

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**CARACTERIZACION DEL USO DE PRADERAS DE PASTOREO Y
POTENCIALES HIDRICOS COMO ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO EN
TRES COMUNIDADES DE PATACAMAYA- LA PAZ**

Presentado por:

ROSMERY CONDORI APANQUI

La Paz – Bolivia

2017

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**CARACTERIZACION DEL USO DE PRADERAS DE PASTOREO Y
POTENCIALES HIDRICOS COMO ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO EN
TRES COMUNIDADES DE PATACAMAYA- LA PAZ**

Tesis de grado presentada como requisito

parcial para optar el Título de

Ingeniero Agrónomo

ROSMERY CONDORI APANQUI

Asesores:

Ing. Carlos Mena Herrera

Ing. Natalia Palacios Zuleta

Revisores:

Ph. D. Rene Chipana Riveros

Ph. D. David Cruz Choque

Ing. Simon Cocarico Yana

Aprobado

Presidente Tribunal Examinador

DEDICATORIA

A mi padre Dios por darme la vida, quien estuvo a mi lado cada momento de mi vida.

A mis padres Andrés Condori y Santusa Apanqui

A mi familia: esposo Beltran Blanco por su ayuda incondicional y su comprensión; mi hijo Oseias Aaron Blanco quien me dio fuerzas para lograr esta etapa de mi vida.

A mis hermanos quienes nunca dejaron de apoyarme.

AGRADECIMIENTO

A ti Dios mío gracias por cada minuto de vida que me das, por estar a mi lado en cada momento y en cada situación; aprendí de tu palabra que sin ti nada soy y nada puedo hacer, finalmente gracias por ayudarme a terminar el presente trabajo. “Todo lo puedo en Cristo que me fortalece” (Filipenses 4,13)

A toda mi familia; mi papá Andres Condori, mi mamá Santusa Apanqui, mi esposo Beltran Blanco, mis hermanos: Eraclio, Álvaro, Silvia y Ovidio quienes me apoyaron directamente a concluir esta importante meta de mi vida.

A la Universidad Mayor de San Andrés, que como casa de estudio me cobijo y me vió crecer en sus aulas brindándome conocimientos satisfactorios.

Al Doctor Emilio García, por brindarme comprensión, apoyo en el avance de mi investigación y tconclusion de este trabajo.

A mis asesores Ing. Carlos Mena e Ing. Natalia Palacios por su amistad, Comprensión, guía y apoyo incondicional.

A los miembros del tribunal revisor: Ph. D. Rene Chipana Riveros; Ph. D. David Cruz Choque e Ing. Simon Cocarico, por sus paciencias, por los invaluable aportes y sugerencias.

A los docentes de carrera, los cuales de una u otra manera me han preparado en este difícil camino.

A mis compañeros y amigos, por su amistad, ánimo y apoyo que siempre me brindaron en buenos y malos momentos.

A cada una de las personas que hicieron parte de esta investigación por su colaboración y tiempo.

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS	i
INDICE DE TABLAS	v
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	3
1.1.1. Objetivo general	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1. Características del altiplano boliviano	3
2.2. El Cambio Climático y la producción agropecuaria en el altiplano boliviano ...	4
2.2.2. Perdida agropecuaria por heladas y sequias	6
2.3 Tierras en descanso	7
2.3.1. Interés forrajero de las tierras en descanso	8
2.3.1.1. Evolución de la cobertura vegetal según el tiempo de descanso	8
2.3.2. Aprovechamiento de las tierras en descanso por el ganado	8
2.3.2.1. Uso por especie animal	8
2.3.3. Papel de las tierras en descanso en el sistema de alimentación del ganado	9
2.3.4. Praderas de pastoreo	9
2.3.4.1. Purumas (1-3 años de descanso)	10
2.3.4.2. Kallpares (4-7 años de descanso)	10
2.3.4.3. Barbechos (8-12 años de descanso).....	11
2.3.4.4. Praderas de descanso (> 12 años de descanso)	11
2.4. Tipos de pastizales naturales en la zona alto andina	12
2.4.1. Bofedales	12
2.4.2. Pajonal	13
2.4.3. Pajonal de Ichu.....	13

2.4.4. Chilliwär	13
2.4.5. Césped de puna	14
2.4.6. Tholar	14
2.5. Forrajes naturales resistentes a la sequía en la zona alto andina	15
2.5.1. Paja o ichhu (<i>Jarava sp.</i>).....	16
2.5.2. Pasto (<i>Nassella sp.</i>)	16
2.5.3. Reloj reloj o aguja aguja (<i>Erodium cicutarium</i>)	17
2.5.4. Thola	18
2.5.4.1. Suphu thola (<i>Parastrephia lepidophylla</i>).....	19
2.5.4.2. Ñak'a thola (<i>Baccharis incarum</i>).....	20
2.5.5. Chilliwä (<i>Festuca dolichophylla</i>)	20
2.6. Ganadería y su efecto en las praderas de pastoreo en el municipio de Patacamaya	21
2.7. Vulnerabilidad de la adaptación de plantas al cambio climático.....	22
2.8. Recursos hídricos.....	22
2.8.1. Importancia del recurso hídrico en la agricultura	23
2.8.2. Respuesta de las plantas al déficit hídrico	23
2.8.2.1. Mecanismos de resistencia	23
2.8.2.1.1. Resistencia a Sequía.....	24
2.8.2.2. Mecanismos de evitación	24
2.8.2.3. Mecanismos de tolerancia	25
2.8.2.4. Plasticidad	26
2.9. Potencial hídrico de la vegetación en las alturas.....	27
2.9.1. Balance hídrico para especies importantes o cultivos específicos	27
3. LOCALIZACION	29
3.1. Ubicación geográfica	29
3.2. Características Climáticas	30
3.2.1. Temperaturas	30
3.2.2. Precipitaciones	30
3.2.3. Riesgos climáticos.....	31

3.3. Suelo	31
3.4. Flora	32
3.4.1. Principales cultivos	33
4. MATERIALES Y MÉTODOS	35
4.1. Materiales	35
4.1.1. Material de campo	35
4.1.2. Material de laboratorio y gabinete	35
4.2. Metodología	35
4.2.1. Procedimiento Experimental	35
4.2.2. Muestreo de plantas	36
4.2.3. Determinación del peso de muestra	36
4.2.4. Determinación del potencial hídrico	37
4.3. Análisis estadístico	37
4.4. Croquis experimental	38
4.5. Variables de respuesta	38
4.5.1. Temperatura ambiente (05.30 a 07:30 am)	38
4.5.2. Temperatura externa de la planta	39
4.5.3. Temperatura rizosfera de la planta	39
4.5.4. Altura de planta (cm)	39
4.5.5. Diámetro de la copa (cm)	39
4.5.6. Potencial hídrico de la planta	39
5.1. Características eco fisiológicas de las especies durante los meses de estudio.	40
5.1.1. Características ambientales del municipio de Patacamaya en los meses Julio, Agosto, Septiembre del 2014	40
5.1.2. Respuesta fisiológica de las especies con las condiciones ambientales ...	41
5.1.2.1. Características fisiológicas del pasto (<i>Nassella</i> sp.) y su respuesta a la temperatura	41
5.1.2.2. Características fisiológicas de Ñak'a thola (<i>Baccharis incarum</i>) y su respuesta a la temperatura	43

5.1.2.3. Características fisiológicas de paja o ichhu (<i>Jarava sp.</i>) y su respuesta a la temperatura.....	45
5.1.2.4. Características fisiológicas de reloj reloj o aguja aguja (<i>Erodium cicutarium</i>) y su respuesta a la temperatura.....	46
5.1.2.5. Características fisiológicas de chilliwa (<i>Festuca dolichophylla</i>) y su respuesta a la temperatura.....	48
5.1.2.6. Características fisiológicas de Suphu thola (<i>Parastrephia lepidophylla</i>) y su respuesta a la temperatura.....	49
5.2. Características ecosistémicas de las comunidades de estudio.....	52
5.2.1. Chiaraque.....	52
5.2.1.1. Potencial hídrico de las principales especies resistentes a los efectos de la temperatura en las praderas de pastoreo	54
5.2.1.2. Potencial hídrico en las principales especies de las parcelas con descanso	56
5.2.1.3. Relación del potencial hídrico, diámetro de planta con el contenido gravimétrico de agua en el suelo.....	58
5.2.2. Villa Patarani	60
5.2.2.1. Potencial hídrico en las principales especies de las praderas de pastoreo de la comunidad de Villa Patarani	62
5.2.2.2. Potencial hídrico en las principales especies de las parcelas con descanso	64
5.2.2.3. Contenido hídrico en las principales especies en parcelas con diferentes años de descanso	65
5.2.3. Alto Patacamaya	67
5.2.3.1. Potencial hídrico en las principales especies de las praderas de pastoreo	69
5.2.3.2. Potencial hídrico en las principales especies de las parcelas con descanso	71
5.2.3.3. Contenido hídrico en las principales especies en parcelas con diferentes años de descanso	72
5.2.4. Potencial hídrico de las especies principales en las comunidades	73
5.3. Mecanismos de plasticidad en las especies de Patacamaya	75
5.3.1. Chiaraque.....	75

ANEXOS	92
--------------	----

INDICE DE TABLAS

TABLA: 1 Flora nativa de las comunidades: Chiaraque, Villa Patarani y Alto Patacamaya.	32
TABLA: 2 Especies características de Chiaraque del municipio de Patacamaya .	53
TABLA: 3 Especies resistentes a la época de invierno en la comunidad de Chiaraque del municipio de Patacamaya.	54
TABLA: 4 Especies predominantes de la comunidad de Villa Patarani.....	61
TABLA: 5 Especies resistentes a la época de invierno en la comunidad de Villa Patarani del municipio de Patacamaya.	62
TABLA: 6 Especies predominantes en la comunidad de Alto Patacamaya.....	68
TABLA: 7 Especies resistentes a la época de invierno en la comunidad Alto Patacamaya del municipio de Patacamaya.....	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de las comunidades en estudio. <i>Fuente: Elaboración propia</i>	29
Figura 2. Tendencias de temperatura en la estación experimental de Patacamaya. <i>Fuente: SENAMHI, de 1943 al 2011 (Estación meteorológica Patacamaya) PDM Patacamaya, (2012-2016).</i>	30
Figura 3. Tendencias de precipitación en la estación experimental de Patacamaya. <i>Fuente: SENAMHI, de 1943 al 2011 (Estación meteorológica Patacamaya) PDM Patacamaya, (2012-2016).</i>	31
Figura 4. Esquematización de áreas experimentales.....	38
Figura 5. Tendencia de la temperatura registrada de las horas 05:30 a 07:30 am en la estación meteorológica de Patacamaya, para las comunidades; en los meses julio, agosto y septiembre del 2014. Fuente: Elaboración en base a datos de la estación meteorológica de Patacamaya 2014.....	40
Figura 6. Respuesta del pasto (<i>Nassella</i> sp.) a la temperatura.....	42
Figura 7. Respuesta de Ñak'a thola (<i>Baccharis incarum</i>) a la temperatura de su entorno.	44

Figura 8. Respuesta de Paja o ichhu (<i>Jarava sp.</i>) a la temperatura de su entorno.	46
Figura 9. Respuesta de reloj reloj (<i>Erodium cicutarium</i>) a la temperatura.....	47
Figura 10. Respuesta de la chilliwa (<i>Festuca dolichophylla</i>) a la temperatura.	49
Figura 11. Respuesta de Suphu thola (<i>Parastrephia lepidophylla</i>) a la temperatura.	50
Figura 12. Localización geográfica de Chiaraque, <i>Fuente: Elaboración propia</i>	52
Figura 13. Potencial hídrico de especies principales en la comunidad de Chiaraque del municipio de Patacamaya.....	55
Figura 14. (a)Temperaturas de la rizosfera, interior copa, exterior y (b) altura y diámetro de la copa en la comunidad de Chiaraque del municipio de Patacamaya.	55
Figura 15. Potencial hídrico de especies principales en la comunidad de Chiaraque según los años de descanso de las parcelas.	56
Figura 16. Temperaturas de la rizosfera, interior copa, externa y (b) altura y diámetro de la copa en las parcelas con diferentes años de descanso en la comunidad de Chiaraque del municipio de Patacamaya.....	57
Figura 17. Contenido gravimétrico de agua en las parcelas con descanso con diferentes años de descanso de la comunidad de Chiaraque del municipio de Patacamaya.	58
Figura 18. Localización geográfica de la comunidad de Villa Patarani. <i>Fuente:</i> <i>Herve et al. (2006)</i>	60
Figura 19. Potencial hídrico de especies principales en la comunidad de Villa Patarani del municipio de Patacamaya.	63
Figura 20. (a)Temperaturas de la rizosfera, interior copa, exterior y (b) altura y diámetro de la copa en la comunidad de Villa Patarani del municipio de Patacamaya.	63
Figura 21. Potencial hídrico de especies principales en la comunidad de Villa Patarani según los años de descanso de las parcelas.....	64
Figura 22. Temperaturas de las rizosferas, interior copa,externa y (b) altura y diámetro de la copa en las parcelas con las diferentes años de descanso en la comunidad de Villa Patarani del municipio de Patacamaya.	65
Figura 23. Contenido gravimétrico de agua en las parcelas con descanso con diferentes años de descanso de la comunidad de Villa Patarani del municipio de Patacamaya.	66

Figura 24. Localización geográfica de la comunidad de Alto Patacamaya.....	67
Figura 25. Potencial hídrico de especies principales en la comunidad de Alto Patacamaya del municipio de Patacamaya.....	70
Figura 26. (a)Temperaturas de la rizosfera, interior copa, exterior y (b) altura y diámetro de la copa en la comunidad de Alto Patacamaya del municipio de Patacamaya.	70
Figura 27. Potencial hídrico de especies principales en la comunidad de Alto Patacamaya según los años de descanso de las parcelas.	71
Figura 28. Temperaturas de la rizosfera, interior copa, externa y (b) altura y diámetro de la copa en las parcelas con diferentes años de descanso en la comunidad de Alto Patacamaya del municipio de Patacamaya.	72
Figura 29. Contenido gravimétrico de agua en las parcelas con descanso con diferentes años de descanso de la comunidad de Alto Patacamaya del municipio de Patacamaya.	73
Figura 30. Potencial hídrico de especies principales en las comunidades estudiadas del municipio de Patacamaya.	74
Figura 31. Temperaturas de la rizosfera, interior copa, externa y (b) altura y diámetro de la copa en las parcelas de las comunidades del municipio de Patacamaya.	75
Figura. 32. (a) Relación entre el potencial hídrico en época de invierno con diámetro de copa invierno y verano (b) Relación entre el potencial hídrico en época de verano con diámetro de copa invierno y verano en la comunidad de Chiaraque del municipio de Patacamaya.	76
Figura. 33. (a) Relación entre el potencial hídrico en época de invierno con diámetro de copa invierno y verano (b) Relación entre el potencial hídrico en época de verano con diámetro de copa invierno y verano en la comunidad de Villa Patarani del municipio de Patacamaya.	77
Figura. 34. (a) Relación entre el potencial hídrico en época de invierno con diámetro de copa invierno y verano (b) Relación entre el potencial hídrico en época de verano con diámetro de copa invierno y verano en la comunidad de Alto Patacamaya del municipio de Patacamaya.....	78

