDX) de muestras de suelo de la parte alta (A) de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave. Aumento: 100x, detector: BSE.....	74
Tabla 15.	Promedio de los diferentes elementos químicos encontrados en el semianálisis químico cuantitativo del laboratorio de Microscopía del suelo de la parte baja, media y alta, de la micro cuenca de Calientes. Provincia de Candarave en la época seca y en la época húmeda.....	75
Tabla 16.	Información del clima de la Provincia de Candarave, proporcionado por SENAMHI.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Geiser, yacimiento de agua termal cuya salida es a manera de erupción que expulsa las aguas permanentemente	29
Figura 2.	Microscopio electrónico barrido TESCAN Vega II.....	48
Figura 3.	Zona de estudio de la micro cuenca de Calientes. Provincia de Candarave en la región de Tacna	52
Figura 4.	Temperatura máxima de la provincia de Candarave, desde el año 2010 hasta el año 2017.....	54
Figura 5.	Temperatura mínima de la provincia de Candarave, desde el año 2010 hasta el año 2017	55
Figura 6.	Humedad relativa media mensual de la Provincia de Candarave, desde el año 2010 hasta el año 2017	56
Figura 7.	Precipitación total mensual de la Provincia de Candarave, desde el año 2010 hasta el año 2017	57
Figura 8.	Evaporación tanque media de la Provincia de Candarave desde el año 2010 hasta el año 2017	58
Figura 9.	Comparación entre la época seca y época húmeda	

	del número de especies en la parte alta, parte media y parte baja de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave	67
Figura 10.	Comparación entre la época seca y la época húmeda de la abundancia en la parte alta, parte media y parte baja, de la micro cuenca de Calientes en Candarave	68
Figura 11.	Comparación del índice de Simpson_D-1 en la época seca con la época húmeda en las zonas de la parte alta, parte media y parte baja de la micro cuenca de Calientes en Candarave	69
Figura 12.	Comparación del índice de Shannon_H en la época seca con la época húmeda en las zonas de la parte alta, parte media y parte baja de la micro cuenca de Calientes en Candarave	70
Figura 13.	Existencia de elementos químicos en el suelo de la micro cuenca de Calientes en Candarave, en la época seca	76
Figura 14.	Existencia de elementos químicos en el suelo de la micro cuenca de Calientes en Candarave en la época húmeda	77

Figura 15. Integrante de la comunidad llamada Calientes en la provincia de Candarave, la Sra. Delia Villalobos	78
Figura 16. Casas en la micro cuenca de los campesinos de la comunidad de Calientes de la provincia de Candarave	79
Figura 17. Zona de estudio micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave	107
Figura 18. Colocando un transecto en una de las zonas de trabajo para el muestreo de la vegetación en la micro cuenca de Calientes.....	107
Figura 19. En la zona de estudio se nota la presencia de llamas y alpacas propiedad de los comuneros de la comunidad de Calientes de la provincia de Candarave	108
Figura 20. La mayoría de las aguas termales (geiseres) están ubicados en la zona media de la micro cuenca de Calientes.....	109
Figura 21. Zona de estudio de la micro cuenca de Calientes en la época húmeda.....	109
Figura 22. Zona de estudio de la micro cuenca de Calientes en la época seca	110

Figura 23. Ambientes construidos por la Municipalidad de Candarave con un propósito turístico. Se encuentra abandonado.	110
Figura 24. Especies de biodiversidad de la Flora Silvestre de la micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave de la region Tacna	111
Figura 25. Otras especies de biodiversidad de la Flora Silvestre de la micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave de la región Tacna	112
Figura 26. Biodiversidad de la fauna de la micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave	113
Figura 27. Uno de los geiser más visitados y que tiene la apariencia de un “Horno” siempre emanando aguas termales y discurriendo al río Calientes que esta al pie de él.....	114
Figura 28. Géiser que se encuentra al pie del denominado “horno” en la figura anterior. Se visualiza el río Calientes.....	114
Figura 29: Volcán de Yucamani ubicado en la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave en la época húmeda	115

RESUMEN

La presente investigación tiene por objeto determinar la diversidad de la flora silvestre mediante el método de Simpson_1-d y el método de Shannon_H, así como, determinar la concentración de metales pesados en el suelo de la micro cuenca de Calientes en la provincia de Candarave - Tacna. Se aplicó la técnica de transectos en la parte alta (4 443 a 4 448 m.s.n.m.), media (4 331 a 4 345 m.s.n.m.) y baja (4 164 a 4 170 m.s.n.m.). Los datos se tomaron en la época seca y húmeda, encontrándose 26 especies, donde la *festuca orthophylla*, es la especie predominante, seguida de la *parastrephia quadrangularis*, existiendo una baja diversidad de la vegetación, a pesar, que en la época húmeda hubo una mejora en cuanto a cantidad y variedad, con respecto a la época seca. En el suelo de la micro cuenca, se tomó muestras en la parte alta, media y baja, en la época seca y húmeda, donde no se encontraron metales pesados. Se encontró aluminio (Al) y Fierro (Fe), con bajo porcentaje de peso, así como algunos elementos químicos como: Carbono (C), oxígeno (O), sodio (Na), magnesio (Mg), silicio (Si), azufre (S), potasio (K), calcio (Ca), titanio (Ti), molibdeno (Mo).

Palabras clave: Altitud, vegetación, géiseres, biodiversidad, diversidad de especies, metales pesados, suelo, índices de diversidad.

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the diversity of the wild flora using the Simpson_1-d method and the Shannon_H method, as well as to determine the concentration of heavy metals in the soil of the micro-basin of Calientes in the province of Candarave - Tacna . The transect technique was applied in the upper part (4 443 to 4 448 meters above sea level), medium (4 331 to 4 345 meters above sea level) and low (4 164 to 4 170 meters above sea level). The data were taken in the dry and humid season, 26 species being found, where the *festuca orthophylla*, is the predominant species, followed by the *quadrangularis parastrephia*, there being a low diversity of the vegetation, despite, that in the humid season there was an improvement in terms of quantity and variety. In the soil of the micro basin, samples were taken in the upper, middle and lower part, in the dry and humid season, where no heavy metals were found. Aluminum (Al) and Iron (Fe) were found, with low percentage of weight, as well as some chemical elements such as: Carbon (C), oxygen (O), sodium (Na), magnesium (Mg), silicon (Si), sulfur (S), potassium (K), calcium (Ca), titanium (Ti), molybdenum (Mo).

Keywords: Altitude, vegetation, geysers, biodiversity, species diversity, heavy metals, soil, diversity indexes.

RESUMO

O presente estudo é determinar a diversidade de plantas selvagens pelo método do método Simpson_1-d e o método Shannon_H, bem como determinar a concentração de metais pesados no solo bacia micro de Calientes na provincia de Candarave - Tacna. A técnica do transecto foi aplicada na parte superior (4.443-4.448 metros acima do nível do mar), média (4331-4345 metros acima do nível do mar) e baixa (4164-4170 metros acima do nível do mar). Os dados foram recolhidos nas estações secas e molhadas, sendo 26 espécies onde *orthophylla festuca*, é a espécie predominante, seguido por *Quadrangularis Parastrephia*, contendo uma baixa diversidade da vegetação, embora, na estação húmida, houve uma melhoria quanto a catidad e variedade. No chão da micro bacia, as amostras foram retiradas, na parte superior, média e baixa, nas estações secas e molhadas, onde nenhuns metais pesados foram encontrados. alumínio (Al) e ferro (Fe) foi encontrada, com uma baixa percentagem de peso, bem como alguns elementos químicos, tais como o carbono (C), oxigénio (O), sódio (Na), magnésio (Mg), silício (Si), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca), titânio (Ti), molibdênio (Mo).

Palavras-chave: Altitude, vegetação, gêiseres, biodiversidade, diversidade de espécies, metais pesados, solo, índices de diversidade.

INTRODUCCIÓN

La micro cuenca de Calientes se encuentra aproximadamente a 35 Km. o a una hora de la ciudad de Candarave y a tres horas de la ciudad de Tacna. En la zona de Calientes, el camino es accidentado y gran parte del recorrido es trocha de estado regular, esto sucede especialmente en la época húmeda cuando existen precipitaciones, y es cuando el cauce del río de calientes aumenta. Gran parte de este recorrido se hace por las faldas del volcán Yucamani. La temperatura máxima en la zona llega hasta 19 °C y la mínima puede llegar hasta 1 °C.

Además de existir en este lugar abundantes manantiales de agua caliente o géiser, donde la temperatura del agua sobrepasa los 86 °C, existe también bastante vegetación, los cuales están rodeados por un paisaje que deleita la vista, el mismo que está conformado por comunidades vegetales como la *festuca orthophylla* y fauna como lagartijas y sapos.

Es muy importante en la actualidad mantener la conservación de este ecosistema y así poder contribuir en la conservación de la vegetación de esta micro cuenca, así como su fauna. Esto nos permite realizar el

estudio de investigación para poder determinar **el índice de diversidad de flora silvestre y concentración de metales pesados del suelo asociado a los géiseres de la micro cuenca de Calientes, Provincia de Candarave – Tacna.**

El presente trabajo consiste en determinar, cuál es el índice de diversidad de las especies vegetales de la zona baja, zona media y zona alta en la época seca y en la época húmeda, así como determinar si existe o no metales pesados en el suelo de la micro cuenca para cada zona, tanto para la época seca como para la época húmeda. El lugar de estudio se hizo entre los 4 122 m.s.n.m. y los 4 500 m.s.n.m.

En el trabajo de campo se utilizó el método de transectos en forma aleatoria en la zona baja, zona media y zona alta, tanto en la época seca como en la húmeda y poder determinar la diversidad de la flora silvestre del lugar, para lo cual se utilizará los índices de Simpson_{1-d} y de Shannon_h. Y para poder determinar si existe o no los metales pesados en el suelo de la micro cuenca se tomarán muestras de suelo en la zona baja, zona media y zona alta, tanto en la época seca como en la húmeda y se utilizará el microscopio electrónico barrido TESCAN Vega II.

En este trabajo de tesis presentamos lo siguiente: El índice, donde se encuentra el contenido del trabajo de investigación, resumen,

introducción, en el cual se indica el lugar donde se realizó el trabajo de investigación y las limitaciones del lugar, además que es lo que motivó y que se pretende demostrar con la investigación. También se indican el tema y como está pensado hacerlo, y cuál es la metodología utilizada en dicha investigación.

En el Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, y se considera antecedentes del problema, problemática de la investigación. Además se tiene la formulación del problema, la justificación e importancia, con sus alcances y limitaciones, objetivos generales y específicos e hipótesis.

En el Capítulo II, precisamos el Marco Teórico donde se desarrolla temas relacionados a índices de diversidades, metales pesados, vinculados de manera coherente a los estudios que fueron convenientemente realizados.

En el Capítulo III se tiene al Marco Metodológico que define las variables, tipo y diseño de la investigación, así como una descripción de la metodología de los índices de diversidad y análisis de los metales pesados.

En el Capítulo IV, se establece los resultados y análisis donde se determina la descripción del trabajo de campo y se determina el índice de

diversidad de la flora silvestre y la concentración de los metales pesados en el suelo de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave.

En el Capítulo V, se considera la discusión y se compara los resultados del trabajo con otros autores con respecto al índice de diversidad, la existencia de metales pesados en la microcuenca de Calientes, interpretando los resultados obtenidos de manera objetiva y concisa apoyados en tablas y figuras representativas.

Luego se presentan las conclusiones donde están las respuestas a las interrogantes expuestas en el trabajo, recomendaciones, anexos y las referencias bibliográficas que fueron presentados en base a las normas del APA.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

1.1.1. Antecedentes del problema

La micro cuenca de Calientes se encuentra en Candarave ubicada a 4 300 m.s.n.m. donde están ubicados los géiseres y que se accede a través de una carretera que bordea las faldas del volcán Yucamani. En esta micro cuenca de Calientes se ubican cerca de 85 fuentes termales cuyas aguas temperadas sobrepasan los 86 °C.

En la micro cuenca se evidencia la presencia de mucha vegetación, especialmente en el entorno aledaño de los géiseres, permitiendo que los pobladores de la zona puedan utilizar esta cubierta para el pastoreo. En este ecosistema la presencia de aguas termales coadyuva en el crecimiento y desarrollo de algunas especies vegetales a los alrededores de los géiseres. Esto nos permite ver que las aguas de estos géiseres no dañan en su totalidad la vegetación de esta micro cuenca, es por ello

importante la conservación de este ecosistema, pero por desconocimiento de estas bondades de la naturaleza, no se le da la debida importancia.

1.1.2. Problemática de la investigación

En el presente trabajo es necesario realizar un estudio científico para conocer las causas de la degradación y sus consecuencias en el desarrollo sostenible de la población en la provincia Candarave, y poder contribuir en la conservación de la micro cuenca y mantener a la población que responda a las necesidades socioeconómicas de la población de la zona; por ello se ha planteado las siguientes interrogantes: ¿Por qué es importante determinar el índice de diversidad de la flora silvestre asociada a los geiseres en la micro cuenca de Calientes?. ¿Cómo se relaciona el índice de diversidad de la flora silvestre con respecto a la concentración de metales pesados asociados a los géiseres en la micro cuenca de Calientes?

1.2. Formulación del problema

Las preguntas de investigación del presente trabajo que podemos formular las siguientes interrogantes: ¿Cuál será el índice de diversidad de la flora silvestre y la concentración de metales pesados del suelo de la micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave – Tacna?. ¿Será la zona baja que presente mayor diversidad de especies vegetales en

relación a la zona media y alta asociada a la presencia de géiseres?.
¿Qué concentración de metales pesados existirá en el suelo asociado a los géiseres?

1.3. Justificación e importancia

El presente trabajo nos permitió determinar si los suelos cercanos a los géiseres contienen metales pesados y encontrar la diversidad de la flora existente en la micro cuenca de Calientes en la provincia de Candarave.

El propósito con el presente estudio, es contribuir al conocimiento del ecosistema alto andino asociados a los géiseres, y su impacto a las comunidades vegetales de tal forma que nos permita implementar un impacto de degradación de la micro cuenca de los géiseres en el desarrollo socioeconómico sostenible del poblador de la zona de la micro cuenca de los géiseres de Calientes en Candarave.

La investigación sirve para comprobar y promover el aprovechamiento eco sistémico, si la micro cuenca de los géiseres es un ecosistema natural libre de metales, y con una diversidad de vegetación que serviría para el forraje y ecoturismo donde muy bien pueden ser utilizados sus aguas termales y que puede ser recursos de sustento para la vida de los pobladores de la zona alto andina.

La investigación es viable porque existen los recursos mínimos para poder realizar dicho proyecto a pesar que el lugar de investigación se encuentra a más de 4 000 m.s.n.m. Además hay lugares cercanos donde se pueden hacer dichos estudios a nivel de laboratorios, como por ejemplo la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna.

El estudio científico pretende sensibilizar a las autoridades e instituciones públicas y privadas sobre la importancia socio económico de la conservación de la diversidad vegetal de la micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave – Tacna.

1.4. Alcances y limitaciones

El trabajo consiste en la determinación de la concentración de metales pesados y en el índice de diversidad de la flora silvestre asociado a las aguas termales de los geiseres de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave – Tacna.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Calcular el índice de diversidad de flora silvestre y la concentración de metales pesados en el suelo asociado a los géiseres de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave – Tacna.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Estimar la diversidad de especies vegetales de la zona baja en relación a la zona media y alta asociada a la presencia de los géiseres.
- b) Determinar la concentración de metales pesados del suelo asociado a los géiseres por zona (baja, media y alta).

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Las aguas termales de los géiseres, favorecen la diversidad de flora silvestre y la concentración de metales pesados en los suelos asociados a estos ecosistemas en la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave – Tacna.

1.6.2. Hipótesis específicas

- a) En la zona baja se encuentra mayor diversidad de especies vegetales en relación a la zona media y alta.
- b) La concentración de metales pesados está por encima de los límites de masa permitida, sin embargo favorece la presencia de flora y vegetación en la zona baja y las muestras serán menor que en la zona media y alta.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio:

En la región de Tacna

La flora y vegetación del departamento de Tacna, ubicado en el extremo sur occidental del Perú, enmarcado en las coordenadas geográficas 16° 59' y 18° 21' LS y 69° 28' y 71° 10' LW, en altitudes que van de los 0,0 a 4 700 m.s.n.m.

La zona andina tacneña está representada por vegetaciones típicas como los tolares, predominado por *Parastrephia quadrangularis*, *Parastrefphia lucida*, *Baccharis tricuneata*; Estepa arbustiva representados por *Adesmia spinosissima*, *Tetraglochin cristatum*, *Junellia juniperiana*; Frazales de Fabiana, son comunidades típicas de *Fabiana stephanii* y *Baccharis boliviensis*; Los Yaretales predominado por *Azorella compacta*, *Valeriana nivalis*, *Woodsia montevidensis*, *Salpichroa glandulosa*. Los pajonales, cubren grandes extensiones de territorio

son muy comunes *Festuca spp*, *Stipa spp* y *Anthochloa spp*. Los bosques de *Polylepis*, son formaciones característicos de algunas zonas alto andinas representado por *Polylepis regulosa* y *Polylepis tarapacana* y la Vegetación Subnivel caracterizado por especies bajas al ras del suelo entre ellas *Pycnophillum molle*, *Nonotriche spp* y *Werneria spp*. (Franco, Cáceres y Sulca, 2004).