RESUMEN

Se caracterizó el uso de praderas de pastoreo determinando cuatro tipos de parcelas en descanso (1 a 3D- kallpas, 4 a 7D- purumas, 8 a 12D- barbechos y pradera en descanso con mayor de 12 años) en las cuales se evaluó los potenciales hídricos de las plantas sobrevivientes en época de invierno como medida adaptación al cambio climático en tres comunidades de Patacamaya del altiplano central boliviano. En cada una de las parcelas de estudio se muestrearon especies de plantas en 30 diferentes lugares, así mismo se tomó las temperaturas de las mismas; interna, externa, rizosfera y sus longitudes. Los potenciales hídricos de las especies se tomaron desde las 05:30 am hasta la 07:30 am con la ayuda de la cámara Scholander. Los resultados obtenidos indicaron que de todas las especies encontradas en todas las parcelas fueron: pasto (*Nassella sp.*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), icchu (*Jarava sp.*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) y chilliwa (*Festuca dolichophylla*); asimismo entre sus potenciales fueron: en la comunidad de Chiaraque; *Nassella sp.* (-2,75 MPa en invierno y -1,50 MPa en verano), *Erodium cicutarium* (-2,52 MPa en invierno y -1,63 MPa en verano), *Jarava sp.* (-4,13 MPa en invierno y -2,18 MPa en verano), *Baccharis incarum* (-2,91 MPa en invierno y -1,13 MPa en verano), *Parastrephia lepidophylla* (-2,81 MPa en invierno y -1,79 MPa en verano) y *Festuca dolichophylla* (-3,51 MPa en invierno y -2,20 MPa en verano). Villa Patarani; *Nassella sp.* (-2,50 MPa en invierno y -1,91 MPa en verano), *Erodium cicutarium* (-2,26 MPa en invierno y -1,84 MPa en verano), *Jarava sp.* (-3,14 MPa en invierno y -1,87 MPa en verano), *Baccharis incarum* (-1,96 MPa en invierno y -1,58 MPa en verano), *Parastrephia lepidophylla* (-2,79 MPa en invierno y -1,82 MPa en verano) y *Festuca dolichophylla*. (-2,15 MPa en invierno y -1,52 MPa en verano) y Alto Patacamaya; *Nassella sp.* (-2,15 MPa en invierno y -1,93 MPa en verano), *Erodium cicutarium* (-2,19 MPa en invierno y -1,16 MPa en verano), *Jarava sp.* (-3,36 MPa en invierno y -2,09 MPa en verano) *Baccharis incarum* (-2,36 MPa en invierno y -1,82 MPa en verano), *Parastrephia lepidophylla* (-2,43 MPa en invierno y -1,77 MPa en verano) y *Festuca dolichophylla*. (-2,05 MPa en invierno y -1,77 MPa en verano); en función a estos datos los más sobre salientes

son los pertenecientes a las gramíneas que cuentan con potenciales muy altos (muy negativos) y así también son más grandes en longitud y la especie más pequeña es la reloj reloj (*Erodium cicutarium*). En respuesta a la tolerancia e evitación las 6 especies evitaron el estrés hídrico y así también mostraron su reacción ante la variación de los efectos del cambios de temperatura producidas por el cambio climático en los meses julio, agosto y septiembre; época donde las temperaturas bajan por debajo de cero.

ABSTRACT

The use of grazing pastures was characterized by four types of plots at rest (1 to 3D- kallpas, 4 to 7D-purumas, 8 to 12D-fallow and prairie at rest over 12 years) in which potentials were evaluated Of surviving plants in winter time as an adaptation measure to climate change in three Patacamaya communities of the central Bolivian highlands. In each of the study plots, plant species were sampled in 30 different places, as well as their temperatures; Internal, external, rhizosphere and their lengths. The water potentials of the species were taken from 05:30 am to 07:30 am with the help of the Scholander chamber. The results obtained indicate that of all species found in all plots were: grass (*Nassella* sp.), Clock clock (*Erodium cicutarium*), icchu (*Jarava* sp.), Ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu thola (*Parastrephia Lepidophylla*) and chilliwa (*Festuca dolichophylla*); Among its potential were: in the community of Chiaraque; *Nassella* sp. (-2.75 MPa in winter and -1.50 MPa in summer), *Erodium cicutarium* (-2.52 MPa in winter and -1.63 MPa in summer), *Jarava* sp. (-4.13 MPa in winter and -2.18 MPa in summer), *Baccharis incarum* (-2.91 MPa in winter and -1.13 MPa in summer), *Parastrephia lepidophylla* (-2.81 MPa in winter and - 1.79 MPa in summer) and *Festuca dolichophylla* (-3.51 MPa in winter and -2.20 MPa in summer). Villa Patarani; *Nassella* sp. (-2.50 MPa in winter and -1.91 MPa in summer), *Erodium cicutarium* (-2.26 MPa in winter and -1.84 MPa in summer), *Jarava* sp. (-3.14 MPa in winter and -1.87 MPa in summer), *Baccharis incarum* (-1.96 MPa in winter and -1.58 MPa in summer), *Parastrephia lepidophylla* (-2.79 MPa in winter and - 1.82 MPa in summer) and *Festuca dolichophylla* (-2.15 MPa in winter and -1.52 MPa in summer) and Alto Patacamaya; *Nassella* sp. (-2.15 MPa in winter and -1.93 MPa in summer), *Erodium cicutarium* (-2.19 MPa in winter and -1.16 MPa in summer), *Jarava* sp. (-3.36 MPa in winter and -2.09 MPa in summer), *Baccharis incarum* (-2.36 MPa in winter and -1.82 MPa in summer), *Parastrephia lepidophylla* (-2.43 MPa in winter and -1 , 77 MPa in summer) and *Festuca dolichophylla*. (-2.05 MPa in winter and -1.77 MPa in summer); (*Erodium cicutarium*) is the most prominent species, and the smallest species are the clover (*Erodium cicutarium*), which have very high potentials (very negative). In response to tolerance and avoidance, the 6

species avoided water stress and also showed their reaction to the variation of the effects of temperature changes caused by climate change in July, August and September; Season where temperatures drop below zero.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático en el mundo constituye la mayor amenaza para la seguridad alimentaria, superación de la pobreza y el desarrollo sostenible eficiente. La agricultura en la cual debe desarrollarse con sistemas de adaptación a cambios del clima, así para generar una oferta sostenible de productos frente a una demanda creciente de alimentos.

Los cambios globales hacen que la relación del clima con el medio ambiente sea más incierta a medida que el tiempo transcurre, también esta temática tiene un fuerte impacto en los recursos hídricos en muchas regiones del mundo, por consecuencia, cualquier cambio en la cantidad, intensidad o la distribución espacial y temporal tendrá un efecto sobre la disponibilidad física de agua en el ambiente. Además, mayores temperaturas conllevarán a un incremento de la evaporación de las capas de vegetación húmeda, los suelos expuestos al aire y las superficies de los cuerpos de agua, así como una mayor transpiración de la vegetación para ayudar la pérdida de muchos factores importantes es necesario la agricultura familiar (AF) ya que esta aporta a la adaptación al cambio climático a través de sus conocimientos para manejar sus riesgos, conservando la agro biodiversidad *in situ*, así como las técnicas de bajo consumo de insumos que aportan a la mitigación de los gases de efecto invernadero (GEI).

Las praderas de pastoreo, constituyen excelentes pastizales para la alimentación del ganado, exclusivamente en época seca en forma limitada para ovinos, vacunos y otras especies animales. En el altiplano central al igual que en otras regiones ecológicas alto andinas del país, se pueden observar vastas áreas, con un incremento de especies indeseables, desaparición de las deseables, diferentes grados de erosión y una disminución considerable de la producción primaria, generando ecosistemas frágiles que en muchos de los casos los niveles de degradación han llegado al límite biológico; con una repercusión negativa en los niveles productivos del ganado bajo pastoreo, debido a causas como la presencia

de severas condiciones climáticas (temperaturas extremas, fuerte radiación solar, precipitaciones pluviales erráticas, etc.) y un sobrepastoreo.

Y las consecuencias se reflejan en un proceso de degradación de la cobertura vegetal en las praderas de pastoreo, disminuyendo la capacidad productiva de forraje y la capacidad de proteger el suelo: el cual se vuelve más susceptible a la erosión y la escorrentía, a la extinción de especies agrostológicas nativas (palatables) y al reemplazo por especies no deseables.

El objetivo de esta investigación fue caracterizar las praderas de pastoreo y los potenciales hídrico de las especies resistentes a los efectos de las variaciones climáticas (sequia, heladas) producidas por el cambio climático, para determinar una manera de mejorar la producción forrajera para el ganado en época de estiaje, así mismo como adaptación al cambio climático que se vive hoy en día.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Caracterizar el uso de praderas de pastoreo y los potenciales hídricos de las plantas forrajeras en tres comunidades de Patacamaya.

1.1.2. Objetivos específicos

- Caracterizar eco fisiológicamente 6 especies forrajeras con respecto a su resistencia a la sequía.
- Determinar los potenciales hídricos de 6 especies forrajeras de las praderas de pastoreo.
- Analizar los mecanismos de evitación y tolerancia.
- Estudiar los mecanismos de plasticidad fenotípica en términos de crecimiento.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Características del altiplano boliviano

El altiplano boliviano tiene un clima frío, influenciado por la considerable altitud en la que se encuentra (>3800 m.s.n.m.), así como por el tipo de suelo y la escasa cobertura vegetal, que genera una mayor evapotranspiración, excepto las zonas que se encuentran cercanas al lago que tienen un clima frío húmedo (Paz y Gonzales, 2007). Por sus factores climáticos y geográficos recibe una mayor cantidad de rayos solares durante el día, por encontrarse al Norte del Trópico de Capricornio, la radiación solar alcanza a niveles muy altos durante el año, llegando a un promedio anual de 533 cal/cm²/día y que es fundamental en la agricultura para los procesos que intervienen en la fotosíntesis (Paz y Gonzales, 2007), asimismo el altiplano se caracteriza por sequías, heladas y granizadas frecuentes

en el transcurso del crecimiento de los cultivos, en los meses octubre a abril (Lhomme y Vacher, 2006).

Por otro lado los patrones de lluvia y la altitud de Los Andes han hecho que la agricultura en esta región siempre sea vulnerable a las heladas, granizos, sequías y a las inundaciones (Valdivia *et al.*, 2013).

2.2. El Cambio Climático y la producción agropecuaria en el altiplano boliviano

FAO (2007) indica que el cambio climático es un proceso natural que tiene lugar simultáneamente en varias escalas de tiempo – astronómico, geológico o decenal. Se refiere a la variación en el tiempo del clima mundial de la tierra o de los climas regionales y puede ser causado tanto por fuerzas naturales como por las actividades humanas; asimismo (IPCC, 1997) dentro del contexto hace referencia que la mayor parte del aumento observado del promedio de las temperaturas mundiales desde mediados del siglo XX, el fenómeno que se conoce como *recalentamiento mundial*, muy probablemente es causado por la actividad humana, principalmente por la combustión de los combustibles fósiles y la deforestación que han aumentado la cantidad de gas de efecto invernadero en la atmósfera. El recalentamiento a su vez produce notables cambios en las condiciones climáticas.

Asimismo Claverias (2001) asume que el Cambio Climático es un problema fundamental para el desarrollo de la producción agropecuaria en Los Andes, como las heladas, sequías, granizadas, inundaciones y vientos intensos, los cuales afectan negativamente la: producción agrícola, producción ganadera, población rural y a la población urbana, quienes dependen de estos factores para su bienestar, por otro lado (Valdivia *et al.*, 2013) menciona que estos efectos ocasionados por el cambio climático no se efectúan en ciclos regulares, por el contrario son extremadamente irregulares, por lo tanto, con las proyecciones realizadas para 2070 – 99 A2, donde indican que el periodo de lluvias en septiembre a noviembre, será más incierto y más seco; sin embargo, las lluvias

serán más intensas que en la actualidad, aunque en períodos de corta duración. Todo esto apunta a un periodo agrícola de más corta duración, con mayores temperaturas promedio menor humedad en el suelo durante el período de crecimiento, además mayor incertidumbre. Esto debido a los cambios que se prevén en la distribución de la precipitación, temperaturas y eventos extremos.

Los eventos extremos de sequías o inundaciones no necesariamente están influenciadas por el cambio climático, es decir por el confirmado aumento del promedio de temperatura a nivel mundial. Los principales factores que influyen en la cantidad de lluvia y su distribución, y resultan en sequías o inundaciones, se deben a ciclos naturales del clima, especialmente los fenómenos de El Niño y La Niña. Ambos son ocasionados por desplazamientos de una masa gigantesca de agua caliente ubicada en medio del océano Pacífico, al nivel del Ecuador (Pérez *et al.*, 2010).

Por tanto en el altiplano boliviano debido a las condiciones climáticas extremas (sequia, heladas, etc.) la agricultura a secano es muy riesgosa y por lo tanto los agricultores utilizan como estrategia para sobrevivir la crianza de un mayor número de animales por unidad de superficie que la capacidad de carga pueda soportar (Orsag 2010).

Asimismo *“Los agricultores, manifestaron que la helada, sequía y granizo se presentan con mayor frecuencia y afectan en la producción agropecuaria. Muchas de las prácticas y conocimientos ancestrales dejaron de ser practicadas, sin embargo como la construcción de “vigiñas” (reservorios de agua), zanjas de infiltración, la quema de arbustos para disminuir la intensidad de las heladas siguen siendo realizadas”* (IICA 2013).

CONDESAN- SGCAN (2012) asume que las altas temperaturas producidas por el cambio climático conllevan a un incremento de la evaporación de las capas de vegetación húmeda, los suelos expuestos al aire y las superficies de los cuerpos agua, así como una mayor transpiración de la vegetación. Eso afectará otros componentes del ciclo hídrico como la humedad del suelo, escorrentía, infiltración,

entre otros. Además, esos cambios también modificarán el contenido de vapor de agua atmosférico, lo cual puede retroalimentar a los cambios en los patrones de precipitación a gran escala y en la frecuencia de eventos extremos.