Bofedal de Ancomarca, en Palca

Diversidad vegetal

Tabla 1.

Valor de los índices de diversidad por cada mes de muestreo

Índice	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Promedio de cobertura
Taxa_S	18	22	23	21	30	25	30
Simpson_1-D	0,8708	0,8881	0,9242	0,9128	0,9327	0,9134	0,913
Shannon_H	2,386	2,55	2,823	2,733	3,014	2,786	2,803
Menhinick	2,508	2,966	2,994	3,111	3,857	3,241	4,012

Fuente: Mamani, L. (2015)

Interpretación de Mamani (2015), indica que en la tabla 1, el índice de Simpson (1-D) del promedio de cobertura vegetal es de 0,913 un valor cercano a 1; lo que indica que, hay alta dominancia de las especies con

mayor cobertura, el índice de Shannon del promedio de cobertura vegetal es 2,803 cercano a 3,4 ($\ln 30$), lo que indica que la población de vegetación del bofedal tiene alta biodiversidad y el índice de Menhinick también presenta un valor alto de 4,012 cercano a 5 lo que indica una alta riqueza de especies vegetal.

En la región Tacna, provincia de Candarave

Los humedales alto andinos de la provincia de Candarave, departamento de Tacna, con el objetivo de determinar la composición y cobertura vegetal; la producción de biomasa seca y verde; la capacidad de carga y soportabilidad. Para la evaluación de los humedales alto andinos, se utilizó el “Método de transección al paso”; el trabajo de evaluación de los pastizales se ejecutó en la época de lluvias del 2012, obteniéndose un total 850 muestras de los humedales de Huaytire, Japopunco, Tacalaya, Turuturo y Copapujo; como resultado se obtuvo una composición vegetal de 36 especies vegetales, con una cobertura vegetal del 80,35 % para los humedales de la provincia de Candarave; mientras que las especies de mayor dominancia fue *Distichia muscoides*, seguido de *Alchemilla diplophylla*, y *Oxychloe andina*. La superficie total de humedales es de 3 470,68 ha, con una producción de materia verde de 1 858,43 kg/ha/M.V y una producción de materia seca de 577,34

kg/ha/M.S; mientras que la capacidad de carga promedio es de 2,78 UAL/ha/año en materia verde, y 4,31 UAL/ha/año en materia seca, y la soportabilidad de los humedales es de 9 641,27 UAL/año para materia verde y de 14 953,51 UAL/año para materia seca. (Alvarado, 2012)

En la región de Moquegua. Tambo – Ichuña

Los resultados confirman de una importante contribución de nuevos registros para Moquegua, donde destacan: *Asteraceae* (68 spp.), *Poaceae* (19 spp.), *Malvaceae* (13 spp.), *Brassicaceae* (12 spp.), *Caryophyllaceae*, *Fabaceae* y *Plantaginaceae* (11 spp. cada una), *Juncaceae* con 8 especies. En el caso de géneros con mayor número de nuevos registros, se incluye: *Senecio* con 18 especies, *Plantago* con 11 especies, *Nototriche* con 9 especies, etc. (Tabla 2).

Tabla 2.

Géneros con mayor número de especies en la flora de la cuenca del río Tambo-Ichuña.

Familia	Género	Nº de especies
<i>Asteraceas</i>	Senecio	20
<i>Plantaginaceae</i>	Plantago	11
<i>Malvaceae</i>	Nototriche	9
<i>Solanaceae</i>	Solanum	8
<i>Fabeceae</i>	Astragalus	7
<i>Asteraceae</i>	Baccharis	5
<i>Asteraceae</i>	Werneria	5
<i>Poaceae</i>	Calamagrostis	5
<i>Pteridaceae</i>	Cheilanthes	5
<i>Valerianaceae</i>	Valeriana	5
<i>Asteraceae</i>	Hypochaeris	4
<i>Asteraceae</i>	Perezia	4
<i>Malvaceae</i>	Tarasa	4
<i>Scrophulariaceae</i>	Bartsia	4

Fuente: Montesinos, D. (2011).

También se comprueba que la vegetación de la cuenca Tambo Ichuña tiene mayor similitud con la del altiplano puneño y boliviano cercano al Lago Titicaca y valles altoandinos del NE de Arequipa y Tacna. Dichas regiones forman parte del mismo sistema montañoso subhúmedo del sur de los Andes presentando casi las mismas características altitudinales y de composición florística (Montesinos, 2011).

En Arequipa – Moquegua

La Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca (RNSAB), ubicada en la región árida andina del suroeste peruano, es una muestra representativa de la puna seca de América del Sur. Con un criterio innovador para su tiempo, se propuso la recuperación (hoy restauración) de sus ecosistemas y la promoción de la belleza paisajística, esencialmente de sus pajonales, tolares, yaretales y queñuales. La RNSAB ocupa un área de 366 936 ha, y abarca niveles altitudinales que van de los 2 800 m. a más de 6 000 m. de altitud, en los departamentos de Arequipa y Moquegua.

Las familias con más especies son las Asteraceae con 78 y Poaceae con 52. Los géneros con más especies son *Calamagrostis* con 15 especies, *Senecio* con 12 especies y *Werneria* con 10 especies. Destaca la queñua (*Polylepis rugulosa*), como especie amenazada, esta forma pequeños bosquecillos en las laderas al oeste de la Reserva. Las plantas conocidas como tola o ccapo de tres géneros (*Parastrephia*, *Lepidophyllum* y *Baccharis*) forman los tolares, y varias especies de gramíneas (*Festuca*, *Stipa*, entre otras) forman los pajonales. Los tolares y los pajonales dominan el paisaje en la mayor parte de la Reserva. En las áreas más húmedas se desarrollan los bofedales, con claro dominio

de *Distichia muscoides*. Alcanzando el límite altitudinal de la vegetación, tenemos plantas almohadilladas, entre las que destaca el género *Azorella*, que se conoce como yareta. (Zeballos, Ochoa y López, 2010).

Altoandina de Tisco–Caylloma (Arequipa)

El principal factor que altera las características ecológicas, que por su latitud le corresponden a los Andes del Perú, es la altitud, que le da características especiales. La configuración topográfica está caracterizada por laderas inclinadas, así como por áreas colinadas y algunas veces de relieve suave hasta plano.

Las especies que se encontraron en el área muestreada fueron: *Parastrephia lepidophylla*, *Baccharis emarginata*, *Calamagrostis vicunarum*, *Festuca orthophylla*, *Astragalus peruvianus*, *Nototriche sp.*, y *Oxalis nubigena*. Otras especies que también pueden encontrarse en un tolar son: *Astragalus arequipensis*, *Trifolium peruvianum*, *Werneria dactylophylla*, *Azorella yarita*, *Paroni-chia andina* y *Stipa ichu* principalmente. La especie *Parastrephia lepidophylla* presenta el mayor índice de predominio con valores de 0,9494 y la mayor cobertura con 80 %, perteneciente al estrato arbustivo alto; sin embargo, en el herbáceo bajo, el predominio está más o menos repartido entre las especies, siendo

Calamagrostis vicunarum la especie que presenta mayor cobertura, la diversidad es mayor en el estrato herbáceo bajo que en el arbustivo alto. La similitud entre los cuadrados muestreados es alta. La zona muestreada está conformada por 2 estratos el herbáceo alto, constituido por *Festuca rigescens* y el estrato bajo por *Calamagrostis vicunarum*. (Vargas, 1990)

En Lima: Flora altoandina del distrito de Oyón

En nuestro trabajo han sido colectados un total de 181 especies distribuidas en 112 géneros de 47 familias de plantas vasculares. Son 94 (51,9 %) las especies que no estaban registradas para Lima en los bancos de datos consultados. Por las características se consideran dos posibles especies nuevas para la ciencia, una del género *Stangea*, otra del género *Valeriana*. *Stellaria weddellii*, no estaba registrada para el Perú. Las Asteraceae con 61 especies (33,7 %) representan la familia más diversa en el área de estudio, seguidas por las Poaceae (18), Brassicaceae (8), Caryophyllaceae y Fabaceae (7), Valerianaceae (6), Gentianaceae y Orobanchaceae (5), Apiaceae, Plantaginaceae, Rosaceae y Verbenaceae (4), Iridaceae y Polygonaceae (3), 9 familias con 2 especies y 24 familias con 1 sola especie (Kahn, Millán, Cano, La Torre, Baldeón, Beltrán, Trinidad, Castillo y Machahua, 2016).

Diversidad de Flora Silvestre en bofedal La Moya- Ayaviri en Puno

Tabla 3.

Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice de Simpson- Índice de Shannon) del bofedal La Moya, aplicando la prueba Mann Whitney en el software INFOSTAT (febrero - julio 2015).

Época	Variable	N	Media	DE	W	P
Lluviosa	Índice de Simpson	72	0,61	0,14	6802,00	<0.0001
Seca	Índice de Simpson	72	0,49	0,08		
Lluviosa	Índice de Shannon	72	1,02	0,28	6731,00	<0.0001
Seca	Índice de Shannon	72	0,79	0,16		

Fuente: Ortiz, N. (2016).

Se encontró una significativa mayor diversidad de especies de flora silvestre en la época lluviosa, tanto con el índice de Simpson ($W=68,00$; $P<0,0001$) como con el índice de Shannon ($W=67,00$; $P<0,0001$) (Cuadro 03). Esto puede deberse al aumento de la precipitación pluvial en los meses de época lluviosa. (Ortiz, 2016).

Diversidad de la Flora Silvestre entre Isla Taquile y Cerro Chiani en Puno.

Sin embargo, el resultado no implica que no haya diferencia de las especies registradas en las dos zonas de estudio, por cuanto el resultado sólo indica que no existe diferencia del número de especies.

Tabla 4.

Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice de Simpson) entre la Isla Taquile y el Cerro Chiani, utilizando la prueba Mann Whitney con el software INFOSTAT, (noviembre 2010 – febrero 2011).

Zonas	Variable	N	Media	DE	P
Taquile	Índice de Simpson	424	0,66	0,21	1120
Chiani	Índice de Simpson	335	0,7	0,14	

Fuente: Gutierrez, I. (2012).

A pesar de que en la Isla Taquile se registra valores bajos del índice de Simpson, que indica una mayor dominancia de ciertas especies, la dominancia está enmarcada a sólo 15 especies de flora silvestre, mientras que en Chiani la dominancia queda representada por 25 especies, de manera que en este último hay una mayor homogeneidad de distribución y abundancia de las especies, los mismos que influyen en el nivel de diversidad.

Tabla 5.

Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice de Shannon) entre la Isla Taquile y el Cerro Chiani, utilizando la prueba Mann Whitney con el software INFOSTAT, (noviembre 2010 – febrero 2011).

Zonas	Variable	N	Media	DE	P
Taquile	Índice de Shannon	424	1,93	0,69	<0.0001
Chiani	Índice de Shannon	335	2,2	0,57	

Fuente: Gutierrez, I. (2012).

Los valores del índice de Shannon se hacen más grandes mientras la abundancia de las especies sean cercanas unas de otras, caso que se presenta en el Cerro Chiani con una media de 2,20, indicando una mayor diversidad en comparación a la Isla Taquile con una media de 1,93. (Gutiérrez, 2012).

Vegetación diversa

El resultado más destacado, con datos cuantitativos, cómo el desarrollo sostenible del paisaje deben conseguirse mediante bienes y servicios de producción respetando los límites del medio ambiente, a fin de evitar evaluaciones territoriales negativos capaces de disminuir la Calidad de Vida Humana (Ietto, Salvo, y Cantasano, 2014). Además, en el

bosque del valle Nakyal (Pakistan), la diversidad de Shannon varió desde 2,75 hasta 3,31, la diversidad de Simpson, 0,90 tsh 0,95; Diversidad de Menhinick, 0,83-1,19; uniformidad, 0,41 a 0,65; riqueza de especies, desde 4,89 hasta 6,08 y de 30 a 44 especies patrón de distribución (Amjad, Arshad, y Chaudhari, 2014).

Sin embargo, Los índices seleccionados fueron capaces de explicar una proporción relativamente alta de variación en el porcentaje de cobertura vegetal en las tierras altas/pastizales en pendiente ($R^2 \frac{1}{4}$ 0,41 para P, 0,45 para CMI, y 0,53 para MPDSI), baja variación en el arbusto de ribera ($R^2 \frac{1}{4}$ 0,25 para P, 0,28 por CMI, y 0,32 para MPDSI), e incluso menor variación en los pastizales del valle ($R^2 \frac{1}{4}$ 0,09 para P, 0,14 para CMI, y 0,21 para MPDI). En comparación con la precipitación acumulada, el CMI y MPDSI que considera la disponibilidad de agua, fueron capaces de explicar una variación mucho mayor en el porcentaje de cobertura vegetal en las tres unidades de paisaje de pastizales (He, 2014).

Riqueza y composición florística.

La mayor riqueza de especies se presentó en la zona media (69), seguida de la baja (61) y la alta (48). Sin embargo la zona alta presentó el mayor promedio de individuos por especie, siendo éste muy similar en las zonas baja y media. Por otra parte, el número de especies esperadas en

la zona baja estuvo cercano al encontrado (60 vs. 61), mientras que estuvo muy por debajo de lo encontrado en las zonas media y alta.

Las familias Asteraceae, Melastomataceae y Solanaceae fueron las que presentaron mayor número de géneros y especies en todas las zonas, especialmente Asteraceae que siempre ocupó el primer lugar en todas. No obstante, Lauraceae y Ericaceae también se destacaron por su riqueza en las zonas media y alta, respectivamente. Más de las tres cuartas partes de las familias estuvieron representadas en las tres zonas sólo por una o dos especies (92 %, 81 % y 76 % en la baja, media y alta, respectivamente), mientras que ningún género estuvo representado por más de tres especies, siendo estos *Cestrum* en la baja, *Cestrum*, *Cyathea*, *Meliosma* y *Palicourea* en la media y *Gaultheria*, *Oreopanax* y *Weinmannia* en la alta (Alvear, Betancur y Franco-Rosselli, 2010).

En los valles calientes y secas la vegetación puede ser restaurada si la erosión es controlada y se realizan repoblaciones intensivas para pequeñas cuencas (Wang, Wang, y Huang, 2008). Especialmente las emisiones fugitivas de ciclo de vida, el hilo de los riesgos geológicos, agua y los efectos del uso de la tierra son muy variables e incluso pueden cambiar con el tiempo (Bayer, Rybach, Blum, y Brauchler, 2013).

Metales pesados

Criterios de estudio de suelos para zonas altoandinas

El clima regula no solo la temperatura en el ambiente y en el suelo sino también la humedad relativa, la precipitación y por lo tanto el aporte de agua al suelo. Humedad y temperatura son determinantes en la formación del suelo. En general, a mayor humedad y mayor temperatura, mayor grado de mineralización. A menor temperatura menor mineralización. En ambientes totalmente inundados, no hay mineralización y por el contrario se suceden procesos de acumulación y putrefacción. En el suelo se encuentran los cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) y los cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio). La fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo de refiere al porcentaje de saturación de bases. En el suelo se encuentran los cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) y los cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio). La fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo de refiere al porcentaje de saturación de bases.

Nutrientes para las plantas: La cantidad de nutrientes presente en el suelo determina su potencial para alimentar organismos vivos. Los 16 nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas se

suelen clasificar entre macro y micro nutrientes dependiendo de su requerimiento para el desarrollo de las plantas. Los micronutrientes se requieren en grandes cantidades e incluyen Carbono(C), Hidrógeno (H), Nitrógeno(N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre(S). Los micronutrientes por otro lado se requieren en pequeñas, su insuficiencia puede dar lugar a carencia y su exceso a toxicidad, se refieren a Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl), proporcionado por (Ccapa, 2014).

Además, los suelos de la RNSAB (Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca) corresponden a litosoles y regosoles, que guardan estrecha relación con la litología y las condiciones bioclimáticas de la región. Por lo general, son suelos de estepa altiplánica, derivados muchos de ellos de cenizas volcánicas. Así aparecen suelos de desierto frío, suelos turbosos, suelos salinos en las márgenes de los salares y suelos de tipo aluvial y coluvial (Zeballos, Ochoa y López, 2010). También, las condiciones del suelo varían mucho con la distribución de la roca madre, las condiciones climáticas y la topografía.

En muchos casos no hay verdadero suelo y aflora el substrato original. Cuando hay suelo, los suelos arenosos parecen los mejor dotados para almacenar el agua de las raras e irregulares precipitaciones.

En zonas de regadío, en algunos aspectos son mejores los suelos de limo que los arenosos, pero presentan el inconveniente del riesgo a la degradación, en especial allí donde el avenamiento natural es pobre (UNESCO, 1982).

Metales pesados en suelos de tres regiones del Perú.

Zona Norte (Tumbes, Piura, Cajamarca y Amazonas); Zona central (San Martín, Huánuco y Junín); Zona Sur (Cusco).