2.2.2. Perdida agropecuaria por heladas y sequias

La Comunidad Andina (2009) describe la helada como fenómeno atmosférico que se presenta cuando la temperatura del aire en cercanías del suelo, de 1,5 a 2 metros, desciende por debajo de cero grados, la cual se conoce como fenómeno de la helada meteorológica. Sin embargo de manera más amplia, el término helada también se utiliza en el sentido agrológico para designar los efectos que el descenso de la temperatura puede generar sobre los cultivos según la fase vegetativa en que se encuentren.

Por otro lado Caraballo (2006) indica que la sequía en términos genéricos puede definirse como una deficiencia de agua que depende de dos factores: las variaciones en el descenso del potencial hídrico en el ambiente y de las variaciones en el tiempo o duración de estos descensos, asimismo asume que esta es una deficiencia ambiental de agua, ya sea en el suelo y/o en la atmósfera y que puede someter a una tensión o esfuerzo a las plantas sobre las cuales incide, por lo mismo que la productividad de la planta es ineficiente.

Las heladas son una seria amenaza para los campesinos y productores agrícolas y ganaderos en todos los países de la Comunidad Andina, ya que se pueden perder las cosechas de cultivos básicos (papa, maíz, quinua) y reducirse en gran medida el rendimiento de ganadería bovina, ovina, de llamas, alpacas y vicuñas. Los daños en las cosechas no sólo implican pérdidas económicas; la hambruna consecuente a heladas puede asolar las poblaciones que dependen de los cultivos para su seguridad alimentaria (Comunidad Andina, 2009).

FCAP/UTO (2014) indica que el desastre agrícola debido a las heladas está correlacionado con las sequías, fuertes vientos y alta irradiación. Por otro lado, el cambio brusco de temperatura se da al amanecer, que por lo mismo la estrategia campesina para combatir este fenómeno es no hacerle frente, sino más bien

eludirlo con prácticas de cultivos dispersos en ubicación y en el tiempo, para disponer siempre una cosecha aceptable.

Asimismo un mecanismo para reducir el impacto de la variabilidad climática es la diversificación (CIDES – UMSA, 2013).

En Los Andes, las comunidades rurales son especialmente sensibles a los cambios del clima, los cuales han dado lugar a la reducción de la seguridad alimentaria, en el año 2006 las heladas ocasionaron pérdidas en todos los agro ecosistemas, a excepción de la parte alta del Altiplano central. Pocos registraron mermas por la sequía, de ahí que el promedio del índice de temor sea bajo en todas las zonas (Valdivia *et al.*, 2010).

2.3 Tierras en descanso

El descanso de tierra es una práctica que se realiza en una superficie expuesta a la producción. En el altiplano se realiza esta práctica con el objetivo de recuperación de la fertilidad de los suelos, sin embargo estas áreas son utilizadas para el pastoreo y para la extracción de leña. Durante el periodo de descanso, la sucesión secundaria genera cambios en la estructura y composición de la vegetación, a medida que distintas especies colonizan el área puesta en descanso o terrenos abandonados y van cambiando su abundancia (Ortuño *et al.*, 2006).

Asimismo Angulo (1993) establece que el tiempo de descanso depende de la provisión de tierras de cada comunidad con relación a su población humana y probablemente también a sus rebaños. Muchas comunidades en el altiplano solían mantener periodos de descanso de 8 a 10 años o más, ahora permiten que la tierra descanse entre 4 a 6 años. A medida que los periodos de descanso se acortan, la duración de las rotaciones de cultivo subsiguiente también se reduce.

Las tierras en descanso forman parte de un conjunto de recursos forrajeros de los cuales dispone el campesino tradicional de la zona agropastoril andina para la alimentación de su ganado. Sin embargo, éstas presentan limitantes en el espacio, el tiempo y en la disponibilidad cualitativa y cuantitativa de forrajes. Estas

limitantes están integradas por el campesino para manejar su sistema forrajero en función de sus objetivos y oportunidades. (Genin y Fernández 1994).

2.3.1. Interés forrajero de las tierras en descanso

2.3.1.1. Evolución de la cobertura vegetal según el tiempo de descanso

Genin y Fernández (1994) indican que las tierras en descanso presentan diversos grados de cobertura vegetal, se observa un incremento sostenido de la cobertura vegetal durante los 10 primeros años; posteriormente se estabiliza entre 25 y 30%. En período húmedo, la cobertura vegetal se encuentra entre 20 y 35%, sin que haya un patrón muy definido en relación con la edad del descanso. Existe un fuerte desarrollo de la vegetación el primer año de reposo. Las diferencias de cobertura vegetal entre el período seco y el húmedo son mucho más marcadas durante los cinco primeros años de descanso, en relación con la evolución de la composición florística de la pradera.

2.3.2. Aprovechamiento de las tierras en descanso por el ganado

2.3.2.1. Uso por especie animal

La mayoría de las familias practican el pastoreo de vacunos y ovinos principalmente en los meses de diciembre - febrero. Pero una mayoría (55%) pastorea en enero, porque en este período se produce un aumento de la vegetación herbácea consumible. De manera general, los campos en descanso representan un recurso forrajero secundario en la alimentación del ganado bovino (Genin y Fernández 1994).

Genin y Fernández (1994) mencionan que los ovinos se pastorean en las tierras durante todo el año, con mayor frecuencia en el período de lluvias, en período seco la mayoría de familias declaran utilizar los campos agrícolas en descanso para el pastoreo de su rebaño ovino. Se menciona también que en período seco, por presentar poca biomasa disponible, las tierras en descanso inferior a 5 años son muy poco utilizadas por el ganado.

2.3.3. Papel de las tierras en descanso en el sistema de alimentación del ganado

Para Genin y Fernández (1994) es muy importante tener en claro las funciones que tienen las tierras en descanso dentro del sistema de alimentación de los animales las cuales son utilizadas esencialmente en época húmeda (diciembre-mayo), en la cual proveen más del 65% de la dieta de ovinos. Durante este período, el pastoreo provee el 100% de la dieta.

Así también los sistemas de cultivo con descanso largo (más de un año) pastoreado, integran estrechamente en las mismas parcelas, un uso agrícola y un uso pecuario. En el caso del descanso, estos recursos naturales serían a la vez el suelo, como soporte físico y las producciones vegetales que puede sustentar: cultivos, pastos, arbustos extraídos para leña, plantas recolectadas para varios usos, alimenticios y medicinales (Herve *et al.* 1994).

2.3.4. Praderas de pastoreo

FCAP/ UTO (2014) define praderas de pastoreo o sitio de pastoreo como un complejo de especies vegetales dependientes de las variaciones del potencial de la vegetación clímax, de los suelos, la topografía y otros factores medio ambientales. Las especies de plantas generalmente varían debido a la variación de la flora y a las diferencias del material parental que forman los suelos, estos factores son conducentes a diferencias florísticas y estructurales en la vegetación, aún dentro de una misma zona o región climática.

Según Orsag (2009) en el altiplano boliviano existen menor cantidad de suelos en descanso las cuales son utilizados para el pastoreo de ganado, en los últimos años el aumento de los habitantes está provocando la parcelación excesiva de la tierra y una mayor presión, que se ven obligados a ejercer los agricultores, sobre sus reducidas parcelas de pastoreo y de cultivos.

Haciendo un análisis más fino por especie, se ha podido identificar tendencias sucesionales definidas lo cual proporciona información valiosa sobre la amplitud ecológica de cada una de ellas durante el tiempo de descanso:

2.3.4.1. Purumas (1-3 años de descanso)

Son superficies de suelos removidos en terrones destinados a un periodo de descanso menor a 3 años; con el objetivo de exponer al sol, los patógenos que se hayan generado durante los últimos cultivos, asimismo para recuperar su fertilidad. En todo el lapso de descanso que se le da a la superficie de terreno, los agricultores usan como estrategia para la alimentación de sus ganados en las épocas de estiaje.

De acuerdo con Couteaux *et al.* (2006) durante el primer año, la especie dominante es una gramínea anual *Chondrosium simplex* que es rápidamente seguida por herbáceas dicotiledóneas, como las malezas *Erodium cicutarium* (Geraniaceae), *Tarasa tenella* (Malvaceae) y la nativa perenne, *Oxalis bisfracta* (Oxalidaceae). Después aparecen la leguminosa *Lupinus otto-buchtienii* y otras herbáceas dicotiledóneas, como las compuestas *Schkuhria multiflora*, *Erigeron lanceolatus*, algunos arbustos perennes de “tola” (*Baccharis incarum* y *Parastrephia lepidophylla*) y gramíneas perennes en matas densas de *Stipa ichu*, *Festuca dolichophylla* y matas abiertas de gramíneas de varias especies de *Nassella*.

2.3.4.2. Kallpares (4-7 años de descanso)

Son suelos que están en proceso de recuperación de fertilidad durante unos años, después de la cosecha del tubérculo de la papa, donde predominan generalmente especies herbáceas y también aparecen en este periodo especies como es la ñak'a thola (*Baccharis incarum*), supho thola (*Parastrephia lepidophylla*), paja o icchu (*Jarava sp.*) y otros. Las cuales los campesinos del alto andino utilizan para el pastoreo de ganado así también se la conoce como la fuente de alimentación de los ganados en tiempos de estiaje (Chiaraque, julio 2014).

Según Ortuño *et al.* (2006) las especies *Erodium cicutarium* y *Bromus catharticus* son casi exclusivas de edades recientes de descanso (3-5 años).

2.3.4.3. Barbechos (8-12 años de descanso)

Según Camero (1995) el barbecho es una práctica que consiste en abandonar áreas productivas por periodos de tiempo largo, con el fin de restaurar la capacidad productiva de estos suelos, restableciendo los nutrientes por medio de vegetación secundaria espontanea o la introducción de especies mejoradas al suelo.

Regalsky y Hosse (2009) menciona que en el altiplano boliviano los años de cultivo y de descanso dependen de la fertilidad del suelo, de la distancia entre comunidad y terreno, y del tiempo, hay comunidades que disponen de suficiente terreno como para dejar zonas en descanso por hasta 50 años, mientras en otras comunidades apenas se pueden dejar las aynuqas en descanso hasta un máximo de 5 a 9 años. Por otro lado Benzing (2001) aclara que el pastoreo en los terrenos en descanso constituye la principal fuente de alimento para el ganado durante el periodo de lluvia. Al mismo tiempo, el porcentaje de arbustos y gramíneas “toscas”, es decir de baja digestibilidad aumenta lo que significa que el papel del descanso como fuente de forraje es también muy limitado. En este caso, la producción de leña se convierte en el principal propósito de descanso.

2.3.4.4. Praderas de descanso (> 12 años de descanso)

Para Beck (2009) los campos en descanso se utilizan para el pastoreo, plantas anuales y oportunistas toman un rol dominante en los primeros años y algunos permanecen durante la sucesión por más de 10 años como las Asteráceas, la pequeña hierba anual de origen europeo, naturalizada, *Erodium cicutarium* (reloj reloj) se diferencia por su mayor contenido de nitrógeno y por su descomposición más rápida.

2.4. Tipos de pastizales naturales en la zona alto andina

2.4.1. Bofedales

Llamados también oqhonaes; pastizales de alto valor energético, se establecen en suelos hidromorfos (retienen abundante agua), y poco drenados. Se caracterizan por ubicarse en terrenos planos y con alta humedad, encontrándose a lo largo de riachuelos lentos, al borde de los lagos y manantiales. Su composición de pastos varía según la altitud, cantidad, calidad y permanencia de agua. Las especies que predominan en los bofedales son: el sillu sillu, el libro libro, la tajlla, la sora, el ojho pilli, entre otras. El bofedal es el tipo de pastizal con la más alta producción de forraje y alimento principal de los camélidos andinos, la producción y crecimiento de forraje es continuo durante todo el año, tiene una elevada capacidad de carga animal (pastoreo), entre 8 a 12 U.O. ha/año (Vega y Torres 2013).

Según Mayta (2009) la composición vegetal puede variar entre aquellas en que la especie dominante es la *Distichia muscoides* (Kunkuna) en áreas muy reducidas; o las vegetaciones de zonas húmedas más extendidas en donde la especie dominante es *Liliaeopsis andina*, una umbelífera que adopta un porte erecto cuando se encuentra sumergida en aguas estancadas y que se mantiene postrada cuando está fuera de ellas. *Lucilia tunariensis* es una especie codominante de esta asociación. Además se mencionan otras especies como: *Isoetes lechleri* conocida como qhanqawi la que se encuentra en los bofedales sobre los 4,000 msnm. *Gentiana peruviana* (Unu jallu o hunu jallaju), y las conocidas *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostis sp.* y *Scirpus sp.*

La existencia de los bofedales es importante para el desarrollo de las praderas y la consecuente producción pecuaria, pero no se debe dejar de indicar que contribuye en la protección del suelo, retención del agua, protección a la fauna silvestre, mejora las condiciones físicas y químicas del suelo, así mismo contribuye a la protección del medio ambiente (Medina 2003).

2.4.2. Pajonal

Son densas agrupaciones de matas de pajas (gramíneas) que en muchos casos presentan hojas duras y punzantes. Estas pajas principalmente son de tallo alto; las especies que predominan son las chilliguas, el ichu, el iru ichu o paja brava, entre otras (Vega y Torres 2013).

2.4.3. Pajonal de Ichu

Se caracteriza por la presencia de *Stipa ichu*, gramínea de tallo alto con hojas duras con bajo valor forrajero, que invade rápidamente las áreas de pastoreo, es consumida por los animales preferentemente en estado tierno, y en épocas de crisis de forrajes la consumen en cualquier estado. Dentro de este tipo de pastizal generalmente se encuentran las plantas. En este tipo de praderas degradadas son frecuentes los arbustos de canlli y garbancillo (Vega y Torres 2013).

2.4.4. Chilliwar

Praderas con buen potencial forrajero, ubicadas en tierras de escasa pendiente, pH neutro y suelos francos a francos arcillosos. La agrupación vegetal es dominada por la gramínea *Festuca dolichophylla*. Otras especies presentes en esta comunidad son el Chilliwa, el Sillo Sillo y el Layo (Vega y Torres 2013).

Por otro lado Mayta (2009) indica que es una pradera con pastizales generalmente de zonas planas con suelos profundos y con predominancia de *Festuca dolichophylla* (chilliwa o chilligua) denominándose a estos campos “chilliguas” en los cuales se asocia bien con *Muhlenbergia fastigiata* (grama o chiji) y otras especies menores como *Hypochaeris taraxacoides* (pilli). La presencia de gramíneas altas como la chilliwa crea un área apropiada para el desarrollo de un trébol nativo que prospera en las planicies como el *Trifolium amabile* (layo) de flores carmesí. Acompañan a estas especies, otras secundarias como: *Carex equadorica* (Qoran qoran) y la rosácea *Alchemilla pinnata* (Sillu sillu), estas dos especies son muy palatables y apetecibles por el ganado ovino.