Los valores de metales pesados se encontraron por debajo de lo considerado como fitotóxico. Los valores promedio de hierro, zinc, manganeso, níquel y plomo fueron mayores en la zona sur, mientras que en la zona norte los valores de cobre y cadmio fueron mayores. De forma general el pH, % de arcilla y Mg fueron las variables que tuvieron mayor correlación con la concentración de metales pesados. Los suelos en el estudio presentan adecuadas condiciones físicas y químicas para el cultivo de cacao. Los valores de hierro, cobre, zinc, manganeso, cadmio, níquel y plomo, encontrados en los suelos muestreados estuvieron por debajo de los niveles considerados como fitotóxicos. Los valores promedio de hierro, zinc, manganeso, níquel y plomo fueron mayores en la zona sur, mientras que en la zona norte los valores de cobre y cadmio fueron mayores. A excepción del Cd, en los demás metales estudiados no

encontramos diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) por profundidad de muestreo. (Arévalo-Gardini, Obando-Cerpa, Meyier, Zuñiga-Cernades, Arévalo-Hernández, Baligar y He, 2016).

Las prácticas agrícolas tienen efectos diferentes en metales traza contenidos en el suelo. En los suelos volcánicos, V, Ba y Hg son cargas principalmente de origen geogénicas. Li es un trazador de contaminación agrícola en andosoles agrícolas convencionales. V es un trazador de contaminación agrícola en andosoles agrícolas tradicionales (Parelho, Rodrigues, Cruz y Garcia, 2014).

Se ha utilizado una muestra de 376 niños que viven en la zona volcánica del Monte Etna y 215 de los niños que viven en zonas de Sicilia caracterizado por un marco geológico diferente. Se ha observado divergencias marcadas entre los dos sitios en algunas concentraciones de oligoelementos en el pelo del cuero cabelludo, que fueron atribuidos a la exposición ambiental (Varrica, Tamburo, Dongarrà, y Sposito, 2014).

Información en el ámbito internacional

Amenazas locales:

En líneas generales podemos señalar que los humedales, y los demás ecosistemas del planeta, también se encuentran amenazados por

el aumento en la población mundial. Mientras mayor es la población, mayor es la presión por la habilitación de zonas residenciales, aumento de la producción alimentaria (ganadería, agricultura y pesca), y la generación de empleos en los sectores industriales. A esto hay que agregar la poca información y educación que existe acerca del valor de los humedales, tanto a nivel de autoridades como del público en general.

La ganadería, una industria ganadera puede estar interesada en ubicarse a cercanía de un humedal por las aguas dulces que provee, y la posibilidad de pastoreo del ganado. La ganadería provoca graves efectos en el medio ambiente, por el sobrepastoreo, la compactación del suelo, la erosión que provoca la alimentación del ganado, y por los antibióticos y las hormonas que les son suministrados, y que generan la contaminación del suelo con el contacto de éste con los desechos de los animales (Amstein, 2016).

2.2. Bases Teóricas:

2.2.1. Aguas termales

Según el Instituto Geológico y Minero de España, (2012), las aguas termales son aquellas que emanan a la superficie terrestre con una temperatura al menos 4°C más alta que la temperatura media anual de la localización donde se encuentran puesto que han sido calentadas por

formaciones geológicas subterráneas que se encuentran a mayor temperatura que la ambiental. Estas aguas son a la vez minero-medicinales al poseer minerales en su disolución y tienen ciertas características terapéuticas.

Según Pinuaga (1992), las aguas de origen meteórico que se infiltran en el subsuelo descienden por gravedad hacia capas más profundas, elevando su temperatura en el curso de su circulación subterránea. Estas aguas pueden ascender posteriormente hasta la superficie, a través de las fisuras y fracturas existentes en las rocas, gracias a ciertos mecanismos de surgimiento. Este es sin lugar a dudas el origen más frecuente de las aguas termales, denominándose comúnmente origen geotérmico.

Según Burbano, Becerra y Pasquel, (2015), las aguas termales y minerales, genéticamente están relacionadas con aparatos volcánicos jóvenes, sistemas de fallas y fisuras. Estas aguas proceden del interior de la tierra, en donde por procesos geodinámicos y termodinámicos, se encuentran a temperaturas muy elevadas y con un alto grado de mineralización. El agua, al llegar a una zona de fallamiento, asciende rápidamente.



Figura 1. Geiser, yacimiento de agua termal cuya salida es a manera de erupción que expulsa las aguas permanentemente.

Fuente: Foto del autor.

2.2.2. Géiseres

Según Pantoja y Gomez (2000), indica que los fenómenos naturales más espectaculares y misteriosos que brotan de las entrañas de la tierra, los que más llaman la atención son los manantiales calientes con temperaturas muy cercanas a la del punto de ebullición de agua. Sin embargo, más espectacular es un géiser que consiste en una fuente emergente dotada de un sistema especial de calentamiento y desfogue que da lugar a una columna de agua y vapor que es expulsada con gran fuerza y que logra alcanzar una altura de hasta sesenta metros. El término géiser proviene del francés geisa, que significa brotar, y de él se

deriva la palabra islandesa geisir, que es el nombre de un géiser que por extensión se usa para nombrar a los manantiales que brotan intermitentemente.

Según McCall (2013), los géiseres y aguas termales que surgen de las aberturas de la superficie de la tierra se encuentran principalmente en las regiones de actividad volcánica. Un segundo tipo de actividad no relacionada con el vulcanismo también produce aguas termales; estas aguas meteóricas, producto de la lluvia y la nieve, después de descender profundamente en la tierra a través de fisuras en las rocas y los poros, han elevado las temperaturas en profundidad debido al gradiente geotérmico global.

Según Povilanskas, Razinkovas-Baziukas y Jurkus (2014), el término de aguas de transición abarca una amplia gama de tipos de ecosistemas, que incluyen ecosistemas de desembocadura de ríos, lagunas, lagos costeros, rías, fiordos, humedales salobres y ecosistemas hipersalinos.

Según Van der Meer, Hecker, Van Ruitenbeek, Van der Werff, de Wijkerslooth y Wechsler, (2014), indica que en la superficie de la tierra las aguas termales y fumarolas son evidencia de agua geotérmica caliente.

La exploración de las áreas geotérmicas se basa tradicionalmente en la prospección geofísica en combinación con el modelado de yacimientos.

Según Adelstein, Tran, Saez, Shteinberg y Manga (2014), en los géiseres naturales se observan tres tipos de erupciones: 1) aumento de burbujas que expulsan un pequeño volumen de líquido en un pico débil (pequeña erupción); 2) de ebullición se produce en el conducto por encima de la trampa de burbujas (media erupción); y 3) de ebullición se produce en el conducto y la cámara (gran erupción). En los dos últimos casos, la ebullición en el conducto provoca una rápida caída de presión hidrostática que permite la subida y la erupción de agua líquida en un tubo de salida vigorosa.

2.2.3. Ecosistema

Según Ietto, Salvo y Cantasano (2014), el crecimiento de la urbanización paisaje, a través de los bienes y servicios de producción, como es requerido por la gente que necesita, a menudo se produce una fuerte disminución en la calidad de vida para la población residente y deterioro ambiental. El resultado más destacado, con datos cuantitativos, cómo el desarrollo sostenible del paisaje deben conseguirse mediante bienes y servicios de producción respetando los límites del medio

ambiente, a fin de evitar evaluaciones territoriales negativos capaces de disminuir la calidad de vida humana

Según Kokaly, Despain, Clark y Livo (2003), el conocimiento de la distribución de la vegetación en el paisaje puede ser utilizado para investigar el funcionamiento del ecosistema. Los tamaños y movimientos animales de poblaciones pueden estar vinculados a los recursos proporcionados por diferentes especies de plantas.

Según Al-Rowaily, El-Bana y Al-Dujain, (2012), la estructura y la distribución de la vegetación son componentes críticos en la función de las cuencas hidrográficas que proveen muchos servicios de los ecosistemas importantes en las regiones áridas del mundo. Aunque la mayoría de estas cuencas están muy perturbados por el pastoreo de ganado, pocos estudios han examinado los efectos interactivos de tal perturbación con morfometría y el suelo de la estructura y diversidad de la comunidad vegetal.

Según He (2014), los principales motores que determinan efectivamente la vitalidad de los ecosistemas de pastizales semiáridos son la cantidad y oportunidad de la precipitación. En contraste con relaciones bien establecidas entre la precipitación y algunas propiedades biofísicas de vegetación, tales como productividad de la vegetación y la

biomasa, el efecto de precipitación en el porcentaje de cobertura vegetal en los pastizales semiáridos, son poco conocidos.

Según Barbier, Gosselin y Balandier (2008), en casi todos los casos la máxima diversidad se observa en una de las masas puras, no en masas mixtas. La vegetación del sotobosque está influenciada por la composición y la estructura del piso superior a través de modificaciones de la disponibilidad de recursos (luz, agua y nutrientes del suelo) y otros efectos, como las características físicas de la capa de hojarasca.

Según Speziale y Ezcurra (2012), los afloramientos de todo el mundo mejoran la biodiversidad, ya que proporcionan entornos heterogéneos y variados hábitats para especies con diferentes requisitos de los que viven en los alrededores, y de esta manera aumentan la diversidad alfa y beta.

Según Solon (1995), las influencias antropogénicas aumentan los valores de topológico componentes de la diversidad espacial general de los paisajes de vegetación (a través de un aumento en el número total, y el número de tipos de parches de plantas). Sin embargo, las influencias antropogénicas pueden conducir a una disminución en la diversidad mediante la simplificación de la estructura de la zona entre las comunidades, a través de una disminución en el índice de forma.

Según Parelho, Rodrigues, Cruz y Garcia (2014), los andosoles agrícolas actuales tienen una herencia química única derivada de la roca madre volcánica modulada por el uso del suelo historia agrícola y por esta razón histórica uso de la tierra se debe considerar al evaluar el impacto de las diferentes sistemas agrícolas en la calidad del suelo.

2.2.3. Diversidad florística

Según Squeo, Ibacache, Warner, Espinoza, Aravena y Gutierrez (2006), existen fuertes cambios en la composición de especies, estructura bordes de las vegas son más secos y salinos. Esto determina una composición florística distinta a los lugares inundados, probablemente por diferencias en la disponibilidad temporal y la calidad química del agua.

Según Montesinos (2011), la similitud florística entre la sierra de Tacna, cuenca río Cotahuasi, laguna de Salinas y oeste de Bolivia es mayor que la registrada en la cuenca del río Ilo-Moquegua.

Según Wang, Wang, y Huang (2008), en los valles calientes y secas la vegetación puede ser restaurada si la erosión es controlada y se realizan repoblaciones intensivas para pequeñas cuencas.

Según Bayer, Rybach, Blum y Brauchler (2013), indica que especialmente las emisiones fugitivas de ciclo de vida, el hilo de los

riesgos geológicos, agua y los efectos del uso de la tierra son muy variables e incluso pueden cambiar con el tiempo.

2.3. Definición de términos

Altitud. Se define como la distancia vertical entre un punto seleccionado por encima de la superficie de la tierra y el nivel del mar contemporáneo. El promedio de la presión, la temperatura y la humedad está asociado con la altitud (Osmaston, 2006).

Flora. Es el conjunto de especies vegetales presentes en el área de estudio, caracterizadas taxonómicamente, como elementos aislados, de los que interesan las particularidades de cada taxón a nivel de especie, tales como su estado de conservación u origen biogeográfico (Orellana, 2013).

Biodiversidad. Es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros sistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (Dorado, 2010).

Vegetación. Purifica el aire, filtra el agua, y protege el suelo, a menudo es impactado por las condiciones del suelo y la topografía de una región (Florinsky y Kuryakova, 1996).

Géiseres. El sistema de géiseres se aproxima como un conducto permeable de roca fracturada intensamente rodeada por una matriz de roca menos permeable. La simulación numérica de este modelo conceptual produce un conjunto de parámetros que controlan la existencia y la periodicidad del géiser. Gran parte de la capacidad de respuesta a la sismicidad remota y otras pequeñas tensiones en la Tierra se puede explicar en términos de variaciones en la permeabilidad y las tasas de recarga lateral (Ingebritsen y Rojstaczer, 1993).

Biodiversidad. Característica compleja de sistemas biológicos que se manifiesta a distintas escalas espaciales y temporales, donde las bases para su conservación se alcanza mediante un enfoque integrador basados en la ecología, genética, biogeografía, biología evolutiva, sistemática y disciplinas afines (Halffter, Moreno y Pineda, 2001).

Índice de Shanonn. Es una medida de complejidad y se utilizan frecuentemente para evaluar la diversidad de especies en comunidades ecológicas, aun cuando su comprensión es difícil y sus valores no son comparables (Moreno, Barragán, Pineda, y Pavón, 2011).

Diversidad de especies. Es la variedad de especies existentes en una unidad de área, tiene dos componentes principales la riqueza (número de

especies) y la equitatividad (número de individuos de una sola especie) (Moreno, 2001).

Espectrometría de masas. Es una poderosa técnica micro analítica usada para identificar compuestos desconocidos, para cuantificar compuestos conocidos, y para elucidar la estructura y propiedades químicas de moléculas. La detección de compuestos puede ser llevada a cabo con cantidades realmente pequeñas (algunos p moles) de muestra y obtener información característica como el peso y algunas veces la estructura del analito (Plascencia, 2003).

Metales pesados. Son sustancias propias de la naturaleza de peso molecular alto, muy difundidos y en muchos casos muy útiles, y tienen efectos en la salud y afectan diferentes órganos (Eróstegui, 2009).

Suelo. Es el portador e intermediario de casi todos los factores de crecimiento que necesitan las plantas en su desarrollo, donde intervienen fundamentalmente el clima y la vegetación representa valor ético, cultural, económico, político, ecológico, recreacional, educativo y científico, que ha ido de la mano con el desarrollo de la humanidad y la historia de la tierra (Mendez-Cabrera y Montiel-Ortega, 2007).

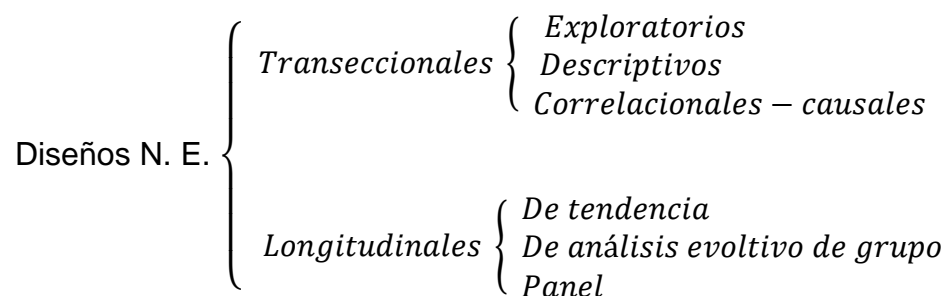
Índices de diversidad. Se aplica en las evaluaciones biológicas y que responden la riqueza de especies y a la distribución de los individuos entre las especies, la estimación se realiza a través de diferentes índices (Moreno, 2001).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación.

La investigación **no experimental** es la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Es decir, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver sus efectos sobre otras variables. En un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien lo realiza. Los diseños no experimentales se dividen de la siguiente manera:



Los diseños **transeccionales** o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Este diseño se divide en **exploratorios** cuyo propósito es comenzar a conocer una variable o un conjunto de variables, una comunidad, un contexto, un evento, una situación. Se trata de una exploración inicial en un momento específico; **descriptivos**, que tienen como objetivo indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o varias variables en una población.

El procedimiento consiste en ubicar en una o diversas variables a un grupo de personas u otros seres vivos, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, comunidades y así proporcionar su descripción; y **correlaciones-causales**, describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. A veces, únicamente en términos correlacionales, otras en función de la relación causa-efecto(causales) (Hernandez, R., Fernandez, C. y Baptista, P. 2010).

Por la explicación citada la presente investigación se caracteriza como una investigación no experimental, transeccional, descriptiva por lo que nuestra variable independiente, no es manipulada por el investigador, se toman los datos en un momento dado sin considerar la intervención del

tiempo como determinante en la investigación, se reportan los resultados de acuerdo a los datos obtenidos.

Acciones y actividades para la ejecución

a) Determinar el índice de diversidad de especies vegetales de la micro cuenca de calientes de la provincia de Candarave, de la zona baja en relación a la zona media y alta asociada a la presencia de los géiseres en época seca y en época húmeda.

Se fijó en el área topográfica de trabajo, transeptos aleatorios donde se evaluó la diversidad de especies vegetales. Estas áreas de trabajo serán espacios donde se hizo la parte experimental, y se dividió en zonas: parte alta, parte media y parte baja. Este control se determinó tanto en la época seca como en la época húmeda. Y los que nos van a determinar la abundancia y la riqueza de las especies vegetales serán los índices de diversidad.

Transectos aleatorios:

Este método se ajusta a cualquier tipo de vegetación desde hierba alta hasta mohos, el tamaño de transecto debe ser ajustado a cada tipo variado de vegetación. Para contabilizar especies muy pequeñas y numerosas, utilizamos transeptos de 30 metros.

Se utilizó el **Índice de Simpson** (índice de abundancia): A medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece. Por tanto, el índice sobre valora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total de especies

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde:

p_i = Abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974).

Además, se utilizó el **índice de Shannon–Wiener** (índice de equidad) procede de la teoría de la información y se expresa como:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde:

$p_i = n_i/N$ abundancia relativa de especie i

n_i es el número de individuos de la especie i ;

N es el número de individuos totales.

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

b) Determinar la concentración de metales pesados del suelo de la micro cuenca de Calientes asociado a los géiseres para la época seca y la época húmeda y por zona (parte baja, media y alta).

Se trabajó con un grupo para determinar si existen metales pesados en el suelo asociado a los géiseres de la micro cuenca de Calientes, mediante el experimento y el otro se determinó como grupo de control. Ambos grupos ya existen y son elegidos de manera intencional, uno se hará en la época seca y el otro se hará en la época húmeda y se harán en las zonas alta, media y baja.

Espectrómetro de Masas, es un instrumento que mide las masas de moléculas individuales que han sido convertidas en iones. Un

espectrómetro de masas no mide la masa molecular directamente, pero mide la relación masa/carga de los iones formados de las moléculas (Plascencia, 2003).

3.2. Población y muestra.

La recolección de muestras biológicas vegetales y datos de las muestras de suelo para determinar si existen metales pesados de la zona, se tomó como población en la micro cuenca de los géiseres ubicado en el valle de Calientes en la provincia de Candarave de la Región de Tacna, donde se consideró tres (03) zonas: (parte alta) 4 335 m.s.n.m., (parte media) 4 306 m.s.n.m. y (parte baja) 4 280 m.s.n.m.

En cada una de las zonas seleccionadas se realizó 03 transectos, nueve (09) para la época seca, y nueve (09) para la época húmeda (con precipitaciones) con tres repeticiones en cada zona haciendo un total de 18 evaluaciones las cuales se tomó aleatoriamente.

Con respecto al suelo se tomó una muestra en cada una de las zonas seleccionadas aleatoriamente y se realizó 2 repeticiones por cada zona haciendo un total de 06 muestras, 03 muestras en la época seca y 03 muestras en la época húmeda.

3.3. Operacionalización de variables.

- **Variables independientes:**

- **Pisos altitudinales**, se refieren a ciertas alturas sobre el nivel del mar, que ayudan a definir un tipo de relieve, un tipo de vegetación.
- **Concentración de metales pesados**, se determina a la existencia de acumulación de metales pesados en el suelo de la micro cuenca de Calientes cercanos a los géiseres.

- **Variables dependientes:**

- **Índice de Simpson y Shannon – Wiener**, indican el número de especies o riqueza de especie es decir el número de especies existentes en un sistema y la abundancia o equilibrio de especie.
- **Suelo**, es la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración física y química de las rocas, por la acción del agua, del viento y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella, en el que se considera un hábitat para el desarrollo de las plantas.

Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES
V.I. Pisos altitudinales	Aprovechamiento de la vegetación	Biodiversidad	Número de individuos de la especie
V.I. Concentración de metales pesados	Encontrar metales pesados	Encontrar metales pesados	Miligramos/ Gramos
V.D. Índice de Simpson y Shannon – Wiener	Determinar la diversidad de la vegetación	Vegetación diversa	Número de individuos de la especie
V.D. Suelo	Encontrar metales pesados	Metales pesados	Miligramos/ Gramos

Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos.

Con la finalidad de obtener la información sobre la diversidad de vegetación y concentración de metales pesados asociados a los geiseres en Calientes se realizaron viajes periódicos al lugar de estudio.

Para el mejor conocimiento de la ubicación, extensión y distribución de los géiseres en la cuenca, se realizó recorridos con la finalidad de conocer sobre la cobertura vegetal y áreas sin vegetación.

3.5. Procedimiento metodológico de la diversidad.

Transectos variables. Este método es una variante de los transectos y fue propuesto por Foster et al. (1995), para realizar evaluaciones rápidas de la vegetación. Este método tiene como base muestrear un número estándar de individuos en vez de una superficie estándar y no requiere tomar medidas precisas de los datos. El método consiste en muestrear un número determinado de individuos a lo largo de un transecto con un ancho determinado y el largo definido por el número estándar de individuos a muestrearse.

Con este método, se pueden muestrear todas las plantas o clases de plantas, separadas por formas de vida (árboles, arbustos, bejucos, hierbas, epífitas), familias (por ejemplo; palmeras), o individuos de una sola especie. También, se puede hacer agrupaciones por estratos (plantas del dosel, del estrato alto, del estrato medio, del sotobosque). Para considerar el número de plantas a muestrear, se debe tomar en cuenta que usualmente es mejor hacer muchos muestreos pequeños que pocos muestreos grandes (Mostacedo, 2000).

En el muestreo para determinar el índice de diversidad de la vegetación se hizo mediante el método por transectos de 30 metros de longitud, eligiéndose el lugar de cada muestra al azar, luego se utilizó el

índice de Simpson para determinar el índice de la dominancia de la vegetación y el índice de Shannon – Wiener para determinar el índice de equidad (Marrugan, 1988).

Para determinar la concentración de los metales pesados se recurrió sacar las muestras de las diferentes zonas (parte alta, parte media y parte baja) para la época seca y para la época húmeda. Se utilizó el Microscopio electrónico barrido TESCAN Vega II que está ubicado en el laboratorio de Metalurgia y Siderurgia en la Escuela de la Facultad de Ingeniería de la UNJBG.



Figura 2: Microscopio electrónico barrido TESCAN Vega II

Fuente: Laboratorio de Microscopia

Filamento : tungsteno.

Resolución:

En alto vacío modo SE 3.0 nm a 30 KV

En bajo vacío modo BSE 3.5 nm a 30KV

Aumento: continuo desde 4x a 1 000 000x

Voltaje de aceleración: 200 V a 30KV

Probe current: 1pA a 2μA

Dimensión interna: Ø 230 mm

Puerta: 148 mm (alto)

Detectores de: Electrones secundarios- SE (imágenes) y electrones electrodispersados-BSE (microanálisis).

Microanalizador:

Marca: OXFORD

Modelo: INCA PentaFETx3

Técnica: Microanálisis por EDX.

Determinación semicuatitativa: elementos químicos de tabla Periódica desde el Boro al Uranio.

Sensibilidad: Mayor de 0.1 %

3.6. Procesamiento y análisis de datos.

Para aceptar la hipótesis o tesis planteada, se utilizó la prueba estadística no paramétrica y mediante el método de Kruskal-Wallis que

sirve para contrastar la hipótesis de que k muestras aleatorias e independientes extraídas de k poblaciones (ANOVA) con el objeto de averiguar si las k poblaciones son idénticas o alguna de ellas presenta promedio diferente que las otras.

Se analizó los datos con el programa Infostat, versión estudiantil 2014 o el programa PAST.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área de trabajo de investigación, está ubicada en la microcuenca de Calientes aproximadamente a una hora de la provincia de Candarave y a tres horas de la ciudad de Tacna. Se encuentra cerca del volcán Yucamani y con un recorrido aproximadamente de 13,34 Km., empezando con una altitud de 4 122 m.s.n.m. y terminando a una altitud de 4 500 m.s.n.m., que a pesar de ser una zona semi árida, cuenta con una vegetación diversa. Por esta zona cruza un río llamado Calientes que aumenta su cauce en época húmeda, es decir, cuando hay precipitación, el cual permite que exista humedales y vegetación en ciertos lugares de la zona. Además, existe una carretera no muy bien afirmada pero que sirve para poder movilizarse por el lugar y el recorrido de esta carretera es un poco accidentado y recorre por las faldas del volcán Yucamani y laderas del lugar. También en esta zona existen aguas

termales o géiseres que están a lo largo de esta microcuenca unos más grandes o pequeños que otros, dando una buena vista al lugar.

El área de trabajo de la zona está dividido en tres zonas que son: parte alta, parte media y parte baja.



Figura 3: Zona de estudio, la micro cuenca de Caliente. Provincia de Candarave de la región Tacna.

Fuente: Google earth 2015

4.2. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE LA FLORA SILVESTRE

El presente trabajo consistió en primer lugar de determinar la diversidad existente de las especies vegetales de la micro cuenca de

Calientes de la zona baja en relación a la zona media y alta, asociada a la presencia de los geiseres para la época seca y para la época húmeda.

Ahora para determinar esta diversidad de especies abundancia de la flora silvestre del lugar, uno de los influyentes a sido el medio ambiente del ecosistema, es decir, de la microcuenca de Calientes donde se hizo dicho trabajo, para lo cual se tuvo información desde el año 2010 hasta el año 2017 de la institución del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), en la estación Climatológica ordinaria (CO) – Candarave con código 110876, latitud 17° 17' 26.2", longitud 70° 16' 2.18", altura 3 415 m.s.n.m. Región Tacna, Provincia de Candarave, Distrito Candarave, donde se obtuvo los siguientes resultados:

En la Fig. 4 se muestra que la temperatura máxima desde año 2010 al año 2012 se tuvo un incrementó hasta el 19 °C, luego descendió a 18,5 °C en el año 2013, para después aumentar ligeramente en el año 2014 y desde este año descender hasta el año 2017 estrepitosamente hasta 16 °C.

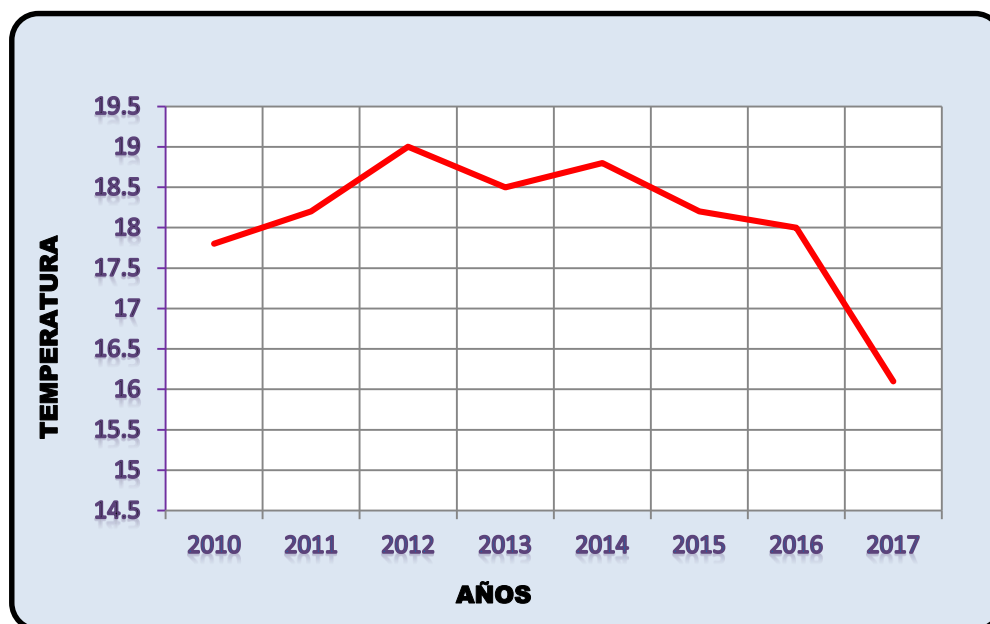


Figura 4: Temperatura máxima de la provincia de Candarave, desde el año 2010 hasta el año 2017.

Fuente: SENAMHI. Estación CO – Candarave. Código 110876

Elaboración propia

En la Fig. 5, visualizamos que desde el año 2010 al año 2011 la temperatura mínima disminuyó hasta 2,4 °C aproximadamente y luego aumentó levemente al año 2012 hasta 2,8 °C, para luego descender hasta 2,5 °C en el año 2014 y de aquí hasta el año 2016 aumenta hasta 3,3 °C, y posteriormente se pone estable hasta el año 2017. Como se puede observar en la figura 5 la temperatura mínima desde mediados del año 2011 hasta el año 2015 esta entre mas o menos de 2,4 °C a 3 °C, en la micro cuenca de Calientes.

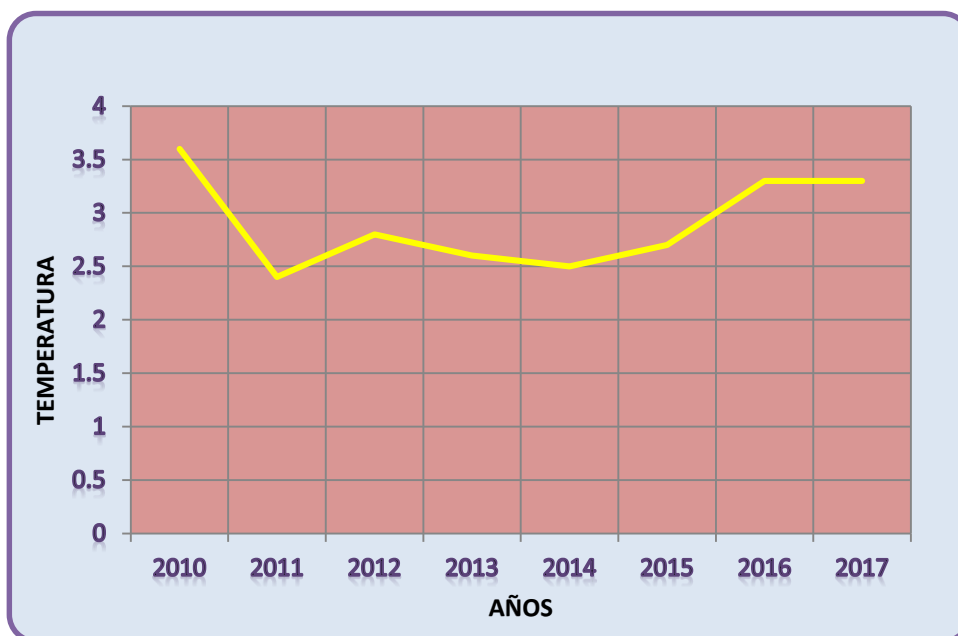


Figura 5: Temperatura mínima de la provincia de Candarave, desde el año 2010 hasta el año 2017.

Fuente: SENAMHI. Estación CO – Candarave. Código 110876

Elaboración propia.

En la Fig. 6, se visualiza que la humedad relativa en el año 2010 empieza con 58 %, y que luego va descendiendo levemente hasta 53 % hasta fines del año 2013, después va subiendo hasta 56 % en el año 2015, luego baja al 48 % en el año 2016, para después subir a 65 % en el año 2017. Esta figura nos muestra que desde el año 2010 hasta mediados del año 2015 tuvo entre 50 % y 60 % de humedad relativa media mensual en la micro cuenca de Calientes.

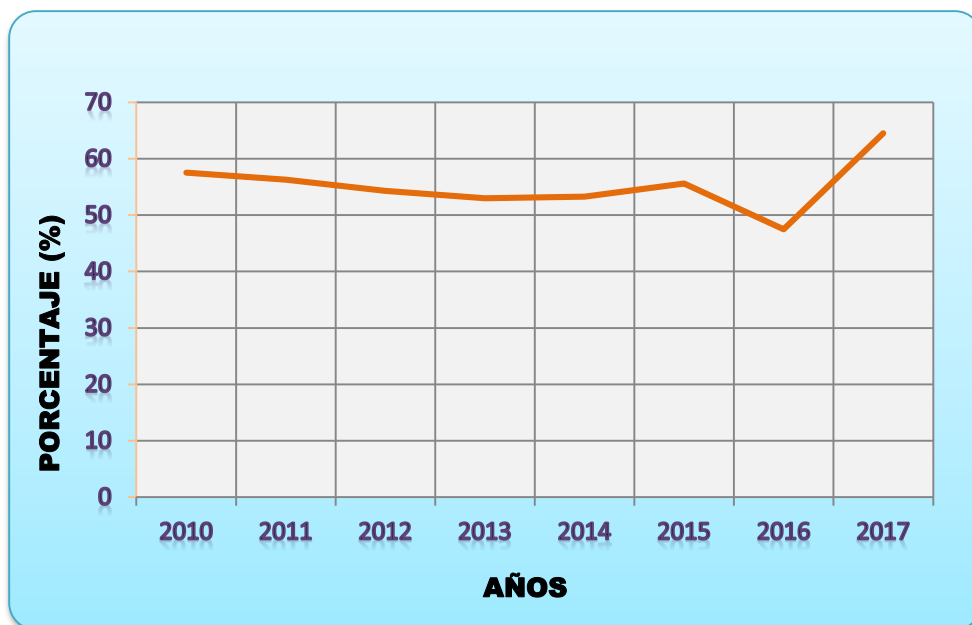


Figura 6: Humedad relativa media mensual de la Provincia de Candarave, desde el año 2010 hasta el año 2017.

Fuente: SENAMHI. Estación CO – Candarave. Código 110876
Elaboración Propia.

En la Fig. 7, con respecto a la precipitación, nos damos cuenta que desde el año 2010 hasta mediados del año 2012, la precipitación aumenta de 5 mm a 39 mm y después baja a 8 mm en el año 2014, lo cual repercute en el crecimiento de la vegetación de la zona para luego aumentar ligeramente a 18 mm. a mediados del año 2015, pero luego baja 9 mm y posteriormente sube a 20 mm. Como se puede ver en los últimos 5 años la precipitación ha bajado considerablemente, lo que genera una afectación no solo a la flora, sino también a la fauna de la

zona en estudio. Esta falta de precipitaciones hace que haya cambios en el crecimiento de diversidad y abundancia de la vegetación de la micro cuenca de Calientes.