2.4.5. Césped de puna

Tipo de vegetación que está dominado por especies vegetales de porte almohadillado, arrosetado y con pajas de porte bajo (gramíneas). Su composición característica está dada por la agrupación entre hierbas y pajas de porte bajo; entre ellas se encuentra el Pesque Pesque, la Yareta, el Koran Koran, la Thurpa, el Chiji pasto, el Llapa pasto, Ñapa pasto, entre otras (Vega y Torres 2013).

Asimismo Mayta (2009) indica que es probablemente la más variable determinándose hasta 40 especies por localidad, entre los pastos más frecuentes se pueden mencionar el *Scirpus rigidus* (totorilla), *Alchemilla erodiifolia* (ok'e ok'e), así como las gramíneas altas *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostis vicunarum* y *Nasella pubiflora* (pasto plumilla).

2.4.6. Tholar

Vegetación con predominancia arbustiva, su característica principal es que contiene resinas, que las protegen del pastoreo excesivo. Asociados a estos arbustos normalmente se encuentran pastos de crecimiento bajo que sirven de alimento a los animales; la presencia del arbusto tola es un indicador de terreno pobre y seco (Vega y Torres 2013). Mayta (2009) menciona que se trata de una zona adaptada para la crianza de llamas, aunque en algunos casos se crían ovinos, los cuales ingieren ramas tiernas de tola, impregnando mal sabor a la carne.

Según Alzerreca *et al.* (2002) los tholares se encuentran en gran parte del Altiplano de Bolivia. Son fitoasociaciones con dominancia de arbustos resinosos; los más comunes son los tholares de suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) y ñak'a thola (*Baccharis incarum*). Sin embargo, también se denominan tholares a arbustales dominados por especies como *Parastrephia lucida*, *Baccharis boliviensis*, *Fabiana densa*, *Psila boliviensis*, etc., especies que tienen en común la presencia de resinas y su uso como combustible ó leña.

2.5. Forrajes naturales resistentes a la sequia en la zona alto andina

El forraje como parte de la agricultura es de vital importancia, no sólo porque constituye la principal fuente de alimento del ganado, sino porque permite conservar el suelo y mantiene el balance de los componentes del ecosistema nativo. Sin embargo actualmente existen evidencias de la desaparición de especies forrajeras deseables, presumiblemente debido a factores climáticos adversos, prácticas agrícolas inadecuadas y ganaderas como el sobre pastoreo (PNUD 2001).

Según Calle (2006) el forraje natural es la fuente más importante para la alimentación del ganado principalmente para llamas, ovinos, asno ocupando el 98 % del total de forraje disponible, mientras que el ganado vacuno consume 60 % del forraje natural asimismo los pastos naturales son más apetecidos en época húmeda sin embargo por la condición del clima frígido, el animal se ve obligado a consumir el forraje seco existente para su sobre vivencia y reproducción de los mismos en época seca.

La mayoría de las plantas nativas de las praderas se caracterizan por ser altamente resistentes a las sequías y por su adaptación a condiciones climáticas xerofitas, mediante el proceso de selección natural. Las plantas xerofitas deben poseer las siguientes adaptaciones: La habilidad de sobrevivir, crecer, florecer, fructificar y reproducir bajo condiciones de provisión limitada de agua; Producir poco follaje; Sacrificar la producción de forraje mediante la cesación de la fotosíntesis por cierre de estomas como un mecanismo de preservación de agua y Superar en producción a plantas mesofíticas bajo condiciones de limitación de agua (FCAP / UTO 2014).

Según Herve y Rios (1992) el manejo de estos recursos forrajeros depende del agricultor, incluyendo a las praderas nativas apropiadas individualmente. Realizar un diagnostico de este manejo obliga a evaluar la producción forrajera en parcelas del agricultor tomar en cuenta sus prácticas de cultivo.

2.5.1. Paja o ichhu (*Jarava sp.*)

Según Valdés y Barkworth (2002), es una planta perenne, cespitosa. Hojas generalmente basales; vainas abiertas; lígula truncada, escasamente ciliada, dorsalmente pubescente; aurículas ausentes; láminas con volutas o involutas, rectas. Inflorescencia una panícula usualmente contraída; espiguillas solitarias, pediceladas; glumas desiguales, más largas que el flósculo; callo menor o igualando el diámetro del flósculo; lema escabrosa o escasamente pubescente sobre la porción inferior, la porción distal estrecha, usualmente presentando en el ápice pelos divergentes de 2-5 mm de longitud; arista terminal, persistente o caduca, escabrosa, una o dos veces geniculada; pálea más corta que la lema, glabra, con algunos pelos, o pubescencia entre las nervaduras; lodículas 2-3, cuando presente la tercera reducida; anteras 3, Cariopsis fusiforme.

Según Mayta (2009), es una planta distribuida en diferentes pisos térmicos desde los 3,500 m hasta los 4,000 m cubriendo planicies y laderas, en áreas de suelos delgados con pH ácido.

2.5.2. Pasto (*Nassella sp.*)

Valdes y Barkworth (2002) son plantas perennes, cespitosas, los culmos ramificados o sin ramificar, erectos o geniculados en la base; vainas abiertas. Hojas con láminas involutas o planas. Inflorescencia una panícula abierta o contraída; glumas a menudo marcadamente antociánicas, 2-3 nervadas, lanceoladas, acuminadas, frecuentemente de color púrpura cerca de la base; flosculo obovado, giboso o carente de giba, fusiforme, algo comprimido lateralmente, la pubescencia del callo usualmente de color dorado en la madurez; lemas cilíndricas, angulosas o lateralmente comprimidas, con frecuencia marcadamente tuberculadas, particularmente arriba de la base, el margen de la lema marcadamente superpuesto en la madurez, encerrando completamente la pálea y cariopsis, el ápice de la lema fusionado en una porción sólida, formando la corona, justo debajo de la arista, ésta a menudo de color más pálido y más lisa que el resto de la lema, la corona usualmente ciliada, los cilios gruesos, algunas

veces fusionados formando una pared alrededor de la base de la arista, la arista terminal, caediza o persistente, dos veces geniculada; pálea hasta un tercio la longitud de la lema, translúcida, endurecida, glabra; lodículas 2; anteras a menudo de dos tamaños diferentes, incluso en el mismo flósculo, a veces con muchos cilios apicales; epiblasto tan largo como el coleoptilo.

La *Nassella* sp. corresponde a un pasto nativo o naturalizado, con una población de distribución limitada a áreas circundantes a la ciudad de Viacha, que presenta interesantes características de rusticidad ya que observaciones realizadas en el centro Experimental de Quipaquipani dependiente de PROINPA indica que es una especie altamente palatable principalmente para ganado camélido y ovino (Bonifacio 2010 citado por Paredes, 2012)

Asimismo es el mismo autor indica que *Nassella* sp. es una especie tolerante a la helada, ya que por evaluaciones previas en parcelas de multiplicación se pudo observar que la especie tolera heladas de hasta 10 °C bajo cero, presentando valores de severidad por daño de heladas bastante bajos. Es importante mencionar que también es tolerante a la sequía, presenta gran persistencia durante la época seca en el altiplano central, esta especie presenta modificaciones morfológicas características de las plantas adaptadas a climas áridos, por otro lado posee raíces profundas. Durante la época seca se ha identificado el enrollamiento de sus hojas (hojas involutas).

2.5.3. Reloj reloj o aguja aguja (*Erodium cicutarium*)

PNUD (2003) describe como una hierba bianual perteneciente a la familia de las geraniáceas alcanza hasta los 20 cm de altura. Toda la planta es pubescente, la raíz central o principal es delgada, las hojas son bipinadas, presenta flores rosadas a purpúreas, el fruto termina en forma de un aguijón, del que salen semillas con arista espiral y con pelos largos en su madurez. Se encuentra en el altiplano, en zonas alto andinas con presencia del tholar, crece en lugares predominantemente fértiles y algo abrigados, en parcelas cultivadas y en descanso que florece de diciembre a junio, se propaga por semilla.

Asimismo PNUD (2001) y (2003) establecen que es un forraje de excelente calidad y puede utilizarse al pastoreo o al corte para suministrar en verde al ganado bovino y ovino al inicio de la floración. Considerada planta tóxica cuando es consumida en exceso y soleado. La planta habita en suelos agrícolas de textura pesada, mediana y algo ligera, tanto en pampas y laderas de la zona andina especialmente en la ribera de los ríos y lago Titicaca y según (Barboza 2005) también es común en terrenos vírgenes, en suelos modificados y en campos de cultivo y es predominante desde 1200 a 3700 msnm de altitud.

2.5.4. Thola

Alzerreca *et al.* (2002) indican que la palabra thola quiere decir leña, la palabra es asociada a plantas en este caso arbustos que dan leña como la Suphu thola, Ñak'a thola, Tarathola entre otros, sin embargo no todos los arbustos son conocidos como -tola, así por ejemplo la Kailla o Añahuaya que dan leña. Dentro de las tolas una de las más conocidas es la Suphu thola cuyo uso es para combustible.

Beck (2009) establece que las especies *Baccharis incarum* y *Parastrephia lepidophylla* cuentan con un sistema radicular muy profundo (más de 3 m) y una capacidad de micorrización en plantas juveniles. La descomposición de tallos y hojas es alta y más rápida que de las gramíneas, puede servir como abono verde y como forraje rico en proteínas después de extraer los aceites esenciales.

Su función como forrajera según Alzerreca *et al.* (2007) es indirecta pero tan importante como de cualquiera de las otras forrajeras que participan en la asociación del tholar, al proporcionar sostén y protección a las de las otras plantas forrajeras del tolar. Los estudios realizados en el medio creado y protegido por la tola en el Altiplano, muestran que sin la tola no habría un habitat apropiado para el crecimiento de otras plantas. La tola contribuye en la formación del suelo, evita el deterioro y desertificación, caracteriza la napa freática existente en el tolar, tiene capacidad de albergar y proteger otras especies forrajeras.

2.5.4.1. Suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*)

PNUD (2003), describe morfológicamente como arbusto, resinoso, lignificado, erecto, ramoso; con una altura de 0.5 – 2.0 m de altura, con un cobertura aérea (Cobertura Foliar) promedio de 1971cm² y un área basal promedio: 106.4 cm². Tiene una raíz ramificada; con una raíz principal y de estas nacen las raíces secundarias con una profundidad promedio 40 – 80 cm. El tallo primario no es notorio, los tallos secundarios son de forma cilíndrica, erectos, resinosos, lignificados; en número de 18, con un grosor promedio de 1.80 cm, glabros o ligeramente tomentosos. Hojas enteras semiagudas en el ápice y ensanchadas en la base, carnosas adosadas al tallo (imbricadas), albo tomentosas en la cara exterior en la nervadura central, 0.20 cm de largo y 0.1cm de ancho. Inflorescencia en capítulos, cabezuelas solitarias en los ápices de las ramitas, sésiles; involucreo acampanado de 0.5 – 0.64 cm de altura y un diámetro de 0.20 – 0.35 cm, amarillas, con 3 series de filarias, lanceoladas, enteras, curvadas hacia fuera, ovadas, obtusas, algo resinosas, glabras o pubescentes. Flores dimorfas; las flores femeninas vienen a ser las que se encuentra en el perímetro del capítulo o las marginales, que en su mayoría son en un número de 7 – 8 flores, 0.4 cm de altura, estas presentan una corola tubulosa-filiforme-angostas, corta, estilo prolongado de 0.5 cm de largo, estigma bífido de 0.1 cm de largo; las flores hermafroditas son las que se encuentran en el disco o en la parte central, presentan una corola tubular, 0.5 – 0.6 cm de altura, pentadentada-lobulada, 8 –10 flores por capítulo. Aquenios turbinados, 0.2 – 0.3 cm, marrón, vellosos; papus de 0.3 – 0.4 cm de largo con cerdas ásperas, blanquecino.

por otro lado Alzerreca *et al.* (2002) menciona que posee el mayor rendimiento de leña frente a las otras tolas. Su mayor uso de la Suphu thola es como leña. Así mismo PNUD (2003) indica que su propagación es mediante semilla botánica y vegetativamente por estacas.

2.5.4.2. Ñak'a thola (*Baccharis incarum*)

Ñak'a thola (*Baccharis incarum*) es una de las especies más frecuentes en el semiárido, árido y el sub húmedo del Altiplano y Altoandino de Bolivia (Alzerreca *et al.* 2002). Es un arbusto de hasta 1.2 m de altura, muy ramificado y lignificado desde la base, apretado de follaje en las partes terminales y distinguibles por sus hojas pequeñas, coriáceas y muchas veces con tres dientes menudos. Las flores están en cabezuelas blanquecinas y pequeñas. Hojas sésiles, oblongoeládo – espatulada 0.6 a 1.2 cm de largo por 0.2 – 0.5 cm de ancho, enteras o frecuentemente con 1 a 2 dientes de cada lado. Capítulos numerosos, solitarios en las axilas de las hojas y en el extremo de las ramillas. La especie es dioica, la misma que se desarrolla mayormente entre los 2,500 – 4,000 m.s.n.m. (PNUD 2003).

Según Alzerreca *et al.* (2002) esta especie está asociada con otras plantas como la loma añawayá (*Adesmia spinosissima*), la kañilli (*Tetraglochin cristatum*), y los pajonales de sicuy ichu e iru ichu (*Stipa ichu* y *Festuca orthophylla*). La distribución de esta thola está en llanuras, laderas y serranías con bastante presencia de piedras. Asimismo se menciona que a pesar del bajo consumo de las tholas por el ganado, este puede ser importante en la época seca o como forraje de emergencia cuando otros forrajes no son disponibles por nevadas o sequías que son fenómenos comunes de Los Andes.

2.5.5. Chilliwa (*Festuca dolichophylla*)

Según Mayta (2009) es una planta perenne, crece en densos manojos, de 30 – 60 cm de altura; hojas de de 10 – 35 cm de largo que sobresalen las cañas floríferas generalmente; inflorescencia en panícula angosta de 10 – 16 cm de largo; espiguilla multiflora, de 9 – 10 mm de largo con glumas agudas o subagudas más cortas que la lemma; lemma de 6 – 7 mm de largo ligeramente aristada o acuminada.