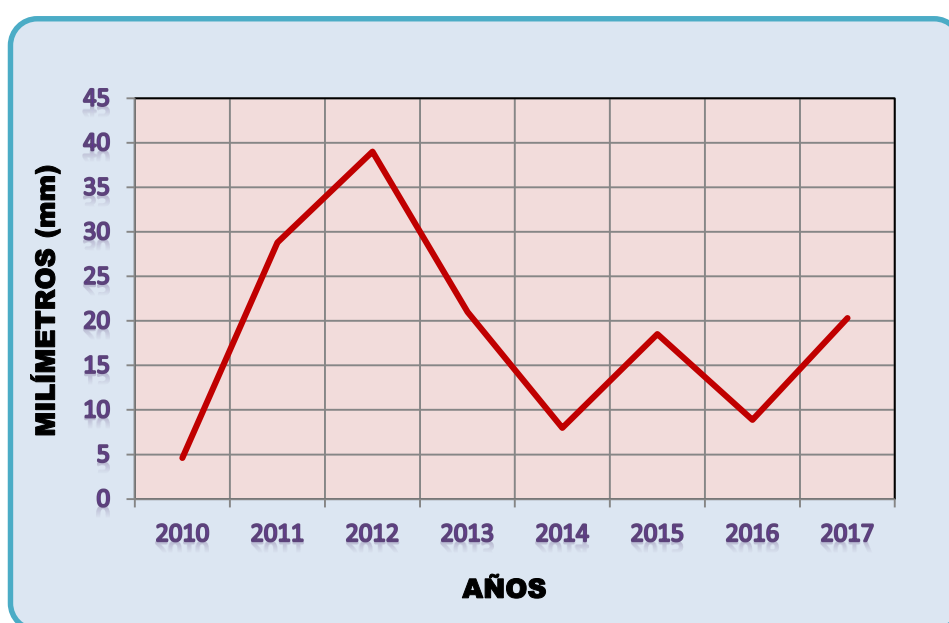


Figura 7: Precipitación total mensual de la Provincia de Candarave, desde el año 2010 hasta el año 2017.

Fuente: SENAMHI. EstaciónCO – Candarave. Código 110876

Elaboración propia.

En la Fig. 8, la evaporación tanque media está estable con 59 mm desde el año 2010 hasta el año 2012 donde luego sube ligeramente a 65 mm hasta el año 2013, pero después existe una baja hasta el año 2016, llegando hasta 45 mm para luego subir a 51 mm en el año 2017.

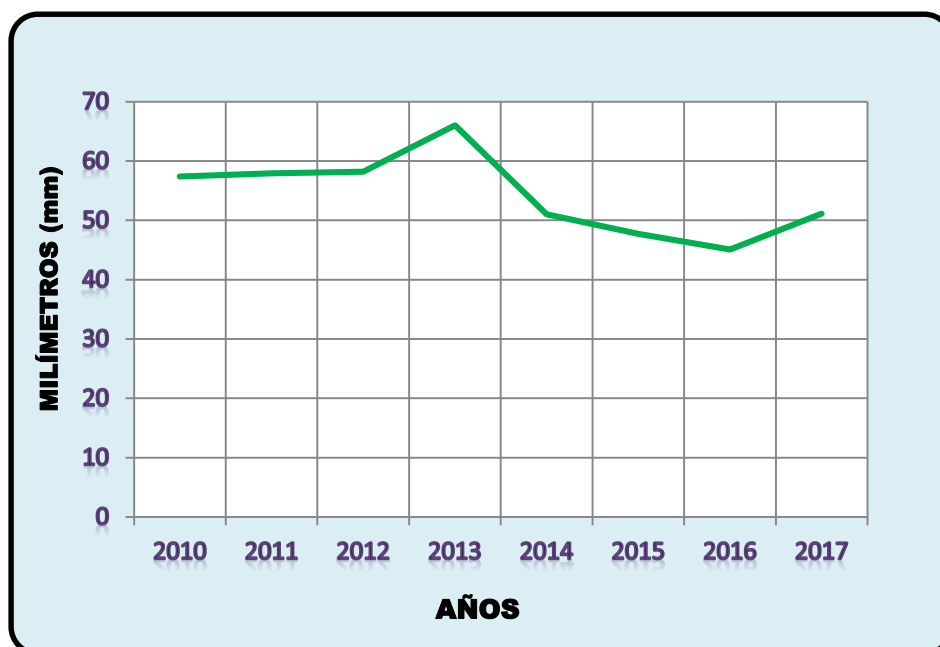


Figura 8: Evaporación tanque media de la Provincia de Candarave desde el año 2010 hasta el año 2017.

Fuente: SENAMHI. Estación CO – Candarave. Código 110876

Elaboración propia.

La micro cuenca de Calientes en la Provincia de Candarave de la región de Tacna está ubicada a más de 4 000 m.s.n.m., y bordea las faldas del volcán Yucamani donde se evidencia la presencia de vegetación y géiseres donde se fijaron transectos en época seca (sin lluvia) y en época húmeda (con lluvia). Además, se evidencia la presencia de camélidos y, es más, la presencia del hombre en el lugar y que son factores que influyen en la depredación, no solo de la flora silvestre, sino

también de la fauna. Generando un cambio brusco en el ecosistema de este lugar.

En la época seca y en la época húmeda se fijaron: 03 transectos en la parte alta a los 4 443 m.s.n.m., 4 445 m.s.n.m. y 4 448 m.s.n.m., 03 transectos en la parte media a los 4 331 m.s.n.m., 4 332 m.s.n.m. y los 4 345 m.s.n.m. y 03 transectos en la parte baja a los 4 164 m.s.n.m., 4 169 m.s.n.m. y a los., 4 170 m.s.n.m. haciendo un total de 18 transectos.

Al fijar estos transectos tanto en la época seca como en la época húmeda de la micro cuenca se encontró que había en total 26 especies (Tabla 6). Se nota claramente que en la época seca no hubo tanta vegetación, por el mismo hecho que las precipitaciones habían descendido ya hace varios años.

En la época húmeda la flora silvestre de todas maneras ha incrementados con las precipitaciones pero no tanto como otros años anteriores por lo mismo que a nivel del medio ambiente con respecto a la parte climática ha bajado a comparación de otros años anteriores y eso debido tal vez al cambio climático y al efecto invernadero.

Tabla 6.

Número de especies de vegetación en época seca y húmeda en las zonas de la micro cuenca de Calientes: parte alta, parte media y parte baja.

Nro.	ESPECIE	ÉPOCA SECA			ÉPOCA HÚMEDA		
		TPA	TPM	TPB	TPA	TPM	TPB
01	<i>Festuca Orthophylla</i>	28	13	23	212	207	56
02	<i>Parastrephia quadrangularis</i>	6	4	70	26	323	20
03	<i>Calamagrostis sp.</i>	1	0	0	7	0	0
04	<i>Tetraglochin cristatum</i>	7	0	0	0	0	0
05	<i>Caloplaca saxicola</i>	3	0	0	0	0	0
06	<i>Chersodoma jodopappa</i>	0	0	4	0	0	0
07	<i>Cenecio sp.</i>	0	0	5	0	0	0
08	<i>Calamagrostis sp.1</i>	0	9	0	0	0	0
09	<i>Calamagrostis sp.2</i>	0	3	0	0	0	0
10	<i>Colobanthus quitensis</i>	0	0	14	0	0	0
11	<i>Esciane1</i>	0	0	2	0	0	0
12	<i>Esciane2</i>	0	0	3	0	0	0
13	<i>Pycnophyllum molle</i>	0	0	0	7	4	0
14	<i>Azorella compacta</i>	0	0	0	1	0	0
15	<i>Polytrichadelphus sp</i>	0	0	0	3	0	0
16	<i>Aciachne aciculares</i>	0	0	0	123	210	0
17	<i>Senecio atacamensis</i>	0	0	0	5	0	0
18	<i>Alchemilla pinnata</i>	0	0	0	36	0	0
19	<i>Calandrina compacta</i>	0	0	0	92	0	83
20	<i>Asteracea peluda</i>	0	0	0	20	2	0
21	<i>Opuntia</i>	0	0	0	0	4	0
22	<i>Ephedra sp</i>	0	0	0	0	0	10
23	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	0	0	0	0	0	158
24	<i>Gamochaeta sp</i>	0	0	0	0	0	16
25	<i>Werneria denticulata</i>	0	0	0	0	0	22
26	<i>Fabiana stephannii</i>	0	0	0	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7, vemos que en la época seca la especie vegetal que predomina en la micro cuenca de Calientes es la *Festuca Orthophylla* (paja brava) (36,84 %) seguido de la especie *Parastrephia quadrangularis* (Tola tola) (31,57 %).

Tabla 7.

Dominancia de especies de vegetación de la micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave, en la época seca

ÉPOCA SECA		
ESPECIE	Promedio	Abundancia Relativa
<i>Festuca Orthophylla</i>	21	0,3684
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	18	0,3157
<i>Calamagrostis sp.</i>	1	0,0175
<i>Tetraglochin cristat</i>	2	0,0350
<i>Caloplaca saxicola</i>	1	0,0175
<i>Chersodoma jodopappa</i>	1	0,0175
<i>Cenecio sp.</i>	2	0,0350
<i>Calamagrostis sp. 1</i>	3	0,0526
<i>Calamagrostis sp.2</i>	1	0,0175
<i>Colobanthus quitensis</i>	5	0,0877
<i>Esciane1</i>	1	0,0175
<i>Esciane2</i>	1	0,0175

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8, vemos que en la época húmeda la especie vegetal que predomina en la micro cuenca de Calientes es la *Festuca Orthophylla*

(paja brava) (28,78 %) seguido de la *Parastrephia quadrangularis* (Tola tola) (22,40 %), luego *Aciachne aciculares* (20,22 %), *Nonotriche* (10,56 %), *Asteracia* (9,65 %).

Tabla 8.

Dominancia de especies de vegetación de la micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave, en la época húmeda.

ÉPOCA HUMEDA		
ESPECIE	Promedio	Abundancia Relativa
<i>Festuca Orthophylla</i>	158	0,2878
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	123	0,2240
<i>Pycnophyllum molle</i>	4	0,0073
<i>Azorella compacta</i>	1	0,0018
<i>Polytrichadelphus sp</i>	1	0,0018
<i>Aciachne aciculares</i>	111	0,2022
<i>Calamagrostis sp.</i>	2	0,0036
<i>Quemilla</i>	2	0,0036
<i>Lachemilla pinnata</i>	12	0,0219
<i>Calandrina compacta</i>	58	0,1056
<i>Asteracea peluda</i>	7	0,0128
<i>Opuntia</i>	1	0,0018
<i>Ephedra sp</i>	3	0,0055
<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	53	0,0965
<i>Gamochaeta sp</i>	5	0,0091
<i>Werneria denticulata</i>	7	0,0128
<i>Fabiana stephannii</i>	7	0,0018

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9:

Cobertura vegetal (Área cubierta por especie) en la época seca de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave.

ESPECIE	TPA	TPM	TPB
<i>Festuca Orthophylla</i>	28	13	23
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	6	47	0
<i>Calamagrostis sp.</i>	1	0	0
<i>Tetraglochin cristat</i>	7	0	0
<i>Caloplaca saxicola</i>	3	0	0
<i>Chersodoma jodopappa</i>	0	0	4
<i>Cenecio sp.</i>	0	0	5
<i>Calamagrostis sp.1</i>	0	9	0
<i>Calamagrostis sp.2</i>	0	3	0
<i>Colobanthus quitensis</i>	0	0	14
<i>Esciane1</i>	0	0	2
<i>Esciane2</i>	0	0	3
Total	45	72	51

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9, se aprecia la existencia de 12 especies diferentes, entre la zona alta, media y baja, de la micro cuenca de Calientes en Candarave, con un total de individuos de las diferentes especies por zona: en la época seca: existe un total de 45 individuos de las diferentes especies en la zona alta; existen 72 individuos en la zona media y en la zona baja existen en total 51 individuos de las diferentes especies.

Tabla 10

Cobertura vegetal (Área cubierta por especie) en la época húmeda de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave.

ESPECIE	TPA	TPM	TPB
<i>Festuca Orthophylla</i>	212	207	56
<i>Parastrephia quadra.</i>	26	323	20
<i>Pycnophyllum molle</i>	7	4	0
<i>Azorella compacta</i>	1	0	0
<i>Polytrichadelphus sp</i>	3	0	0
<i>Aciachne aciculares</i>	123	210	0
<i>Calamagrostis sp.</i>	7	0	0
<i>Quemilla</i>	5	0	0
<i>Lachemilla pinnata</i>	36	0	0
<i>Calandrina compacta</i>	92	0	83
<i>Asteracea peluda</i>	20	2	0
<i>Opuntia</i>	0	4	0
<i>Ephedra sp</i>	0	0	10
<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	0	0	158
<i>Gamochaeta sp</i>	0	0	16
<i>Werneria denticulata</i>	0	0	22
<i>Fabiana stephannil</i>	0	0	1
Total	532	750	366

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10, se aprecia la existencia de 17 especies diferentes, entre la zona alta, media y baja, de la micro cuenca de Calientes en Candarave, con un total de individuos de las especies por zona: en la

época húmeda; existe un total de 532 individuos en de las diferentes especies en la zona alta; existen 750 individuos en la zona media y en la zona baja existen en total 366 individuos de las diferentes especies.

Los valores de las tablas 9 y 10, fueron considerados para hallar los valores de los índices de diversidad de Simpson_{1-d} y de Shannon_h, así como encontrar la abundancia y número de especies, utilizando el programa estadístico PAST, obteniendo el resultado siguiente: que el número de especies que se encontró fue 05 en la parte alta, 04 especies en la parte media y 06 especies en la parte baja en época seca. Y en la época húmeda se encontró 11 especies en la parte alta, 06 especies en la parte media y 08 en la parte baja. En abundancia se encontró 45 individuos en la parte alta, 72 individuos en la parte media y 51 individuos en la parte baja en época seca. En época húmeda se encontró 532 individuos, en la parte alta, 750 individuos en la parte media y 366 en la parte baja, (Tabla 11). Mediante estos índices, se nos permitió determinar la diversidad de la flora silvestre de la micro cuenca de Calientes en Candarave.

Tabla 11:

Resultado de trabajo en campo en época seca y época húmeda de los índices de diversidad de la flora silvestre en la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave - Tacna.

ZONAS	ÉPOCA SECA			ÉPOCA HÚMEDA		
	TPA	TPM	TPB	TPA	TPM	TPB
N. ESPECIES	5	4	6	11	6	8
ABUNDANCIA	45	72	51	532	750	366
Simpson_1-d	0,5659	0,5239	0,7005	0,749	0,6599	0,7295
Shannon_h	1,118	0,9798	1,435	1,661	1,146	1,566

Fuente: Elaboración propia

Además, se puede observar una mayor diversidad de especies de la vegetación en la época húmeda tanto con el índice de Simpson (Promedio: húmeda 0,713, seca 0,597) como con el índice de Shannon (Promedio: húmeda 1,458, seca 1,178). El aumento en los índices, en la época húmeda se debe al aumento de la precipitación pluvial.

En la Fig. 9, podemos visualizar que en la época húmeda ha mejorado el número de individuos en comparación con la época seca y esto sucede tanto en la parte alta como la parte media y parte baja. Ahora comparando solo en la época seca vemos que el número de especies es bajo en la parte media con relación a la parte alta y la parte baja, pero en

la parte baja existe mayor número de individuos en comparación con las otras dos. Ahora en la época húmeda el número de especies en la parte media es bajo en comparación con la parte alta que tiene una mayor cantidad de especies, quedando la parte media entre los dos.

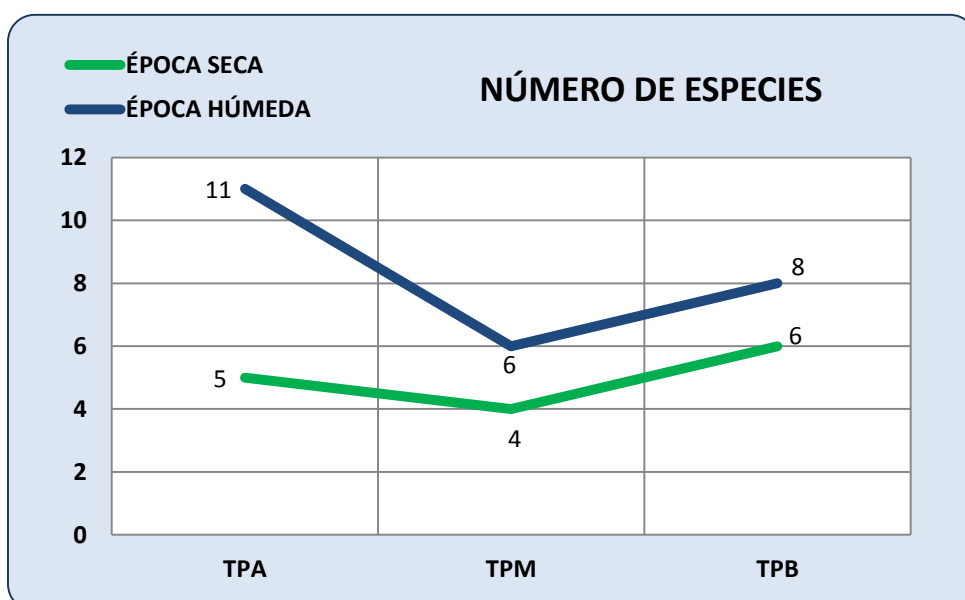


Figura 9: Comparación entre la época seca y época húmeda del número de especies en la parte alta, parte media y parte baja de la micro cuenca de Calientes. Provincia de Candarave.

Fuente: Elaboración propia.

En la Fig. 10, se puede ver que en la época húmeda la vegetación aumentó con respecto a la época seca y esto sucede en las tres zonas: parte alta, parte media y parte baja. Ahora en la época seca, en la parte alta hay menor abundancia que la parte media y la parte baja, pero en la

parte media hay mayor cantidad de individuos que la parte alta y la parte baja. En la época húmeda se ve que en la parte media hay mayor abundancia que la parte alta y la parte baja, en cambio en la parte alta hay menor abundancia que la parte que la parte media y la parte baja.

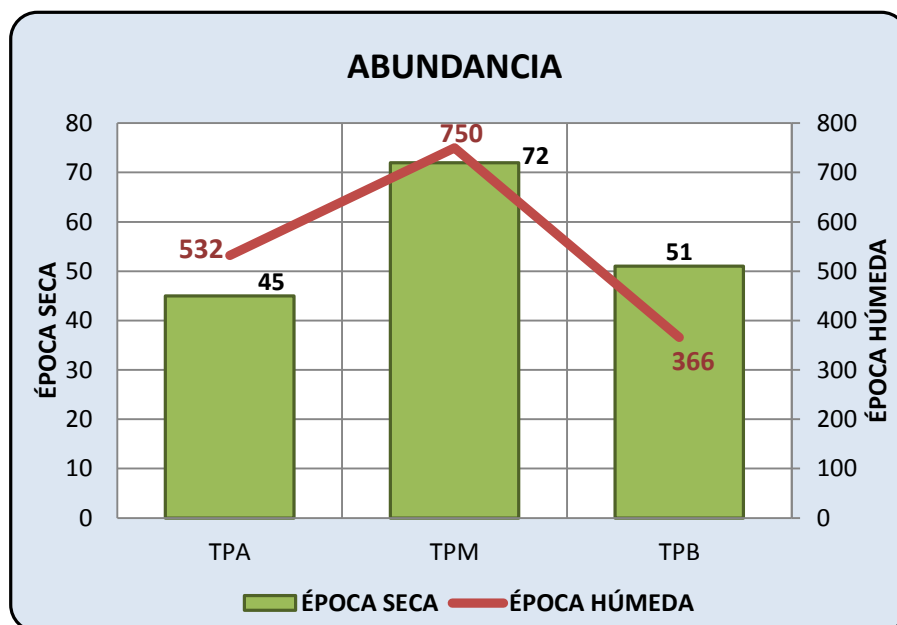


Figura 10: Comparación entre la época seca y la época húmeda de la abundancia en la parte alta, parte media y parte baja, de la micro cuenca de Calientes en Candarave.

Fuente: Elaboración propia.

En la Fig. 11, se visualiza que el índice de Simpson determina que en la época húmeda ha mejorado en comparación con la época seca. De acuerdo a los datos existe una diversidad regular en la época seca, mientras que en la época húmeda existe una mayor diversidad en la

época húmeda. Ahora comparando en las zonas vemos que en la época seca hay menos diversidad en la parte media con respecto a la parte alta y parte baja, mientras que en la parte alta hay mayor diversidad que la parte media y parte baja. En la época húmeda hay menor diversidad en la parte media que en la parte alta y parte baja, en tanto en la parte alta existe mayor diversidad que en la parte media y parte baja.

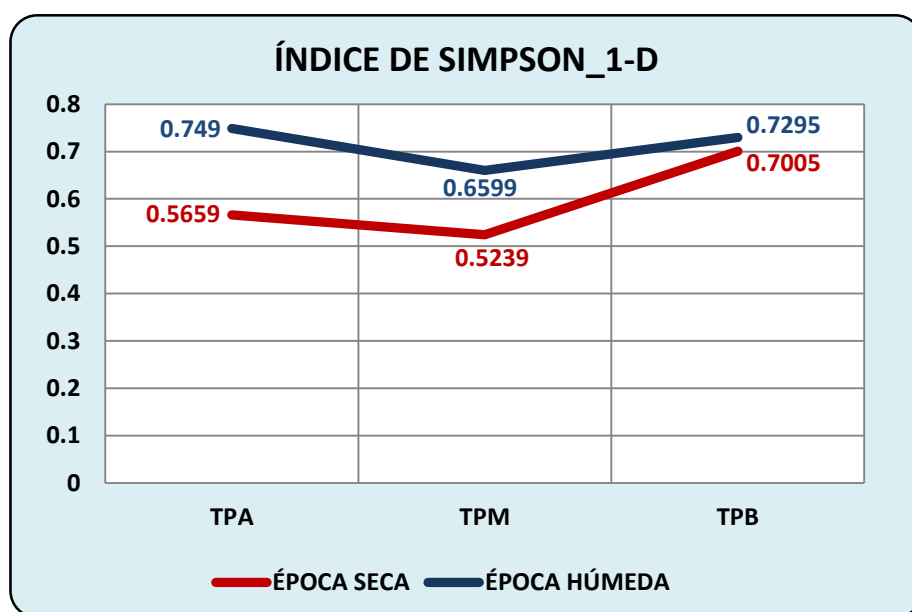


Figura 11: Comparación del índice de Simpson_D-1 en la época seca con la época húmeda en las zonas de la parte alta, parte media y parte baja de la micro cuenca de Calientes en Candarave.

Fuente: Elaboración propia.

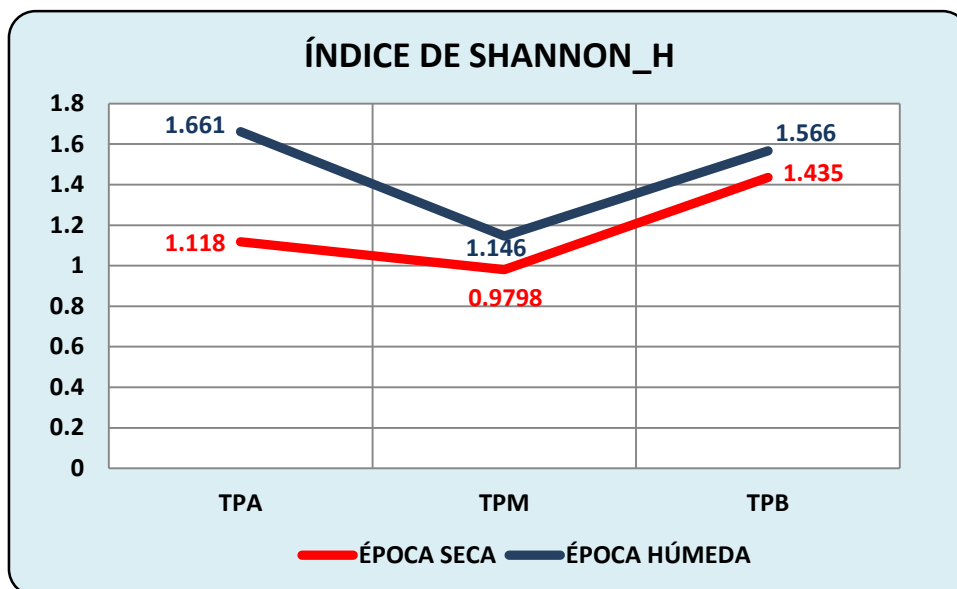


Figura 12: Comparación del índice de Shannon_H en la época seca con la época húmeda en las zonas de la parte alta, parte media y parte baja de la micro cuenca de Calientes en Candarave.

Fuente: Elaboración propia.

En la Fig. 12, se visualiza que en la época húmeda ha mejorado la diversidad en comparación con la época seca, en la micro cuenca de Calientes, existiendo una mayor vegetación en las zonas de la parte alta, parte media y parte baja. Además se muestran valores que determinan una baja diversidad de vegetación en la época seca, sin embargo en la época húmeda los valores han aumentado, pero todavía los valores determinan que existe una baja diversidad de vegetación. Comparando las zonas de la época seca vemos que en la parte media hay poca

diversidad de vegetación con respecto a la parte alta y baja, pero que en la parte baja existe una mayor diversidad que el de la parte media y alta. En la época húmeda vemos que en la parte media existe una baja diversidad con respecto a la parte alta y media, pero en la parte alta hay una mayor diversidad de vegetación que en la parte media y baja.

4.3. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS METALES PESADOS DE SUELO.

El presente trabajo consiste en determinar la existencia de metales pesados en la micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave en la Región de Tacna para la época seca y la época húmeda y por zona: parte alta, parte media y parte baja.

Para poder determinar la existencia de metales pesados se utilizó el Microscopio electrónico barrido TESCAN Vega II ubicado en en el laboratorio de microscopía de la Escuela de Metalurgia y Materiales en la Facultad de Ingeniería de la UNJBG, y se tuvo el siguiente resultado:

En la tabla 12, se ve el resultado de la muestra del suelo tomada de la parte baja de la micro cuenca de Calientes donde se toman tres muestras: muestra B, muestra B-a y muestra B-b. Encontrándose 10 elementos químicos.

Tabla 12:

Semianálisis químico cuantitativo mediante microscopio electrónico de barrido y microanalizador con rayos X (SEM EDX) de muestras de suelo de la parte baja (B) de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave. Aumento: 100x, detector: BSE.

Element	ID muestra B		ID muestra B-a		ID muestra B-b	
	Weight%	Atomic%	Weight%	Atomic%	Weight%	Atomic%
O K	50,03	65,27	53,84	68,70	54,50	69,49
Na K	1,52	1,38	1,55	1,37	1,40	1,24
Mg K	0,73	0,63	0,79	0,66	0,55	0,46
Al K	9,44	7,30	9,02	6,83	8,49	6,42
Si K	27,91	20,74	24,96	18,14	24,52	17,81
S K	0,46	0,30	0,36	0,23	0,38	0,24
K K	2,73	1,46	2,21	1,16	2,39	1,25
Ca K	1,68	0,88	1,57	0,80	1,54	0,79
Ti K	0,00	0,00	0,41	0,17	0,39	0,17
Fe K	5,51	2,06	5,29	1,93	5,83	2,13
Totals	100,00		100,00		100,00	

Fuente: Laboratorio de Microscopía. Laboratorio de Metalurgia y Siderurgia de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Materiales. Facultad de Ingeniería - UNJBG.

Tabla 13:

Semianálisis químico cuantitativo mediante microscopio electrónico de barrido y microanalizador con rayos X (SEM EDX) de muestras de suelo de la parte media (M) de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave. Aumento: 100x, detector: BSE.

Element	ID muestra M		ID muestra M-a		ID muestra M-b	
	Weight%	Atomic%	Weight%	Atomic%	Weight%	Atomic%
O K	55,61	69,23	54,67	68,54	54,91	68,69
Na K	1,08	0,94	1,06	0,92	1,04	0,90
Mg K	0,52	0,42	0,51	0,42	0,51	0,42
Al K	3,19	2,35	3,56	2,65	3,45	2,56
Si K	35,66	25,29	35,73	25,52	35,75	25,48
S K	0,00	0,00	0,11	0,07	0,17	0,11
K K	1,59	0,81	1,65	0,85	1,48	0,76
Ca K	0,83	0,41	0,81	0,40	0,81	0,40
Ti K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,10
Fe K	1,52	0,54	1,60	0,57	1,63	0,58
Mo L	0,00	0,00	0,29	0,06	0,00	0,00
Totals	100,00		100,00		100,00	

Fuente: Laboratorio de Microscopía. Laboratorio de Metalurgia y Siderurgia de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Materiales, Facultad de Ingeniería - UNJBG

En la tabla 13, se ve el resultado de la muestra del suelo tomada de la parte media de la micro cuenca de Calientes, donde se toman tres muestras: muestra M, muestra M-a y muestra M-b. Encontrándose 11 elementos químicos.

Tabla 14:

Semianalisis químico cuantitativo mediante microscopio electrónico de barrido y microanalizador con rayos X (SEM EDX) de muestras de suelo de la parte alta (A) de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave. Aumento: 100x, detector: BSE.

Element	ID muestra A		ID muestra A-a		ID muestra A-b	
	Weight%	Atomic%	Weight%	Atomic%	Weight%	Atomic%
O K	61,11	79,14	54,48	69,06	55,03	69,63
Na K	1,22	1,00	1,35	1,19	1,42	1,25
Mg K	0,54	0,42	0,56	0,47	0,66	0,55
Al K	5,48	3,83	7,53	5,66	7,41	5,56
Si K	19,76	13,28	27,73	20,02	26,91	19,40
S K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,07
K K	1,19	0,58	2,05	1,06	1,91	0,99
Ca K	1,04	0,49	1,60	0,81	1,46	0,74
Ti K	0,50	0,20	0,39	0,17	0,46	0,19
Fe K	3,16	1,07	4,31	1,56	4,27	1,55
Mo L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,08
Totals	100,00		100,00		100,00	

Fuente: Laboratorio de Microscopía. Laboratotoio de Metalurgia y Siderurgia de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Materiales, Facultad de Ingeniería - UNJBG

En la tabla 14, se ve el resultado de la muestra del suelo tomada de la parte alta de la micro cuenca de Calientes donde se toman tres muestras: muestra A, muestra A-a y muestra A-b. Encontrándose 11 elementos químicos.

Teniendo los resultados de las muestras de suelo de las diferentes zonas de la micro cuenca de Calientes, como se muestran en las tablas 12, 13 y 14, se encontraron los promedios de los diferentes elementos químicos encontrados en cada zona: parte alta, media y baja. (tabla 15).

Tabla 15:

Promedio de los diferentes elementos químicos encontrados en el semianálisis químico cuantitativo del laboratorio de Microscopía del suelo de la parte baja, media y alta, de la micro cuenca de Calientes. Provincia de Candarave en la época seca y en la época húmeda.

Elementos	ÉPOCA SECA			ÉPOCA HÚMEDA		
	Parte Alta Peso (%)	Parte Media Peso (%)	Parte Baja Peso (%)	Parte Alta Peso (%)	Parte Media Peso (%)	Parte Baja Peso (%)
C	7,52	3,77	1,55	0,00	0,00	0,00
O	54,59	51,54	52,63	58,87	55,06	52,79
Na	0,61	2,01	2,07	1,33	1,06	1,49
Mg	0,21	0,69	0,55	0,59	0,51	0,69
Al	3,05	7,48	8,01	6,81	3,40	8,98
Si	30,88	25,69	26,23	24,80	35,71	25,80
S	0,00	0,00	0,19	0,04	0,09	0,40
K	0,90	2,63	2,34	1,72	1,57	2,44
Ca	0,57	1,85	1,85	1,37	0,82	1,60
Ti	0,25	0,31	0,23	0,45	0,08	0,27
Fe	1,42	4,04	4,35	3,91	1,58	5,54
Mo	0,00	0,00	0,00	0,12	0,10	0,00

Fuente: Laboratorio de Microscopía. Laboratorio de Metalurgia y Siderurgia de la Escuela de Metalúrgica y Materiales. Facultad de Ingeniería-UNJBG.

Elaboración propia.

La tabla 15, nos permite observar que existe el fierro (Fe) y el molibdeno (Mo) que están con porcentaje bajo. El fierro tiene en época seca un promedio de 3,27 % y en la época húmeda tiene un promedio de 3,68 %, mientras que el molibdeno en la época seca no existe este elemento, en la época húmeda solo tiene un promedio de 0,07 % totalmente bajo de porcentaje. Además vemos que lo que si existen son los metales ligeros que son el Magnesio (Mg), Aluminio (Al), Sodio (Na) y Potasio (K), estos elementos aparecen tanto en la época seca como en la época húmeda pero con bajo porcentaje. Estos datos se pueden visualizar en los siguientes cuadros estadísticos.

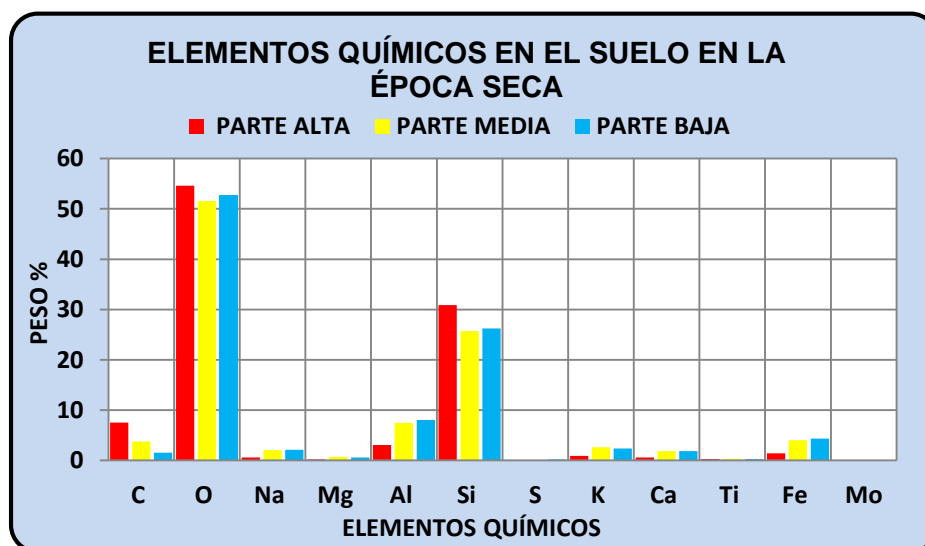


Figura 13: Existencia de elementos químicos en el suelo de la micro cuenca de Calientes en Candarave, en la época seca.

Fuente: Elaboración propia.