Por otro lado el Pestalozzi (1998) y Mayta (2009) mencionan que las chilliwas son plantas en matas densas, en las cuales los culmos duros y amarillos de los años

anteriores permanecen. Culmos 35-120 cm láminas involutas o acanaladas, surcadas en el haz. Panícula linear, 10-25cm de largo, con ramas cortas adpresas; espiguillas 9-12 mm con 4-7 flores. Esta especie es dominante en planicies, hondonadas y laderas temporalmente húmedas (“Chilliwares”) florece de febrero a abril- muy común. Es un buen forraje para el ganado ovino y camelido, resistente a sequias y siniestros climáticos como la helada y granizada así también protege el suelo de erosión. Según Mamani (2009) se desarrolla desde los 3800 hasta los 4300 msnm, crece en suelos profundos, algo húmedo.

2.6. Ganadería y su efecto en las praderas de pastoreo en el municipio de Patacamaya

La interacción de los animales al pastoreo y el medio ambiente en que viven pueden tener efectos importantes tanto para el medio ambiente como para la productividad del animal (FCAP/UTO 2014).

El ganado influye en la extensión de las comunidades vegetales presentes en los campos de pastoreo. Los cambios producidos tienen relación con la especie animal y su preferencia alimenticia. Las praderas incluyen los campos agrícolas que se cultivan de uno a tres años y luego descansan hasta siete años las cuales constituyen un recurso forrajero Importante (Jiménez *et al.* 1995).

En PDM 2012-2016 se observa que en el municipio de Patacamaya existe mayor superficie destinada a zonas de pastoreo de ganado con aproximadamente 23.814 hectáreas y 14.257 hectáreas en descanso y a nivel cantonal se tiene Chiaraque con 3.050 hectáreas destinada a pastoreo y 2.181 hectáreas en descanso; Villa Patarani con 700 hectáreas para pastoreo y 150 hectáreas en descanso asimismo Patacamaya rural con 1.800 hectáreas para pastoreo de ganado y 800 hectáreas en descanso para siembra agrícola. La población ganadera del municipio de Patacamaya está representada significativamente por el ganado ovino con un 71 % de la población total ganadera, equivalente a 93.844 cabezas de ganado, seguido del ganado vacuno con 19 % de la población total, equivalente a 25.185 cabezas de vacuno, seguido por el ganado porcino con un 7 % de la población total equivalente a 8.629 cabezas y final mente con el 3% el ganado camélido

equivalente a 4.013 cabezas. A nivel cantonal Chiaraque cuenta con 3115 ganados vacunos, 19.470 ganado ovino, 1.947 ganado porcino y 262 camélidos; Villa Patarani cuenta con 885 ganado vacuno, 3.936 ganado ovino y 624 camélido. Asimismo Patacamaya (rural) o Alto Patacamaya cuenta 4.965 ganado vacuno, 12.414 ganado ovino y 827 de porcino.

2.7. Vulnerabilidad de la adaptación de plantas al cambio climático

CBA (2014) indica que los procesos de adaptación de las especies y de los ecosistemas son dinámicos. Sin embargo, el cambio climático y los procesos de interrelación de los componentes del sistema climático por alteraciones en la composición atmosférica, se dan en períodos muchos más cortos a los observados en tiempos geológicos, los mismos que no dan lugar a que los mecanismos de adaptación natural (resiliencia) puedan responder al mismo ritmo, por lo que muchas especies se encuentran amenazadas

2.8. Recursos hídricos

Según IPCC (1997) el cambio climático podría afectar de manera notable al ciclo hidrológico, alterando la intensidad y la distribución temporal y espacial de la precipitación, de la escorrentía de superficie y de la recarga de agua, produciendo impactos diversos sobre diferentes ecosistemas naturales y actividades humanas, las áreas áridas y semiáridas serán particularmente vulnerables a un cambio en la disponibilidad de agua. Los impactos sobre los recursos de agua podrían ser suficientes para provocar conflictos entre usuarios, regiones y países.

Ledezma (2010) menciona que Bolivia se encuentra entre los países con mayor cantidad de recursos hídricos en el planeta, estos se encuentran contenidos en glaciares, ríos, lagos, y humedales catalogados estos últimos como sitios Ramsar, también presenta la política a encarar debe *“coadyuvar a la protección de la calidad de los recursos hídricos, promover la implementación de acciones que permitan reducir los impactos de eventos climáticos extremos, la degradación de las cuencas y los efectos del cambio climático”*.

2.8.1. Importancia del recurso hídrico en la agricultura

IPCC (1997) indica que la disponibilidad de agua es uno de los componentes esenciales del bienestar y de la productividad de cada ser humano en la tierra.

Martínez (2014) asume que la injerencia del cambio climático sobre la problemática general de los recursos hídricos, se la ha conceptualizado como la influencia ocasionada por la variabilidad de la temperatura ambiente por efecto ocasionado por las emisiones de los Gases Efecto Invernadero (GEI), sobre la variabilidad e intensidad meteorológica, que afectan a los recursos hídricos, contribuyendo al incremento en la magnitud de impactos, daños o desastres en las regiones con aptitud natural para que en su entorno se produzca. Amenazas originadas por eventos climatológicos extremos, tales como inundaciones, aluviones, avenidas, deslizamientos, epidemias, sequías, predisposición a incendios forestales, etc.

2.8.2. Respuesta de las plantas al déficit hídrico

Según Koenekamp (2004) las respuestas iniciales de los tejidos vegetales al déficit hídrico se traducen en cambios biofísicos (elasticidad de la pared celular, conductividad hidráulica de la membrana celular) más que bioquímicos.

Muchas plantas como respuesta al déficit hídrico, se ha medido un aumento de la concentración de solutos a nivel de tejidos tales como aminoácidos, carbohidratos, compuestos de amonio cuaternarios, proteínas e iones inorgánicos. Esta acumulación de solutos, que permite a las plantas mantener su crecimiento cuando existen bajos potenciales hídricos, se denomina ajuste osmótico. Se ha observado que el ajuste osmótico depende principalmente de la magnitud del estrés hídrico, de las condiciones ambientales y las diferencias entre cultivares de la misma especie (Koenekamp 2004).

2.8.2.1. Mecanismos de resistencia

Según Caraballo (2007) la sequía en términos genéricos puede definirse como una deficiencia de agua que depende de dos factores: las variaciones en el

descenso del potencial hídrico en el ambiente y de las variaciones en el tiempo o duración de estos descensos. Esta es una deficiencia ambiental de agua, ya sea en el suelo y/o en la atmósfera y que puede someter a una tensión o esfuerzo a las plantas sobre las cuales incide.

Según Hernández (2014) la producción y consumo de oxígeno son funciones esenciales para la vida de las plantas. Sin embargo, en ellas el metabolismo del oxígeno da lugar también a la formación de sustancias altamente tóxicas. Todas las situaciones de estrés que afecten al balance hídrico de las plantas, como la sequía, van a inducir un cierre de estomas para limitar la pérdida de agua por transpiración. El cierre de estomas rápidamente va a provocar una reducción en la asimilación del CO₂ por parte del cloroplasto. Esto ralentiza las reacciones del ciclo de Calvin, lo que conlleva a un menor consumo de NADPH y ATP.

2.8.2.1.1. Resistencia a Sequía

Es éste un problema complejo que resulta de las características histológicas y fisiológicas con factores ambientales. De acuerdo con ello se han usado diferentes términos para describir la respuesta de las plantas a tensiones de humedad, resultante de las interacciones de diversos mecanismos a los que se han asociado algunos caracteres morfológicos, fisiológicos y las variaciones en la demanda de agua (Caraballo 2007).

2.8.2.2. Mecanismos de evitación

Según De Herralde (2000), son mecanismos destinados a retrasar lo más posible la deshidratación de la planta, para evitar llegar a un déficit hídrico. La estrategia es incrementar al máximo la captación de agua y reducir al mínimo sus pérdidas.

Por otro lado Caraballo (2007), define como propiedad genético-fisiológica de la planta para evitar los efectos de la sequía por dos vías importantes: mantener el nivel de hidratación de los tejidos a causa del desarrollo de sus raíces profundas y reducción del flujo de agua de los tejidos, tallos y hojas; disminuir la pérdida de agua debido al rápido cierre de los estomas y enrollamiento de sus hojas, lo que

disminuye la superficie evaporativa ayudado por la plasticidad y cerosidad de las cutículas de las mismas.

Asimismo De Herralde (2000) establece dos tipos de estrategia para evitar: las plantas ahorradoras de agua y las plantas gastadoras de agua. Las plantas ahorradoras son aquella cuya estrategia se define por una reducción de las pérdidas de agua mediante cierre estomático, por una reducción de la transpiración cuticular, por reducción de la superficie transpiradora, por un aumento de la resistencia hidráulica de las raíces o por acumulación de agua. Las plantas gastadoras son aquellas son aquellas cuya estrategia se basa en incrementar la absorción de agua con el fin de poder mantener tasas de crecimiento y fotosíntesis elevadas y contenidos relativos de agua en los tejidos también elevados. Esto lo consiguen básicamente mediante un incremento de superficie radicular y una reducción de la resistencia hidráulica. Sin embargo las plantas gastadoras de agua pueden agotar los recursos hídricos y esta estrategia sólo es mantenible en periodos de sequía moderada o de corta duración. Cuando los recursos hídricos del suelo se agotan, muchas especies gastadoras se convierten en ahorradoras. En cualquier caso existen muchas situaciones intermedias a estos dos extremos: por ejemplo una planta optimista con poca superficie foliar.

2.8.2.3. Mecanismos de tolerancia

Son aquellos mecanismos que permiten que la planta siga siendo funcional aunque haya pérdidas de agua y se produzca un déficit hídrico. Se habla de plantas tolerantes a potenciales hídricos bajos y separa los mecanismos en dos tipos: los destinados al mantenimiento de la turgencia celular (ajuste osmótico y ajuste elástico) y los que permiten la tolerancia a la deshidratación (tolerancia protoplasmática). Habilidad del citoplasma de las células para sobrevivir y funcionar normalmente aunque los tejidos de la planta se dessequen o tengan potenciales de agua reducidos, a fin de poder soportar el déficit de presión y difusión de la misma. Es la resultante de interacciones fisiológicas complejas que involucran procesos de osmorregulación (Caraballo 2007).

2.8.2.4. Plasticidad

Según Villamizar *et al.* (2012), la plasticidad fenotípica (PF) es un mecanismo mediante el cual las plantas pueden responder a la heterogeneidad ambiental con ajustes morfológicos y fisiológicos.

Asimismo la plasticidad puede expresarse en caracteres muy distintos, fisiológicos o morfológicos, puede también variar en a magnitud (cuando se modifica el fenotipo) y en el patrón (hacia donde se modifica el carácter) en respuesta a distintos ambientes o la variación en ciertos factores del ambiente. En este sentido la plasticidad es un mecanismo de adaptación que brinda al organismo un beneficio inmediato, pues lo ajusta al ambiente cambiante (Nuñez *et al.* 2003).

Koenekamp (2004) señala que los organismos se adaptan a medios donde la intensidad de los factores ambientales está comprendida entre los límites de tolerancia del individuo. Por lo tanto, las plantas poseen la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales, ajustando su morfología y fisiología a través de la variación genética y la plasticidad de su forma. Martínez (2007) indica que un genotipo es plástico cuando puede alterar su expresión en respuesta a determinados factores ambientales. Sin embargo, la plasticidad fenotípica es una propiedad específica de caracteres individuales en relación a influencias ambientales determinadas que se manifiesta en rasgos concretos y en respuesta a estímulos ambientales las cuales pueden suponer cambios de comportamiento, crecimiento y demográficos.

La cuantificación de la PF no es solo valiosa frente al conocimiento ecológico de las especies, también es necesaria para elaborar modelos que permitan predecir las respuestas de las especies frente al cambio climático global el cambio ambiental y la consecuente alteración de la disponibilidad hídrica, validan como tema de interés la evaluación del efecto del déficit hídrico, porque bajo dicha condición en las plantas se limitará la tasa y el crecimiento, reduciéndose el área foliar y la productividad (Villamizar, 2012).

2.9. Potencial hídrico de la vegetación en las alturas

CONDESAN, SGCAN (2012) mencionan que simplificando el ciclo de agua terrestre se puede identificar 4 flujos principales que están balanceados: precipitación, evapotranspiración, escorrentía superficial y escorrentía sub-superficial. La escorrentía superficial y sub-superficial determinan respectivamente la disponibilidad de agua en reservorios superficiales (cuerpos y cursos de agua) y sub superficiales (acuíferos) respectivamente. Debido a que dichos flujos están determinados por el balance entre precipitación y evapotranspiración, también denominado la precipitación efectiva, se puede considerar dicho balance como un buen indicador de los recursos potencialmente disponibles para la extracción.

Asimismo una mayor evapotranspiración, debido al incremento de temperatura, aumentará el contenido de humedad de la atmósfera. De acuerdo a las leyes físicas de los gases, eso debe resultar en una disminución del cambio de la temperatura con la altura (llamado el “*lapse rate*” en inglés) y por ende, en un mayor calentamiento a mayores elevaciones (CONDESAN, SGCAN 2012).

2.9.1. Balance hídrico para especies importantes o cultivos específicos

Según MAGPN e INTA (2011) todos los elementos meteorológicos, el que presenta más variabilidad interanual y que sin duda ejerce mayor impacto en la agricultura de secano es la precipitación u oferta de agua. De la interacción entre la oferta de agua, su infiltración y reten en el suelo y la demanda de agua constituida por los elementos meteorológicos que producen la evaporación directa desde el suelo y la transpiración a través de las estomas de las hojas de las plantas, resulta lo que se llama reserva o almacenaje de agua en el suelo en un momento dado. Asimismo Bosque (2010) hace conocer que las estomas juegan un papel fundamental al regular el intercambio de agua entre la hoja y la atmósfera circundante, y que se cierran en circunstancias en que el suministro de agua desde el suelo es deficiente.

MAGPN e INTA (2011) indica que si el almacenaje es abundante, establece una suerte de seguro para el consumo de los días siguientes exentos de precipitación. Es un dato del que se deduce un diagnóstico del estado actual de la vegetación que cubre el suelo, entendiendo como tal la capa de la superficie del terreno hasta donde tiene normalmente actividad la mayor proporción de los sistemas de raíces de la vegetación natural y que exporta agua a la atmósfera.

Giner *et al.* (2011) establecen que desde un punto de vista forrajero, la escasez de agua de lluvia además de disminuir el rendimiento de las plantas nativas o cultivadas y que esto se refleje en una drástica reducción de la capacidad de carga animal de los predios, afectará también el nivel nutricional de ganado, ya que ante el estrés hídrico las plantas, por el simple motivo de perpetuación de la especie o de permanencia en el sitio, acelerarán su metabolismo normal pasando en menor tiempo del estado de crecimiento al estado reproductivo o de formación de semilla, con lo que su contenido nutricional se verá disminuido tanto en cantidad como en la calidad de sus nutrientes, lo que provocará que el ganado no llegue ni siquiera a cubrir sus requerimientos de mantenimiento (materia seca), mucho menos para cubrir los requerimientos nutricionales y continuar con alguna función productiva y/o reproductiva.