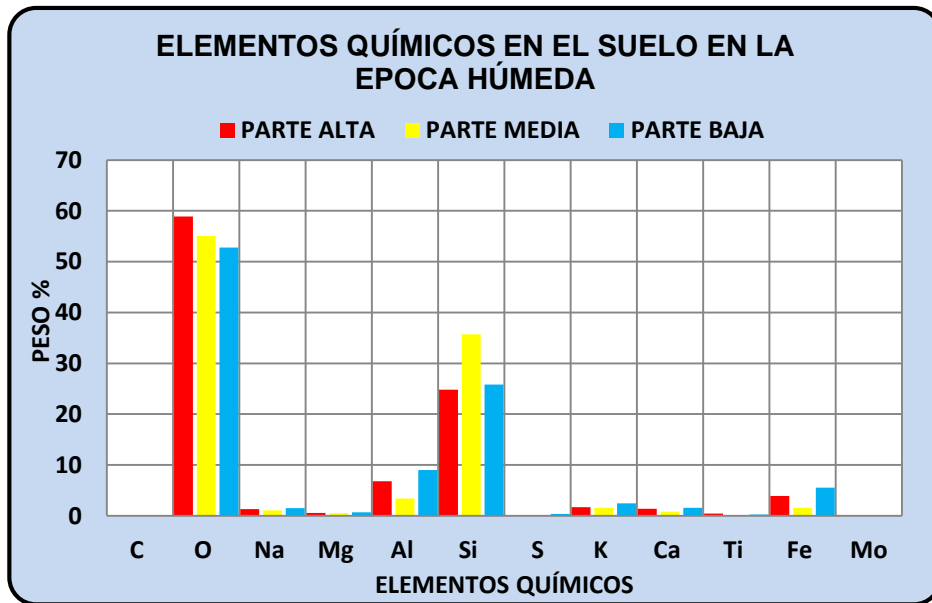


Figura 14: Existencia de elementos químicos en el suelo de la micro cuenca de Calientes en Candarave en la época húmeda.

Fuente: Elaboración Propia

4.4. DETERMINACIÓN SOCIOECONÓMICA

Al estar en el lugar de trabajo para tomar las muestras y colocar los transectos, nos encontramos con una campesina del lugar llamada Delia Villalobos (Fig. 15) y tomamos su testimonio en el que nos mencionaba que en la actualidad existe una comunidad llamada Calientes, el cual nos indica que dicha comunidad cuenta con cerca de treinta (30) familias, los cuales se dedican a la crianza de alpaca, llamas y corderos con

cantidades de 110, 65 o 55 individuos aproximadamente por familia. Las familias comercializan su carne y lana en Vilacota y en Candarave.



Figura 15: Integrante de la comunidad llamada Calientes en la provincia de Candarave, la Sra. Delia Villalobos.

Fuente: Foto del autor.

La existencia del hombre en la micro cuenca de Calientes en Candarave mediante una comunidad con el mismo nombre de la micro cuenca, y lo que hacen es cometer cambios bruscos con la construcción de viviendas en este ecosistema. Es preocupante la presencia del hombre, porque lo que hacen es depredar el lugar y contaminar el medio ambiente de este lugar, inclusive con la existencia del ganado (llama, alpaca, ovino).



Figura 16: Casas en la micro cuenca de los campesinos de la comunidad de Calientes de la provincia de Candarave.

Fuente: Foto del autor

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

En este trabajo de investigación se tiene por objeto analizar cómo influyen la información meteorológica desde el año 2010 al 2017 tales como la precipitación, la evaporización y la temperatura, los cuales mediante los cuadros estadísticos nos muestra como el medio ambiente ha cambiado en las estaciones del año perjudicando el crecimiento de la vegetación y la diversidad de las especies en la zona.

En las tablas 6 y 9, vemos que en la micro cuenca de Calientes, existen 26 especies, donde la especie que predomina en la micro cuenca de Calientes en Candarave, es la *Festuca Orthophylla* (paja brava), seguida de la *Parastrephia quadrangularis* (Tola tola), existiendo además, otras variedades. De acuerdo a los resultados existe un índice de diversidad moderado en la zona de la parte alta, parte media y baja tanto en la época seca como en época húmeda. De la misma manera, en la Región de Tacna específicamente en la puna tacneña Franco (2004), está representada por vegetaciones típicas como los tolares,

predominado por la especie *Parastrephia quadrangularis* (Tola tola), *Parastrephia lucida*. Los pajonales (*Festuca Orthophylla*) cubren grandes extensiones del territorio, confirmando la predominancia de esta especie. En cambio según César Alvarado (2012) para la evaluación de los humedales alto andinos de la provincia de Candarave; se utilizó el método de transección al paso y se ejecutó en la época de lluvias del 2012 obteniéndose un total de 850 muestras de los humedales de Huaytire, Japopunco, Tacalaya, Turuturo y Copapujo; como resultado se obtuvo una composición vegetal de 36 especies vegetales, mientras que las especies de mayor dominancia fue *Distichia muscoides*, seguido de *Alchemilla diplophylla*, y *Oxychloe andina*. Pero según Montesinos (2011) en Moquegua los resultados confirman de una importante contribución de nuevos registros, donde destacan: *Asteraceae* (68 spp.), *Poaceae* (19 spp.), *Malvaceae* (13 spp.), *Brassicaceae* (12 spp.).

También se comprueba que la vegetación de la cuenca Tambo Ichuña tiene mayor similitud con la del altiplano puneño y boliviano cercano al lago Titicaca y valles altoandinos del NE de Arequipa y Tacna. Además, según Zeballos (2010) indico que en la RNSAB en Arequipa – Moquegua encontró la familia con más especies son las *Asteraceae* con 78 y *Poaceae* con 52. Los géneros con más especies son *Calamagrostis* con 15 especies, *Senecio* con 12 especies y *Werneria* con 10 especies.

Las plantas conocidas como tola o ccapo de tres géneros (*Parastrephia*, *Lepidophyllum* (Tola tola) y *Baccharis*), y varias especies de gramíneas (*Festuca*, *Stipa*) forman los pajonales. Los tolales y los pajonales dominan el paisaje en la mayor parte de la Reserva. Alcanzando el límite altitudinal de la vegetación, tenemos plantas almohadilladas, entre las que destaca el género *Azorella*, que se conoce como yareta. Además según Vargas (1990), indico que en la zona altoandina de Tisco-Caylloma, las especies que se encontraron en el área muestreada fueron: *Parastrephia lepidophylla* (Tola tola), *Baccharis emarginata*, *Calamagrostis vicunarum*, *Festuca orthophylla*, *Astragalus peruvianus*, *Nototriche* sp., y *Oxalis nubigena*. La zona muestreada está conformada por 2 estratos el herbáceo alto, constituido por *Festuca rigescens* y el estrato bajo por *Calamagrostis vicunarum*.

Ahora según Kahn (2016) hizo un estudio en la zona altoandina del distrito de Oyón en Lima donde se encontró 181 especies distribuidas en 112 géneros de 47 familias de plantas vasculares. Las Asteraceae con 61 especies (33,7 %) representan la familia más diversa en el área de estudio. Y según Letto (2014) indica, que el resultado más destacado, con datos cuantitativos, cómo el desarrollo sostenible del paisaje deben conseguirse mediante bienes y servicios de producción respetando los

límites del medio ambiente, a fin de evitar evaluaciones territoriales negativos capaces de disminuir la Calidad de Vida Humana.

Además, de acuerdo a la tabla 10 se determinó una mayor diversidad de especies de la vegetación en la época húmeda tanto con el índice de Simpson (Promedio: húmeda 0,713, seca 0,597) como con el índice de Shannon (Promedio: húmeda 1,458, seca 1,178). Esto puede ser al aumento de la precipitación pluvial en la época húmeda. Por lo que según Mamani (2015), en Ancomarca en palca, el índice de Simpson (1-D) del promedio de cobertura vegetal es de 0,913 un valor cercano a 1; lo que indica que, hay alta dominancia de las especies con mayor cobertura, el índice de Shannon del promedio de cobertura vegetal es 2,803 cercano a 3,4 ($\ln 30$), lo que indica que la población de vegetación del bofedal tiene alta biodiversidad. En tanto, según Ortiz (2016), se encontró una significativa mayor diversidad de especies de flora silvestre en la época lluviosa, tanto con el índice de Simpson (Lluviosa 0,61, seca 0,49) como con el índice de Shannon (Lluviosa 1,02, seca 0,79). Esto puede deberse al aumento de la precipitación pluvial en los meses de época lluviosa.

Con respecto a la determinación de los metales pesados al analizar en el microscopio electrónico barrido se encontró al fierro (Fe) con

presencia de 1,42 % en la parte alta, 4,04 % en la parte media y 4,35 % en la parte baja esto en la época seca. Y en la época húmeda se tuvo 3,95 % en la parte alta, 1,58 % en la parte media y 5,54 % en la parte baja lo cual nos indica que en las dos épocas se tiene un bajo porcentaje de este elemento químico. En cuanto al molibdeno (Mo) en la época seca no aparece este elemento químico en las diferentes zonas, pero si aparece en la época húmeda pero solo en la parte alta y media con 0,12 % y 0,10 % respectivamente y en la parte baja no existe.

Como se puede apreciar en los datos de estos dos elementos los cuales se consideran como metales pesados el porcentaje es bajo. También aparecen elementos químicos denominados como ligeros y son: aluminio (Al), sodio (Na), y potasio (K). Además del carbono (C), Oxígeno (O), magnesio (Mg), silicio (Si), azufre (S), calcio (Ca) y el titanio (Ti). El elemento químico con mayor porcentaje es el oxígeno con más del 50 %, seguido del Silicio. Pero, según Ccapa (2014) indica que las plantas tienen nutrientes y que la cantidad de nutrientes presente en el suelo determina su potencial para alimentar organismos vivos. Los 16 nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas se suelen clasificar entre macro y micro nutrientes dependiendo de su requerimiento para el desarrollo de las plantas. Los micronutrientes se requieren en grandes cantidades e incluyen Carbono(C), Hidrógeno (H), Nitrógeno(N),

Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre(S). Los micronutrientes por otro lado se requieren en pequeñas, su insuficiencia puede dar lugar a carencia y su exceso a toxicidad, se refieren a Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl). Además, Arevalo-Gardine (2016) indica que los valores de hierro, cobre, zinc, manganeso, cadmio, níquel y plomo, encontrados en los suelos muestreados estuvieron por debajo de los niveles considerados como fitotóxicos. Los valores promedio de hierro, zinc, manganeso, níquel y plomo fueron mayores en la zona sur, mientras que en la zona norte los valores de cobre y cadmio fueron mayores. Ahora, según la UNESCO (1982) indica que cuando hay suelo, los suelos arenosos parecen los mejor dotados para almacenar el agua de las raras e irregulares precipitaciones. En zonas de regadío, en algunos aspectos son mejores los suelos de limo que los arenosos, pero presentan el inconveniente del riesgo a la degradación, en especial allí donde el avenamiento natural es pobre.

Chávez (2014) considera que normalmente en el suelo se encuentran en equilibrio muchas sustancias orgánicas e inorgánicas que podrían considerarse peligrosas para el hombre, y sólo cuando estas sustancias alcanzan niveles que ponen en riesgo la salud humana y el de los ecosistemas, se habla de contaminación del suelo. Dentro de las

principales sustancias contaminantes se incluyen a los metales pesados como el plomo, cromo, arsénico, zinc, cadmio, cobre, mercurio y níquel.

Se conoce además, que según Zeballos (2010) los suelos de la RNSAB. Por lo general, son suelos de estepa altiplánica, derivados muchos de ellos de cenizas volcánicas. Así aparecen suelos de desierto frío, suelos turbosos, suelos salinos en las márgenes de los salares y suelos de tipo aluvial y coluvial.

En esta microcuenca de Calientes existen casas en las faldas de los cerros de este ecosistema generando la depredación de este lugar inclusive con la crianza de alpacas, llamas y corderos generando la pérdida de las especies de la vegetación. En este lugar existe la comunidad Calientes integrada por cerca de treinta (30) familias y donde está ya distribuido los terrenos para cada familia. La comunidad realiza las ventas de la carne y de la lana de los animales que crían. Pero Amstein (2016), indica que en líneas generales se puede señalar que los humedales, y los demás ecosistemas del planeta, también se encuentran amenazados por el aumento en la población mundial. Mientras mayor la población, mayor es la presión por la habilitación de zonas residenciales, por el aumento de la producción alimentaria (ganadería, agricultura y pesca), y la generación de empleos en los sectores industriales. La

ganadería provoca graves efectos en el medio ambiente, por el sobrepastoreo, la compactación del suelo, la erosión que provoca la alimentación del ganado, y por los antibióticos y las hormonas que les son suministrados, que generan la contaminación del suelo con el contacto de éste con los desechos de los animales.

CONCLUSIONES

Del total de los datos obtenidos en el presente trabajo se discutió con los más importantes y significativos de acuerdo a los objetivos de la investigación, y se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se encontró la diferencia de los índices de diversidad de las especies en la época húmeda (Promedio: Simpson 0,7128; Shannon 1,4577) con respecto a la época seca (Promedio: Simpson 0,5968; Shannon 1,1776), tanto en la parte baja, parte media como en la parte alta de la micro cuenca de Calientes.
- Se determinó que en la flora silvestre asociada a los geiseres de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave, la especie que predominó, tanto en la época seca como en la época húmeda fue la especie de la *Festuca Orthophylla* (paja brava) (promedio: época seca 36,84 %, época húmeda 28,78 %) seguida de la especie *Parastrephia quadrangularis* (Tola tola) (promedio: época seca 31,57 %, época húmeda 22,40 %).

- Se determinó que en las tres zonas de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave, no existe diferencia en la concentración de metales pesados y que no está por encima de los límites máximos permitidos, no ocasionando daño alguno a la vegetación de la zona, donde el molibdeno (Mo) no aparece en la época seca pero si en la época húmeda con un promedio de 0,07 %, y que los valores mas relevantes son el oxígeno (promedio: época seca 52,92 %; época húmeda 55,57 %), el silicio (Si) (promedio: seca 27,6 %; húmeda 28,77 %).

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio sobre los beneficios de las aguas termales de los geiseres de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave – Tacna y que directamente el municipio realice dicho estudio con fines turístico y preservación del medio ambiente de la micro cuenca.
- Realizar estudios sobre el efecto de la crianza de ganado (alpacas) en la flora silvestre de la micro cuenca de Calientes, Provincia de Candarave – Tacna y que por intermedio del ministerio de agricultura de la región realice dichos estudios.
- Efectuar un estudio sobre la existencia de metales pesados en las aguas termales de la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave – Tacna y que el ministerio de energía y minas de la región realice dicho estudio, para preveer la contaminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado C. (2012). Evaluación de Pastizales Naturales de los Humedales Altoandinos en Época de Lluvia de la Provincia de Candarave Departamento de Tacna 2012. Tesis para optar el Título de Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Perú.
- Baev, P. V. Y L. D. Penev. 1995. *BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis*. Versión 5.1. Pensoft, Sofia – Moscow, 57 pp.
- Bilbao, B. (2006). Determinación de parametros físico-químico del suelo. *Guía de Laboratorio de Ecología General*.
- Eróstegui R, C. P. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica*, 12.
- Halffter, G., Moreno, C., y Pineda, E. (2001). Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. 2.

- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- McCall, G. J. H. (2013). Geysers and Hot Springs *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*: Elsevier.
- Mendez-Cabrera, F., y Montiel-Ortega, S. (2007). Diagnóstico preliminar de la fauna y flora silvestre utilizada por la población maya de dos comunidades costeras en Campeche, México en *Universidad y Ciencia*.
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp. ISSN (colección): 1576-9526. ISBN (volumen): 84-922495-2-8.
- Moreno C, Barragán F, Pineda E, y Pavón N. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas.
- Pantoja, J., y Gomez, A. (2000). Geiseres y manantiales de México. *UNAM. Instituto de Geología. México*.
- Peet, R. K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **5**: 285-307.
- UNESCO (1982) Desarrollo de tierras áridas y semiáridas: obstáculos y perspectivas. (Paris, FR). Traductora: Morrtserrat Domingo de

Miró, Dra en Geología La traducción española ha sido realizada con la ayuda financiera de la Unesco Primera edición 1982. Impreso en España (Barcelona) ISBN 92-3-301484 Unesco. ISBN 84-85800-28-1 Ediciones del Serbal.

WEBGRAFÍA

Adelstein, E., Tran, A., Saez, C. M., Shteinberg, A., y Manga, M. (2014).

Geyser preplay and eruption in a laboratory model with a bubble trap. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 285(0), 129-135. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2014.08.005>

Al-Rowaily, S. L., El-Bana, M. I., & Al-Dujain, F. A. R. (2012). Changes in vegetation composition and diversity in relation to morphometry, soil and grazing on a hyper-arid watershed in the central Saudi Arabia. *CATENA*, 97(0), 41-49.

doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2012.05.004>

Alvear M., Betancur J. y Franco-Rosselli P. (2010). Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del parque nacional natural de nevados, cordillera central colombiana. *Botánica-Florística. Caldasia* 32(1): 39-63.

www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasias.htm

Amstein Desplanque, S. (2016). Los humedales y su protección jurídica en Chile. Memoria para optar al grado de Licenciada en Ciencias Jurídicas y Sociales. UNIVERSIDAD DE CHILE. Facultad de Derecho. Departamento de Enseñanza Clínica del Derecho. Santiago, Chile.