3. LOCALIZACION

3.1. Ubicación geográfica

El presente estudio se realizó en las parcelas de tres comunidades: Chiaraque, Villa Patarani y Alto Patacamaya pertenecientes al municipio de Patacamaya, Provincia Aroma, del departamento de La Paz (Figura 1), se sitúa a una distancia de 101 kilómetros de la sede de gobierno, por la carretera interdepartamental La Paz- Oruro al sudeste de la capital del departamento de La Paz, a una altitud promedio de 3.789 msnm, está situado entre las coordenadas: 17° 05' a 17° 20' de latitud sur 67° 45' a 68° 07' de longitud oeste, se encuentra ubicada al centro de la provincia Aroma, de acuerdo a las Cartas del Instituto Geográfico Militar.

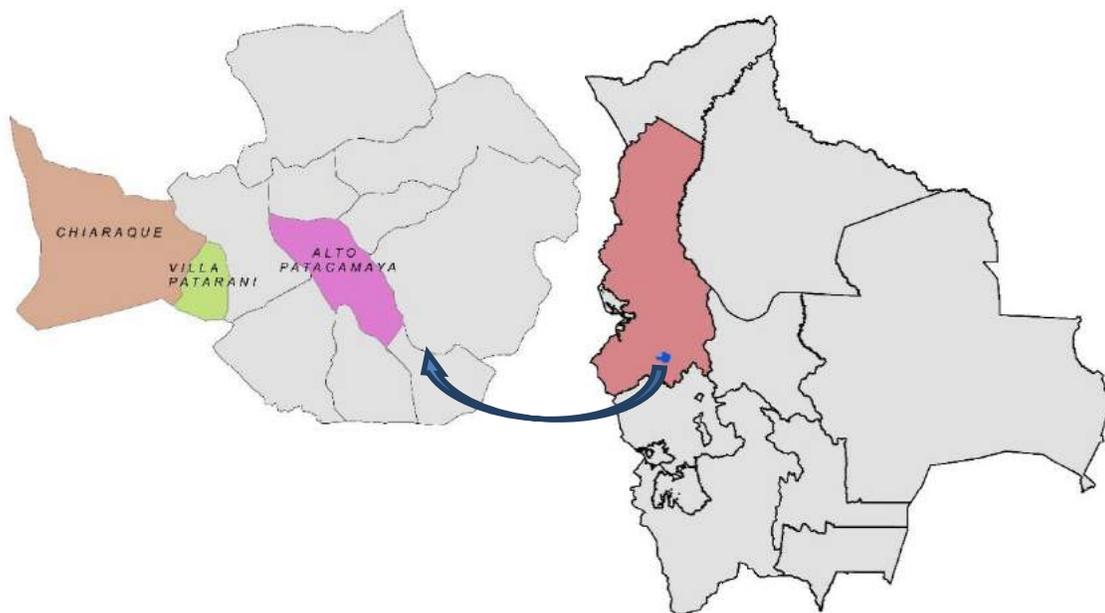


Figura 1. Ubicación geográfica de las comunidades en estudio. *Fuente: Elaboración propia*

3.2. Características Climáticas

3.2.1. Temperaturas

En PDM Patacamaya (2012- 2016), se indica que según los datos de la estación meteorológica Patacamaya, el Municipio presenta una temperatura máxima de 21,2 °C y una mínima de -5,2 °C, con una temperatura promedio de 9,7 °C. Las temperaturas mínimas se presentan entre mayo a septiembre.

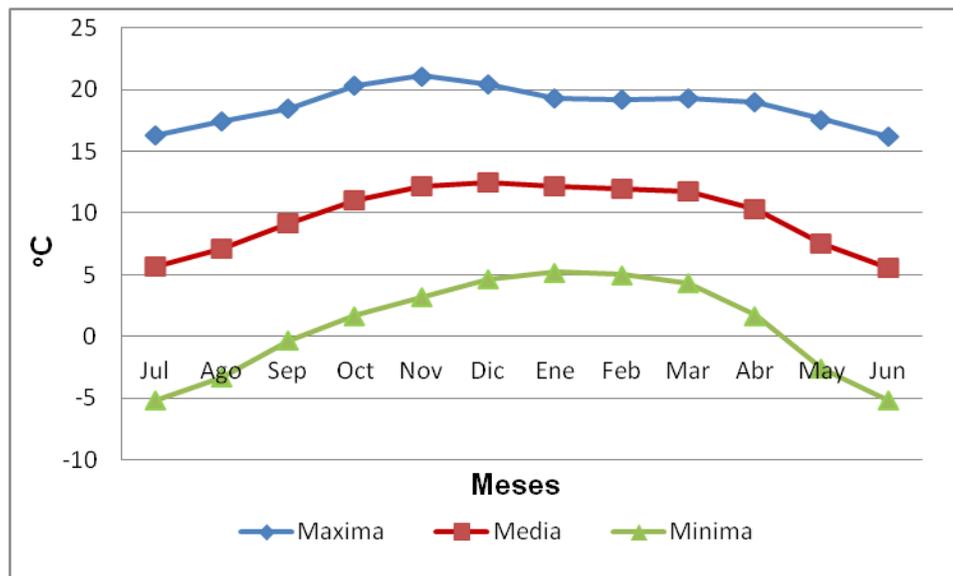


Figura 2. Tendencias de temperatura en la estación experimental de Patacamaya. Fuente: SENAMHI, de 1943 al 2011 (Estación meteorológica Patacamaya) PDM Patacamaya, (2012-2016).

3.2.2. Precipitaciones

En PDM Patacamaya (2012- 2016) se establece que las precipitaciones se presentan desde septiembre a marzo, con mayor cantidad e intensidad en enero alcanzando los 102,2 mm promedio. Las de menor cantidad e intensidad se encuentran en los meses de mayo a agosto, de acuerdo a las encuestas en julio 2014, las precipitaciones no son uniformes en todas las partes de sector de municipio, varía mucho en intensidad y la cantidad.

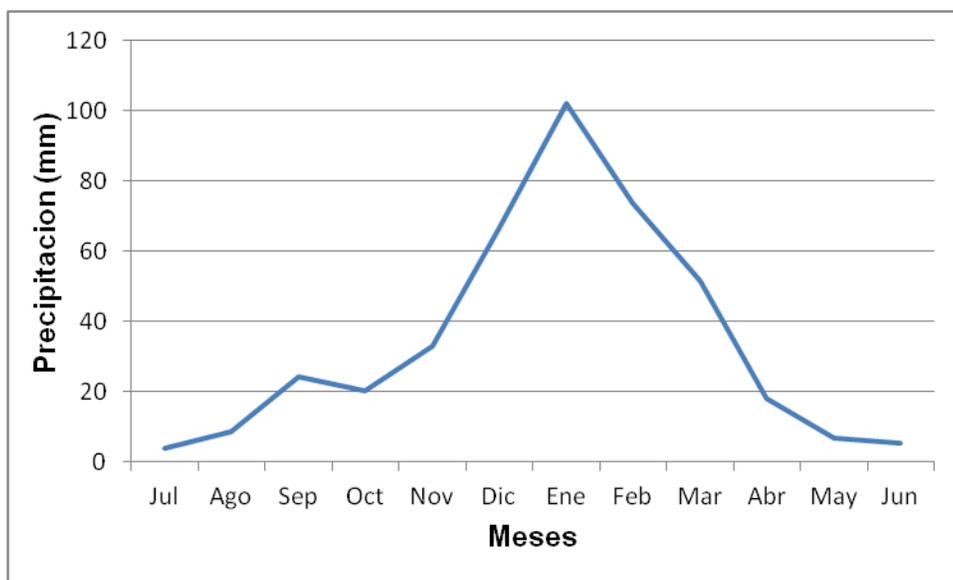


Figura 3. Tendencias de precipitación en la estación experimental de Patacamaya. *Fuente: SENAMHI, de 1943 al 2011 (Estación meteorológica Patacamaya) PDM Patacamaya, (2012-2016).*

3.2.3. Riesgos climáticos

Anagua (2002) menciona que las heladas son el principal factor limitante para la producción agrícola ya que el periodo libre de heladas es muy reducido (175 días). Precipitaciones pluviales irregulares y dependientes de la estación del año con un promedio de 340 mm; intensa radiación solar y fuertes vientos en los meses de invierno, por lo tanto en PDM Patacamaya (2007-2011) se hace mención que la ocurrencia de las heladas son cada vez más frecuentes y más fuertes en toda la región, incrementándose el número de días con este fenómeno, muchas veces ocasionando grandiosas pérdidas en los diferentes cultivos del altiplano, llegando a alcanzar 300 días de heladas al año. Son pocas las estaciones que registran meses libres de heladas, en esta región. La ocurrencia de heladas en el Altiplano sobrepasa los 200 días por año. Es importante destacar que los meses libres de heladas coinciden con los meses de mayor precipitación.

3.3. Suelo

Los suelos del municipio Patacamaya tienen la particularidad de ser heterogéneos debido a su origen fluvio lacustre, el contenido de materia orgánica es bajo.

Los suelos del altiplano son de formación aluvial, coluvial y coluvio aluvial, constituido por materiales de erosión de las partes altas y laderas; a partir de las cuales se han formado suelos sin marcado desarrollo pedológico. Taxonómicamente, según el sistema de clasificación de la Soil Taxonomy, pertenecen al orden entisoles (PDM Patacamaya/ 2007-2011). De acuerdo a Benzing (2001) los suelos del altiplano son poco desarrollados sobre sedimentos de lagos desaparecidos reducidos puntualmente de cenizas volcánicas. En la parte central semiárida, hacia el oeste Aridisoles y Entisoles.

3.4. Flora

La jurisdicción de Patacamaya por su parte se caracteriza por contener una amplia diversidad de flora natural xerofítica y composición florística variada en sus pisos ecológicos de puna, está compuesta principalmente por especies silvestres como ser las gramíneas y dicotiledóneas herbáceos, especies arbustivas nativas, situados entre las altitudes de 3.645 y 4.825m.s.n.m. La vegetación está compuesta por Tholar- Chillihuar, Tholar – Pajonal.

TABLA: 1 Flora nativa de las comunidades: Chiaraque, Villa Patarani y Alto Patacamaya.

NOMBRE COMÚN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	USOS
Cola de Ratón Ñak'a tola	Gramineae	<i>Hordeum muticum</i>	Forraje
Ñak'a tola	Compositae	<i>Baccharis incarum</i>	Leña, medicinal y forraje para el ganado, poco palatable.
Suphu thola	Compositae	<i>Parrastrephia lepidophylla</i>	Leña, forraje para el ganado.
Mostaza	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Medicinal
Garbancillo	Leguminosae	<i>Astragalus sp.</i>	Toxica
Aguja aguja o reloj reloj	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>	Alimento para ganado, muy palatable.
Añawayá	Leguminosae	<i>Adesmia sp.</i>	Forrajera, mejoramiento de suelos
Layu layu	Leguminosae	<i>Trifolium amabile</i>	Forraje y medicinal
Cebadilla	Gramineae	<i>Bromus catharticus</i>	Forraje

Quinoa silvestre	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium sp.</i>	Forraje, medicina
Urco chiji	Gramineae	<i>Distichlis humilis</i>	Forraje
Chilliwa	Gramineae	<i>Festuca dolichophylla</i>	Forraje, construcción,
Iru ichu	Gramineae	<i>Festuca orthophylla</i>	Construcción, forraje.
Sillu sillu	Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	Forraje, medicinal
Isru chiji	Gramineae	<i>Muhlebergia fastigiata</i>	Forraje
Ichu, sikuya	Gramineae	<i>Jarava sp.</i>	Construcción, forraje para el ganado, palatables
Llawara	Gramineae	<i>Stipa sp.</i>	Forraje

Fuente: Diagnostico sectorial 2014, Ajuste PDM Patacamaya/ 2007-2011.

3.4.1. Principales cultivos

Según PDM (2012-2016) la superficie cultivada a escala municipal alcanza a 8792 has del total de la superficie, con terrenos destinados principalmente al cultivo de papa, cebada, quinua, haba y maca; este ultimo cultivo se ha adaptado a las condiciones climáticas de la region y ha creado interes por los agricultores por la demanda comercial y valor economico.

El principal cultivo dentro la producción agrícola de las tres comunidades en común es el cultivo de la papa, existiendo dos grupos focalizados dentro la producción de este cultivo: 1. Familias que siembran en grandes superficies desde 0,5 a 1 ha. Cuya producción es destinada en la mayoría para la venta. 2. Grupos de familia con escasos recursos económicos siembran en pequeñas áreas o parcelas cuya producción es destinada para autoconsumo en su mayoría. Como segundo cultivo de importancia es la producción de la cebada, cuya producción en su totalidad es destinada como forraje al consumo del ganado vacuno como suplemento adicional a la deficiencia de las praderas de pastoreo. Existen otro cultivo de importancia tanto económicamente y en la alimentación que es la quinua, por lo tanto cultivan en las tres comunidades: Chiaraque, Villa Patarani y Alto Patacamaya. Dentro el cultivo de la quinua las variedades más cultivadas son

la: Criolla, sajama, chucapaca y quinua real por su alto valor económico
(elaboración mediante encuestas julio 2014)

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Material de campo

Se utilizaron los siguientes equipos y materiales para campo como ser: Mapa de localización de parcelas de evaluación, cámara Scholander, Calibrador o Vernier, Regla de 50 cm, termómetro con sonda, termómetro de penetración, bolsas de muestreo y etiqueta marcadores indelebles, maskin tape, cámara fotográfica, GPS, tablero, planillas de campo, lápices, tajadores y borradores, balanza analítica de (200 g).

4.1.2. Material de laboratorio y gabinete

Para el trabajo de laboratorio y gabinete se utilizaron los siguientes materiales: Hornilla, balanza (200 g), laptop, impresora, hojas bon, planillas de datos.

4.2. Metodología

4.2.1. Procedimiento Experimental

Para la investigación se caracterizó 4 parcelas con diferentes años de descanso en tres comunidades del municipio de Patacamaya las cuales son: Chiaraque, Villa Patarani y Alto Patacamaya, en las cuales se ubico especies tolerantes a los efectos ocasionados por las bajas temperaturas. Las características de las parcelas fueron:

P. 1-3 D se tomó en cuenta una parcela con tres años en descanso, este tipo de parcela casi en las tres comunidades tenia especies similares en las cuales se encontraba con especies vegetales herbáceos, principalmente el *pasto (Nassella sp.)*, *aguja aguja (Erodium cicutarium)*, *wira wira*, *diente de león* y otras especies como; *suphu thola (Parastrephia lepidophylla)*, *ñak'a thola (Baccharis incarum)*, *Chilliwa (Festuca dolichophylla)* y *paja o ichhu (Jarava sp.)* en su ciclo fenológico inicial.