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26581/HUM2-0173.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy>

Amjad, M. S., Arshad, M., y Chaudhari, S. K. (2014). Structural diversity, its components and regenerating capacity of lesser Himalayan forests vegetation of Nikyal valley District Kotli (A.K), Pakistan. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 7, Supplement 1(0), S454-S460. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1995-7645\(14\)60274-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1995-7645(14)60274-1)

Arévalo-Gardini, Enrique, Obando-Cerpa, Meyier E., Zúñiga-Cernades, Luis B., Arévalo-Hernández, Cesar O., Baligar, Virupax, y He, Zhenli. (2016). Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 81-89. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.747>

Barbier, S., Gosselin, F., y Balandier, P. (2008). Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved—A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology*

and Management, 254(1), 1-15. doi:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2007.09.038>

Bayer, P., Rybach, L., Blum, P., y Brauchler, R. (2013). Review on life cycle environmental effects of geothermal power generation.

Renewable and Sustainable Energy Reviews, 26(0), 446-463. doi:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.039>

Burbano, N., Becerra, S. y Pasquel, E., 2015. Introducción a la Hidrogeología del Ecuador. [En línea]. Disponible en

http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/HIDROGEOLOGIA_2%20EDICION_2014.pdf

Ccapa B. (2014). Criterios de estudio de suelos para zonas altoandinas. Tesis para optar el título profesional de ingeniero de materiales. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Ingeniería de Procesos. Perú.

http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2902/MTccc_abn033.pdf

Chávez L. (2014) Fitoremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo. TESIS para optar el Título de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Ciencias. Lima – Perú.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2435/T01-C517-T.pdf>

Dorado A., (2010). ¿Qué es la biodiversidad?. Edita Fundacion Biodiversidad. Libro amigo de los bosques Greenpeace.

www.fundacion-biodiversidad.es

<http://www.ecomilenio.es/wp-content/uploads/2010/10/que-es-la-biodiversidad-web.pdf>

Florinsky, I. V., y Kuryakova, G. A. (1996). Influence of topography on some vegetation cover properties. *CATENA*, 27(2), 123-141. doi:

[http://dx.doi.org/10.1016/0341-8162\(96\)00005-7](http://dx.doi.org/10.1016/0341-8162(96)00005-7)

Franco J., Cáceres C. y Sulca L. (2004). Flora y vegetación del departamento de Tacna. Revista CIENCIA & DESARROLLO N° 08. ISSN 2304-8891. Pág. 23 – 30. UNJBG – TACNA.

<http://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/CYD/article/view/147/130>

Gutiérrez F., I. y Canales G., Ángel. (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. Recuperado en 29 de julio de 2018, de

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162012000200001&lng=es&tlng=es.

He, Y. (2014). The effect of precipitation on vegetation cover over three landscape units in a protected semi-arid grassland: Temporal dynamics and suitable climatic index. *Journal of Arid Environments*, 109(0), 74-82. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.05.022>

Hernandez, H., Fernández, C., Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación. 5ta. Edición. McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V. ISBN: 978-607-15-0291-9. Impreso en México. https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%de%la%investigaci3n%5ta%Edici3n.pdf

Ingebritsen, Steven y A. Rojstaczer, S. (1993). Controls on Geyser Periodicity. *Science* (New York, N.Y.). 262. 889-92. 10.1126/science.262.5135.889. https://www.researchgate.net/publication/6083687_Controls_on_Geyser_Periodicity.

letto, F., Salvo, F., y Cantasano, N. (2014). The quality of life conditioning with reference to the local environmental management: A pattern in Bivona country (Calabria, Southern Italy). *Ocean & Coastal Management*, 102, Part A(0), 340-349. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.10.014>

Instituto Geológico y Minero de España, 2012. Panorama Minero 2014.

Disponible en

<http://www.igme.es/PanoramaMinero/Panorama%20minero%202014.pdf>

Kahn F., Millán B., Cano A., La Torre M. I., Baldeón S., Beltrán H., Trinidad H., Castillo S. y Machahua M. (2016). Contribución a la flora altoandina del distrito de Oyón, región Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 23(1), 67-72.

<https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v23i1.11836>

<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/index>

Kokaly, R. F., Despain, D. G., Clark, R. N., y Livo, K. E. (2003). Mapping vegetation in Yellowstone National Park using spectral feature analysis of AVIRIS data. *Remote Sensing of Environment*, 84(3), 437-456. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00133-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00133-5)

Mamani L, Y. J. (2015). Estado actual, Diversidad Florística de carga del Bofedal de Ancomarca del distrito de Palca, departamento de Tacna – Perú. Tesis para optar el Título Profesional de Biólogo – Microbiólogo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna. Escuela Académico Profesional de Biología – Microbiología.

URI: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1917>

Montesinos D. (2011). Diversidad florística de la cuenca alta del río Tambo-Ichuña (Moquegua, Perú). Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. Rev. Perú. Biol. 18(1): p. 119-132. ISSN 1561-0837. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v18i1.156>

Mostacedo B., Fredericksen, T. S. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia. <http://www.comunidadism.es/herramientas/manual-de-metodos-basicos-de-muestreo-y-analisis-en-ecologia-vegetal>

Orellana L. (2013). Caracterización de humedales altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país. Flora y vegetación. XV Región de Arica y Parinacota. Centro de información de Recursos Naturales. <http://sitha.ciren.cl/caracterizacion-de-humedales-altoandinos-para-una-gestion-sustentable-de-las-actividades-productivas-del-sector-norte-del-pais-flora-y-vegetacion-xv-region-de-arica-parinacota/>.

Ortiz N, N. (2016). Diversidad y Biomasa de Flora Silvestre en el Bofedal de la Moya – Ayaviri. Tesis para optar el Título profesional de licenciada en Biología. Universidad Nacional del Altiplano. Escuela Profesional de Biología. Puno – Perú. URI: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3564>

- Osmaston, H. A. (2006). Should Quaternary sea-level changes be used to correct glacier ELAs, vegetation belt altitudes and sea level temperatures for inferring climate changes? *Quaternary Research*, 65(2), 244-251. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.yqres.2005.11.004>
- Parelho, C., Rodrigues, A. S., Cruz, J. V., y Garcia, P. (2014). Linking trace metals and agricultural land use in volcanic soils — A multivariate approach. *Science of The Total Environment*, 496(0), 241-247. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.053>
- Pinuaga, J., 1992. Infraestructura Hidrotermal. [En línea]. Disponible en http://www.igme.es/actividadesIGME/lineas/HidroyCA/publica/libros5_AMyT/jor_aguas_mine/pdfjor_aguas_mine/3_infraestructura.pdf
- Plascencia, G. (2003). Espectrometría de masas. Instituto de Biotecnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Maestría en Ciencias Bioquímicas. http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/Spec_Masas.pdf
- Povilanskas, R., Razinkovas-Baziukas, A., y Jurkus, E. (2014). Integrated environmental management of transboundary transitional waters: Curonian Lagoon case study. *Ocean y Coastal Management*, 101, Part A(0), 14-23.

doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.04.030>

Ruiz-Jaén, M. C., y Aide, T. M. (2005). Vegetation structure, species diversity, and ecosystem processes as measures of restoration success. *Forest Ecology and Management*, 218(1–3), 159-173.

doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2005.07.008>

Solon, J. (1995). Anthropogenic disturbance and vegetation diversity in agricultural landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 31(1–3),

171-180. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0169-2046\(94\)01043-8](http://dx.doi.org/10.1016/0169-2046(94)01043-8)

Speziale, K. L., y Ezcurra, C. (2012). The role of outcrops in the diversity of Patagonian vegetation: Relicts of glacial palaeofloras? *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 207(2),

141-149. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2011.09.002>

Squeo F., Ibacache E., Warner B., Espinoza D., Aravena R. y Gutierrez J. (2006) Productividad y diversidad florística de la Vega Tambo, Cordillera de Doña Ana. Disponible en

<http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/120060>

Van der Meer, F., Hecker, C., Van Ruitenbeek, F., Van der Werff, H., de Wijkerslooth, C., y Wechsler, C. (2014). Geologic remote sensing for geothermal exploration: A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 33(0), 255-269.

doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2014.05.007>

Vargas, G. D., Jiménez, M. P., Villasante, B. F. (1990). Flora y vegetación altoandina de Tisco – Caylloma. (Arequipa). Zonas Áridas Nº 6. 61-94, revistas.lamolina.edu.pe

<http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rza/article/view/736>

<http://dx.doi.org/10.21704/za.v6i1.736>

Varrica, D., Tamburo, E., Dongarrà, G., y Sposito, F. (2014). Trace elements in scalp hair of children chronically exposed to volcanic activity (Mt. Etna, Italy). *Science of The Total Environment*, 470–471(0), 117-126.

doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.058>

Wang, Z.-Y., Wang, G., y Huang, G. (2008). Modeling of state of vegetation and soil erosion over large areas. *International Journal of Sediment Research*, 23(3), 181-196.

doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1001-6279\(08\)60018-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1001-6279(08)60018-9)

Zeballos H., Ochoa J. A., López E., editores. (2010). Diversidad biológica de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca, Arequipa - Moquegua, Edición: Primera, Capítulo: La Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca, una muestra representativa de la puna seca de América del Sur, Publisher: DESCO, PROFONANPE,

SERNANP, pp.17-29. Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca

Nacional del Perú N° 2009-14887. ISBN: 978-612-4043-09-3.

<http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v23n1/a09v23n1.pdf>

A N E X O S

ANEXO 01: INFORMACION DEL SENAMHI

Tabla 16:

Información del clima de la Provincia de Candarave, proporcionado por SENAMHI.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA			
DIRECCIÓN REGIONAL TACNA-MOQUEGUA			
ESTACIÓN: CO-CANDARAVE		LAT.: 17° 17' 26,2"	DPTO: TACNA
PARÁMETRO: TEM. MÁXIMA MEDIA (°C)		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	

PARÁMETRO: TEMP. MÍNIMA MENSUAL (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	6,7	7,3	7,3	6,0	3,5	0,1	-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	

PARÁMETRO: TEMP. MEDIA MENSUAL (°C)

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	

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA			
DIRECCIÓN REGIONAL TACNA-MOQUEGUA			
ESTACIÓN: CO-CANDARAVE		LAT.: 17° 17' 26,2"	DPTO: TACNA
		LONG: 70°16'2,18"	PROV. CANDARAVE
CÓDIGO: 110876		ALT.: 3415 msnm	DIST.: CANDARAVE

PARÁMETRO: HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)

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		

PARÁMETRO: PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm.)

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

PARÁMETRO: EVAP. TANQUE MEDIA (mm.)

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	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					

ANEXO 02: FOTOGRAFÍAS DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN



Figura 17: Zona de estudio micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave.

Fuente: Foto del autor



Figura 18: Colocando un transecto en una de las zonas de trabajo para el muestreo de la vegetacion en la micro cuenca de Calientes.

Fuente: Foto del autor



Figura 19: En la zona de estudio se nota la presencia de llamas y alpacas propiedad de los comuneros de la comunidad de Calientes de la provincia de Candarave.

Fuente: Foto del autor



Figura 20: La mayoría de las aguas termales (geiseres) están ubicados en la zona media de la micro cuenca de Calientes.

Fuente: Foto del autor.

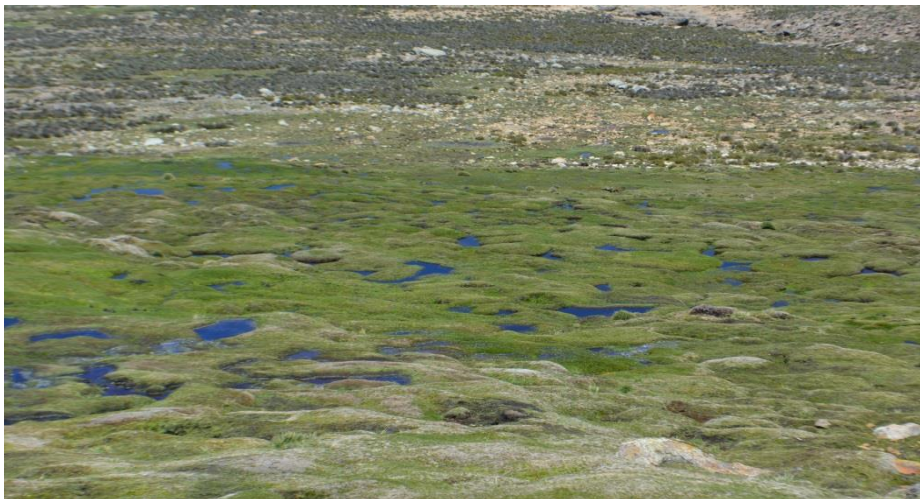


Figura 21: Zona de estudio de la micro cuencas de Calientes en la época húmeda.

Fuente: Foto del autor.



Figura 22: Zona de estudio de la micro cuencas de Calientes en la época seca.

Fuente: Foto del autor.



Figura 23: Ambientes construidos por la Municipalidad de Candarave con un propósito turísitco. Se encuentra abandonado.

Fuente: Foto del autor.



Figura 24: Especies de biodiversidad de la Flora Silvestre de la micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave de la región Tacna.

Fuente: Foto del autor

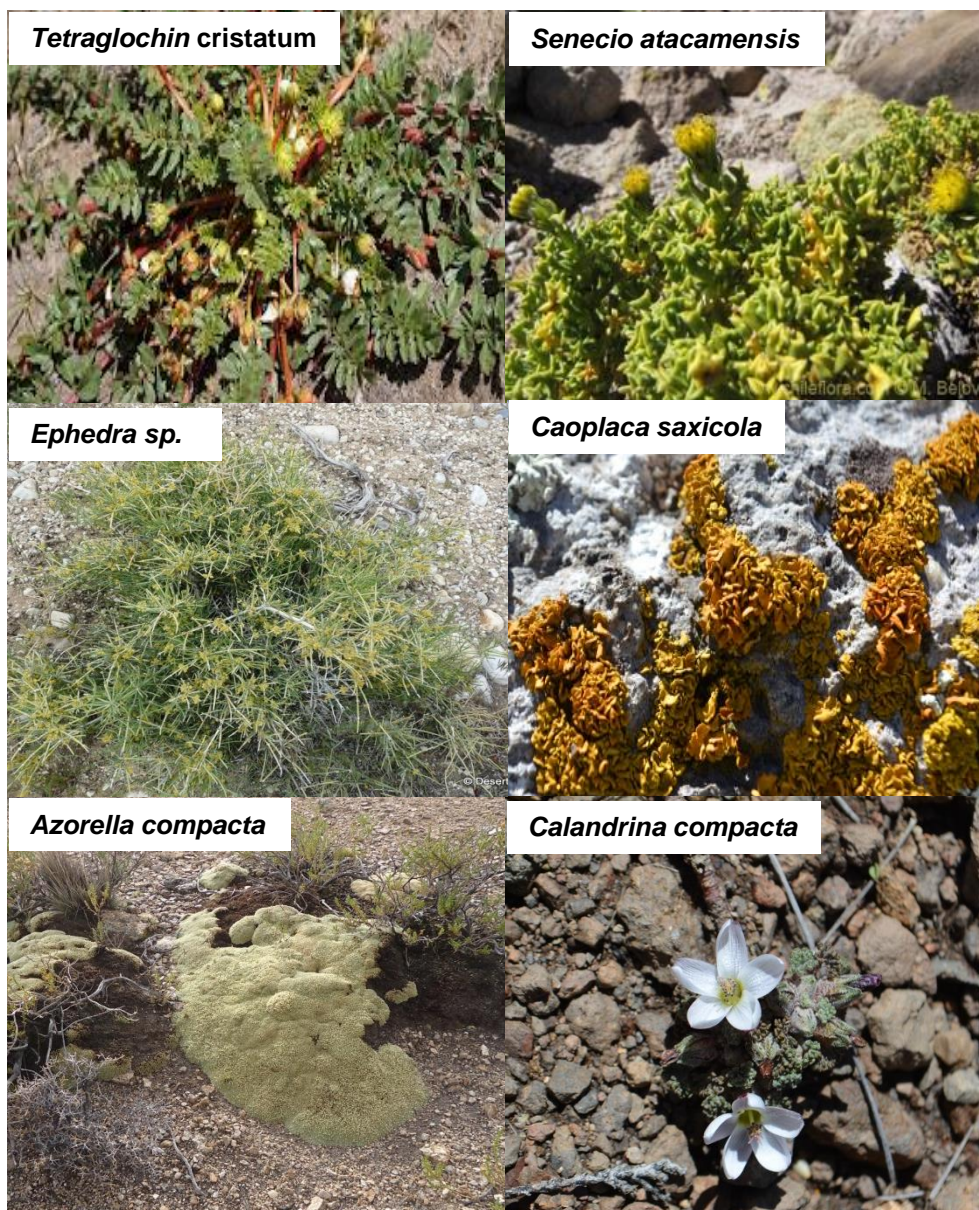


Figura 25: Otras especies de biodiversidad de la Flora Silvestre de la micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave de la región Tacna.

Fuente: Foto del autor.



Figura 26: Biodiversidad de la fauna de la micro cuenca de Calientes de la provincia de Candarave.

Fuentes: Fotos del autor



Figura 27: Uno de los geiser más visitados y que tiene la apariencia de un “Horno”, siempre emanando aguas termales y discurriendo al río Calientes que esta al pie de él.

Fuente: Foto del autor.



Figura 28: Géiser que se encuentra al pie del denominado “horno” en la figura anterior. Se visualiza el río Calientes.

Fuente: Foto del autor.



Figura 29: Volcán de Yucamani ubicado en la micro cuenca de Calientes, provincia de Candarave en la época húmeda.

Fuente: Foto del autor.