P. 4-7D: Para el estudio también se tomó en cuenta una parcela con seis años en descanso en las tres comunidades. Las cuales presentaban una abundante cobertura vegetal, principalmente arbustos de suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*) y paja o ichhu (*Jarava sp.*) también se encontraban especies tales como layu layu (*Trifolium amabile*), wira wira (*Gnaphalium dombeyanum*), chilliwa (*Festuca dolichophylla*), aguja aguja (*Erodium cicutarium*), pasto (*Nassella sp.*) y otras.

P. 8-12 D: De igual forma se caracterizo especies vegetales en una parcela con 8-9 años en descanso, en la cual predominaban mas, especies vegetales como: pasto (*Nassella sp.*), aguja aguja (*Erodium cicutarium*), paja o ichhu (*Jarava sp.*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) y chilliwa (*Festuca dolichophylla*)

P. >12D: por último se tomó también parte de la investigación una parcela con mayor a doce años de descanso en las tres comunidades, donde se observó que la mayoría de la vegetación corresponde a ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) paja o ichhu (*Jarava sp.*) en su fase de ciclo fenológico terminal y también se encontró especies herbáceos como wira wira (*Gnaphalium dombeyanum*), pasto (*Nassella sp.*), aguja aguja (*Erodium cicutarium*) y chilliwa (*Festuca dolichophylla*).

4.2.2. Muestreo de plantas

En cada parcela se tomó muestra de plantas en 30 diferentes puntos, la cual se empezó a las horas 05:30 de la mañana a 07:30 de la mañana cuando empieza a salir los primeros rayos del sol, esta medición se hizo porque en estas horas el movimiento de agua es muy insuficiente en los tejidos de la planta, esto por la baja de la temperatura que existe a estas horas.

4.2.3. Determinación del peso de muestra

Luego de recoger la muestra se procedió con la determinación de peso húmedo de la planta a través del uso de la balanza analítica (200 g).

4.2.4. Determinación del potencial hídrico

Posterior a la determinación del peso se obtuvo el potencial hídrico, con el uso de la cámara scholander, en general se miden los valores en una hoja entera, porque el Ψ_h de una hoja está relativamente en equilibrio en toda su área. Se corta una hoja de una planta por su pecíolo, en la cual la tensión del xilema es liberada y el agua se retrotrae de la superficie del corte como resultado del movimiento del agua a favor de su Ψ hacia el interior. Para determinar la cantidad de presión requerida para forzar nuevamente la salida de agua se introdujo la hoja en el interior de la cámara y se aplicó entonces la presión en el interior de la cámara (gas nitrógeno) hasta que se observe que comienza nuevamente a salir agua por la superficie del corte. Después de terminar de sacar su potencial se llevó al laboratorio donde se hizo secar en la hornilla a 70 °C durante 6-15 min hasta obtener un peso constante.

4.3. Análisis estadístico

Los análisis estadísticos utilizados fueron: desviación estándar, correlación. Donde las parcelas de estudio estaban distribuidas en cada comunidad; Chiaraque, Villa Patarani y Alto Patacamaya en las cuales se distinguieron las parcelas con diferentes años de descanso:

AÑOS DE DESCANSO	DEFINICIÓN
1-3D	Kallpas
4-7D	Purumas
8-12D	Barbechos
>12D	Praderas de descanso

4.4. Croquis experimental



Figura 4. Esquematización de áreas experimentales.

4.5. Variables de respuesta

4.5.1. Temperatura ambiente (05:30 a 07:30 am)

Se evaluaron datos diarios de las temperaturas máximas y mínimas durante todo el periodo de investigación en la estación meteorológica de Patacamaya.

4.5.2. Temperatura externa de la planta

Se midió la temperatura externa de la planta vivo dentro de la parcela usando el termómetro con sonda.

4.5.3. Temperatura rizosfera de la planta

Se realizo la medición de la temperatura del suelo alrededor de la raíz de la planta utilizando el mini termómetro de penetración.

4.5.4. Altura de planta (cm)

La medición de la altura de las planta se procedió al mismo tiempo cuando se extrajo la muestra para su peso. Cada una de las parcelas para el estudio se encuentra ubicada en diferentes lugares y comunidades y por lo tanto se midió la altura en el día. La medición de la altura fue desde la base hasta la última hoja apical.

4.5.5. Diámetro de la copa (cm)

Asimismo también se midió el diámetro copa de la planta en cm.

La medición de esta longitud es muy importante para ver el comportamiento de la planta durante la situación del estrés que pasan por esta etapa de invierno.

4.5.6. Potencial hídrico de la planta

La obtención de los potenciales hídricos se llevó a cabo en la estación experimental de Patacamaya a las hrs 05:30 de la mañana a 07:30 de la mañana donde al extraer la hoja de la planta se midió su peso en (gr) y luego obtener su potencial a través de la cámara Scholander.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Características eco fisiológicas de las especies durante los meses de estudio.

5.1.1. Características ambientales del municipio de Patacamaya en los meses Julio, Agosto, Septiembre del 2014.

La Figura 5, muestra las temperaturas registradas de las 05:30 am a 07:30 am de la mañana en la época de invierno que corresponde julio, agosto y septiembre, donde se observa que existe una variación durante estos meses; asimismo se puede decir que hubo ascenso de temperatura de julio a septiembre.

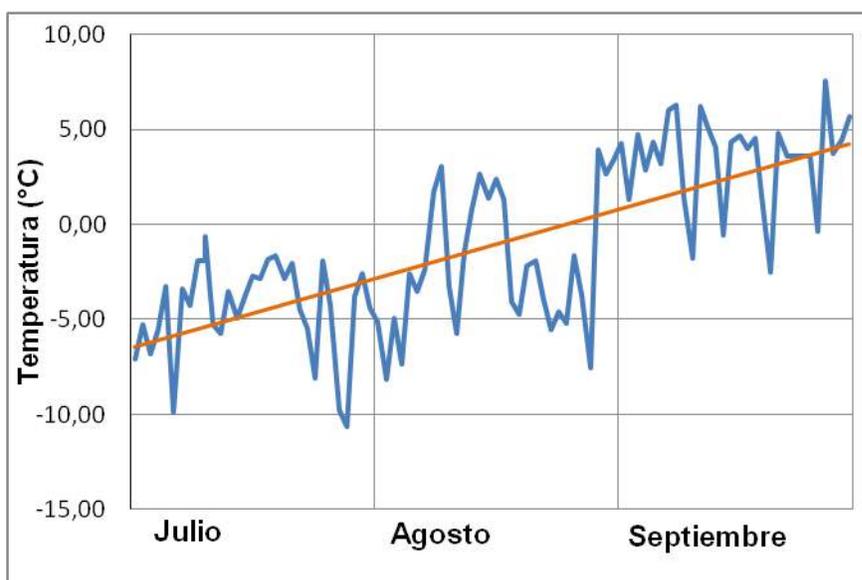


Figura 5. Tendencia de la temperatura registrada de las horas 05:30 a 07:30 am en la estación meteorológica de Patacamaya, para las comunidades; en los meses julio, agosto y septiembre del 2014. Fuente: Elaboración en base a datos de la estación meteorológica de Patacamaya 2014.

Esta figura muestra que la tendencia de temperatura en los meses julio y agosto se mantiene casi la mayoría por debajo 0 °C, registrándose como mínimo hasta 10,67 °C bajo 0 °C y como máximo 0,61 °C por encima de 0°C; asimismo en el mes de agosto la temperatura registrada más mínima fue de hasta 7,56 °C bajo 0°C y como máximo de 3,94°C por encima de 0 °C. De la misma manera como se puede observar la tendencia de temperatura en el último mes de investigación (septiembre) asciende, registrándose como mínimo 2,55 °C por debajo de 0°C y

como máximo hasta 7,56 °C por encima de 0°C, debido a la presencia de las primeras lluvias y la humedad que existe por ellas. Asimismo en estos meses se presentó fuertes heladas y sequías por todo el municipio y otros departamentos causando la falta de agua, pérdidas de cultivo y por lo tanto la falta de forraje alimento para el gando

5.1.2. Respuesta fisiológica de las especies con las condiciones ambientales

5.1.2.1. Características fisiológicas del pasto (*Nassella* sp.) y su respuesta a la temperatura

Valdes y Barkworth (2002) son plantas perennes, cespitosas, los culmos ramificados o sin ramificar, erectos o geniculados en la base; vainas abiertas. Hojas con láminas involutas o planas. Inflorescencia una panícula abierta o contraída; glumas a menudo marcadamente antociánicas, 2-3 nervadas, lanceoladas, acuminadas, frecuentemente de color púrpura cerca de la base; flosculo obovado, giboso o carente de giba, fusiforme, algo comprimido lateralmente, la pubescencia del callo usualmente de color dorado en la madurez; lemas cilíndricas, angulosas o lateralmente comprimidas, con frecuencia marcadamente tuberculadas, particularmente arriba de la base, el margen de la lema marcadamente superpuesto en la madurez, encerrando completamente la pálea y cariopsis, el ápice de la lema fusionado en una porción sólida, formando la corona, justo debajo de la arista, ésta a menudo de color más pálido y más lisa que el resto de la lema, la corona usualmente ciliada, los cilios gruesos, algunas veces fusionados formando una pared alrededor de la base de la arista, la arista terminal, caediza o persistente, dos veces geniculada; pálea hasta un tercio la longitud de la lema, translúcida, endurecida, glabra; lodículas 2; anteras a menudo de dos tamaños diferentes, incluso en el mismo flósculo, a veces con muchos cilios apicales; epiblasto tan largo como el coleoptilo.

Es una especie altamente palatable principalmente para ganado camélido y ovino (Bonifacio 2010 citado por Paredes 2012).

La Figura 6, muestra la relación del potencial hídrico del pasto (*Nassella sp.*) y la temperatura del entorno. Se puede observar potenciales muy negativos en temperaturas por debajo de cero y lo mismo en temperaturas por encima de cero (-6°C a -3,06 °C y de 0°C a 5°C). Así también entre sus potenciales más altos (muy negativos) que muestra esta especie es -1,39 MPa a -3,01 MPa y como promedio presenta -2.36 MPa.

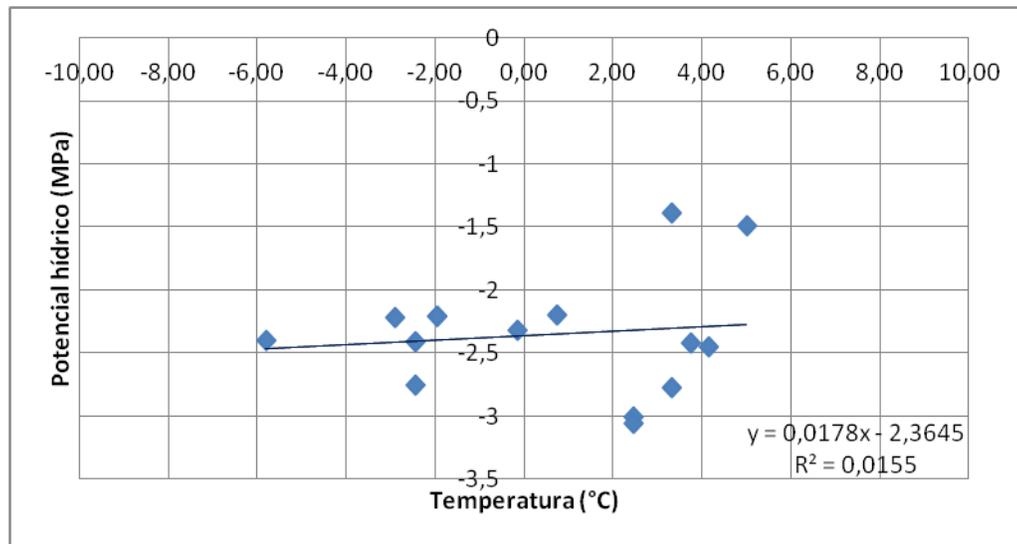


Figura 6. Respuesta del pasto (*Nassella sp.*) a la temperatura.

Esta figura muestra que en esta especie *Nassella* no existe significancia en la correlación entre la temperatura ambiente y su potencial hídrico, porque como se puede ver, la especie se desarrolla de forma positiva en temperaturas por debajo de cero. Esto posiblemente por las formas fisiológicas de su estructura foliar, es decir las hojas del pasto se enrollan a bajas temperaturas evitando mayor exposición lo que muestra una forma de evitación.

Según Bonifacio 2010 citado por Paredes (2012), indica que *Nassella sp.* es una especie tolerante a la helada, ya que por evaluaciones previas en parcelas de multiplicación se pudo observar que la especie tolero heladas de hasta 10 °C bajo cero, presentando valores de severidad por daño de heladas bastante bajos. Es importante mencionar que también es tolerante a la sequía, presenta gran persistencia durante la época seca en el altiplano central, esta especie presenta modificaciones morfológicas características de las plantas adaptadas a climas

áridos, por otro lado posee raíces profundas. Durante la época seca se ha identificado el enrollamiento de sus hojas (hojas involutas).

5.1.2.2. Características fisiológicas de Ñak'a thola (*Baccharis incarum*) y su respuesta a la temperatura

Ñak'a thola (*Baccharis incarum*) es una de las especies más frecuentes en el semiárido, árido y el sub húmedo del altiplano y altoandino de Bolivia (Alzerreca *et al.* 2002). Es un arbusto ramoso resinoso de 30-50 cm de altura, Hojas sésiles oblanceolado-espátulada 0.6 a 0.12 cm de largo por 0.2 – 0.5 cm de ancho, enteras o frecuentemente con 1 a 2 dientes de cada lado. Capítulos numerosos, solitarios en las axilas de las hojas y en el extremo de la ramita (Pestalozzi 1998).

La especie es dioica, la misma que se desarrolla mayormente entre los 2,500 – 4,000 m.s.n.m. (PNUD, 2003).

Según Alzerreca *et al.* (2002), la distribución de esta thola está en llanuras, laderas y serranías con bastante presencia de piedras. Si el clima y la altitud lo permiten, estos tolares con frecuencia son usados para agricultura. Asimismo se menciona que a pesar del bajo consumo de las tholas por el ganado, este puede ser importante en la época seca o como forraje de emergencia cuando otros forrajes no son disponibles por nevadas o sequías que son fenómenos comunes en Los Andes.

La Figura 7, muestra la relación entre potencial hídrico del Ñaka thola (*Baccharis incarum*) y su temperatura de su entorno. Se puede decir que esta planta se desarrolló en condiciones favorable y desfavorables del clima, como se observa, esta planta con potenciales muy altos (negativos) en temperaturas bastante bajas (-5,81°C) y también temperaturas que están por encima de 0°C como (4,15 °C). Su potencial hídrico que presenta la planta es de -1,27 MPa a -3,13 MPa y como promedio es -2.29 MPa en época seca que corresponde a julio, agosto y septiembre.

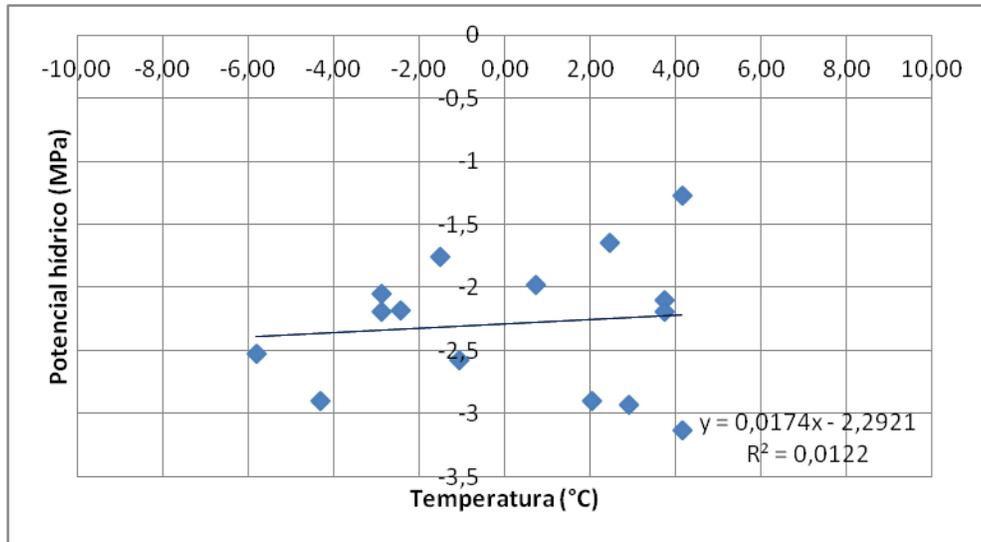


Figura 7. Respuesta de Ñak'a thola (*Baccharis incarum*) a la temperatura de su entorno.

Como es de ver, esta planta no varía en su contenido hídrico aunque está sometido al estrés por la sequía presente en la fecha, asimismo a variaciones de la temperatura a tempranas horas de la mañana, donde por el enfriamiento del aire se registra temperaturas por debajo de cero, la cual no afectó en su desarrollo sino que mostro una resistencia por tener carácter morfológico (arbusto ramificado y lignificado desde la base).

Según Villarpando *et al.* (2011) esta planta es resistente a la sequía y además su capacidad de resistencia a las bajas temperaturas es alta. Asimismo contribuye en la formación del suelo, evita el deterioro y desertificación, caracteriza la napa freática existente en el tholar, tiene capacidad de albergar y proteger otras especies forrajeras.

Asimismo el potencial hídrico de la thola toma valores más altos en época seca que en época humedad presentando de -1,5 MPa a -1,7 MPa en época seca y -0,9 a -1,2 MPa en época húmeda, esto es debido que en época seca la concentración de solutos en la célula es mayor lo que hace que aumente la tensión para absorber más agua del medio (Alzerreca *et al.*, 2002).

5.1.2.3. Características fisiológicas de paja o ichhu (*Jarava sp.*) y su respuesta a la temperatura

Según Mayta (2009) la paja o ichhu es una planta perenne; culmos erectos en amplios y densos grupos, 60-120 cm. de alto, glabros; vainas escábridas, con largos pelos en el cuello a veces en forma de collar; láminas elongadas, firmes, escabrosas, frecuentemente curvas o flexuosas, aquellas del culmo frecuentemente planas; inflorescencias una panícula de 15-40 cm. de largo, brillantes, pálidas o purpurinas, las ramas floríferas densas, ascendentes o adpresas, muy escabrosas; glumas cerca de 1 cm. de largo, atenuadas, delgadas, hialinas, débilmente 3-nervadas; lema cerca de 2,5 mm de largo, pubescente, con presencia en el ápice de pelos conspicuos, 3-4 mm. De largo, la arista de 1-2 cm. de largo, delgada, flexuosa o levemente torcida o geniculada, más o menos torcida en la parte inferior.

Esta planta prospera en suelos degradados y desnudos, distribuida entre los 3820 y 4200 m.s.n.m. (PNUD 2003).

La Figura 8, muestra la relación del potencial hídrico de la paja (*Jarava sp.*) con la temperatura de su entorno. Como se puede observar esta planta presenta potenciales altos (negativos) en temperaturas por debajo de cero (-7,88 °C), la cual hace ver que es resistente a estas condiciones. Como potencial hídrico tiene desde -1,35 MPa a -4,13 MPa a y como promedio de entre estos datos es -2,58 MPa.

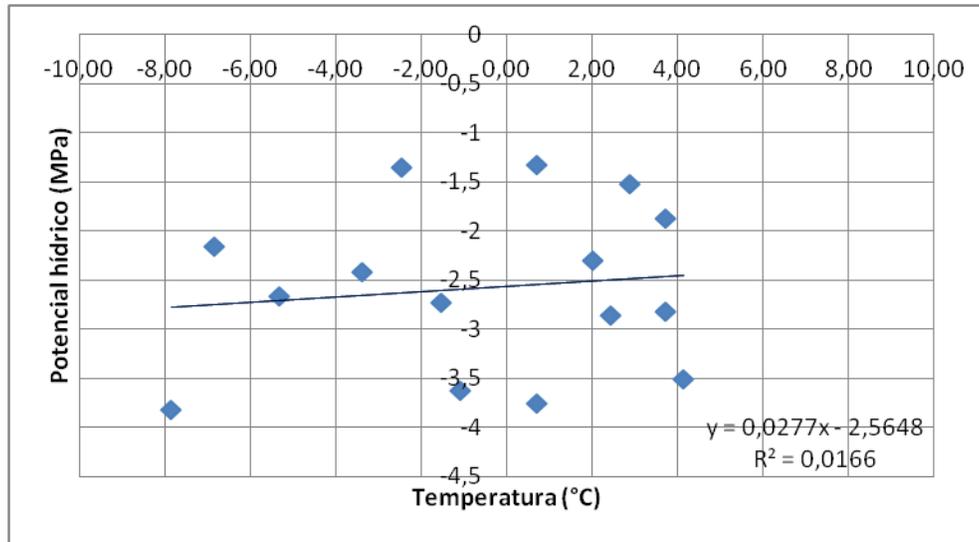


Figura 8. Respuesta de Paja o ichhu (*Jarava sp.*) a la temperatura de su entorno.

La planta es resistente a las bajas temperaturas, como se observa en la figura porque no se ha visto un estrés hídrico aun cuando en estos meses se registraron bajas temperaturas.

Según PNUD (2001), esta planta es resistente a la sequia, no tolera exceso de humedad, es conocida como planta indicadora de suelos arenosos, por lo mismo que su habitad son los pajonales de puna de suelos ligeros, en las laderas, areno - arcillosos, formando grandes comunidades de vegetación semixerófitas en suelos de una erosión avanzada.

5.1.2.4. Características fisiológicas de reloj reloj o aguja aguja (*Erodium cicutarium*) y su respuesta a la temperatura

Esta planta pertenece a la familia Geraniaceae, (bi-)anual, hasta 20 cm de altura. Toda la planta pubescente, raíz central delgada, hoja bipinnadas, flores rosadas a purpúreas. Fruto termina en forma de un aguijón, del que salen a su madurez semillas con arista espiral y con pelos largos (Pestalozzi, 1998).

PNUD (2003), menciona que esta planta se encuentra en el altiplano, en zonas alto andinas con presencia del tholar, crece en lugares predominantemente fértiles y algo abrigados, en parcelas cultivadas y en descanso que florece de diciembre a junio, se propaga por semilla

Según la información obtenida en base a los pobladores de las comunidades en estudio, esta planta es muy palatable para ovinos, vacunos, camélidos, equinos y por lo mismo se encuentra, en todas las zonas alto andinas con presencia del tholar, crece en lugares predominantemente fértiles y algo abrigados, en parcelas cultivadas y en descanso, florece de diciembre a junio. Se desarrolla en un altitud de 1900 a 3250 m.s.n.m. En floración y fructificación principalmente de diciembre a junio (Pestalozzi, 1998). Por otra parte Barboza (2005) indica que se desarrolla con mucha frecuencia en una altitud desde 1200 a 3700 m.s.n.m. y en terrenos vírgenes, en suelos modificados y en campos de cultivo.

En la Figura 9, se muestra la relación del potencial hídrico de reloj reloj (*Erodium cicutarium*) con la temperatura de su entorno. Se puede observar, la planta con potenciales altos (negativos) en temperaturas por debajo de cero y por encima de cero (-6,82°C a 8,23 °C). Por otro lado esta especie presentó potenciales hídricos desde -1,29 a 2,54 MPa y como promedio se obtuvo -1,70 MPa, en época seca que corresponde a julio, agosto y septiembre.

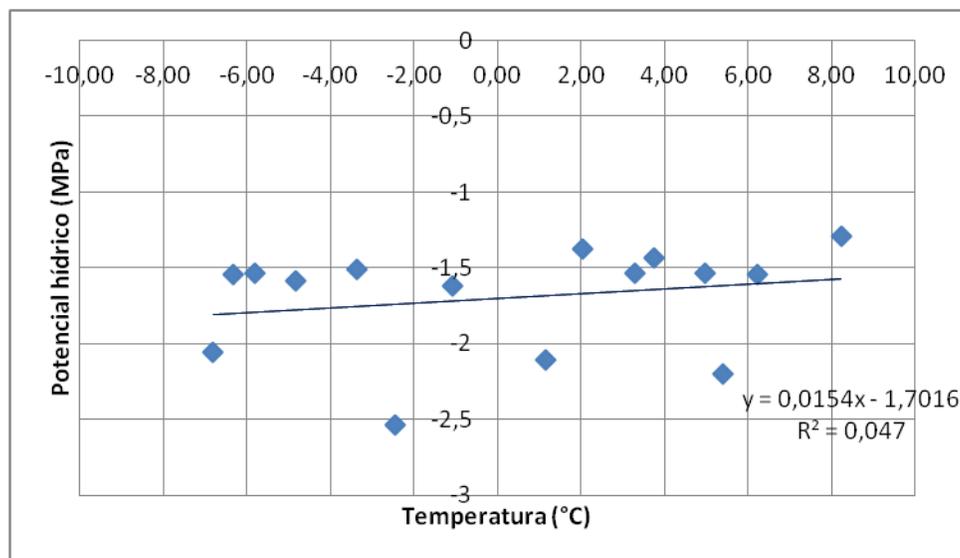


Figura 9. Respuesta de reloj reloj (*Erodium cicutarium*) a la temperatura.

Esta Figura nos indica que la planta reloj-reloj es resistente a las bajas temperaturas registradas a las tempranas horas de la mañana. En esta época de invierno hubo un cambio en tamaño porque habitualmente esta planta en época de

verano es mayor en longitud o más grande como se puede decir. Con esta respuesta se puede mencionar que la planta está evitando el grado de estrés hídrico que se genera por la presencia de bajas temperaturas, la sequia y fuertes heladas.

5.1.2.5. Características fisiológicas de chilliwa (*Festuca dolichophylla*) y su respuesta a la temperatura

Según Mayta (2009), es una planta perenne, crece en densos manojos, de 30 – 60 cm de altura; hojas de de 10 – 35 cm de largo que sobresalen las cañas floríferas generalmente; inflorescencia en panícula angosta de 10 – 16 cm de largo; espiguilla multiflora, de 9 – 10 mm de largo con glumas agudas o subagudas más cortas que la lemma; lemma de 6 – 7 mm de largo ligeramente aristada o acuminada.

Esta especie es dominante en planicies, hondonadas y laderas temporalmente húmedas (“Chilliwares”) florece de febrero a abril. Es un buen forraje para el ganado, así también protege el suelo de erosión (Pestalozzi 1998).

La Figura 10, muestra la relación del potencial hídrico de la chilliwa (*Festuca dolichophylla*) y la temperatura que se manifiesta en su alrededor. Observando la figura, esta planta con potenciales hídricos muy alto (muy negativos) de -0,903 MPa a -3,88 MPa y como promedio tiene -2,21 MPa, se desarrolla en temperaturas que están por debajo de cero o también por encima de cero (-4,31 °C a 7,83 °C), pero cabe mencionar que a mayor temperatura la planta presenta un potencial hídrico no bastante alto (muy negativo).

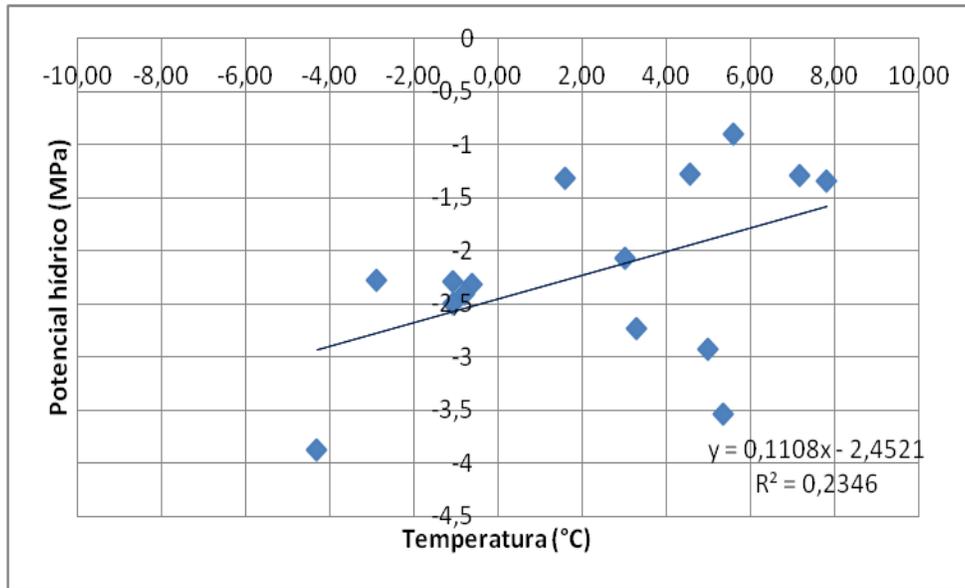


Figura 10. Respuesta de la chilliwa (*Festuca dolichophylla*) a la temperatura.

Esta figura muestra que a mayor temperatura, el potencial hídrico de la *chilliwa* (*Festuca dolichophylla*) no es muy negativo o bajo positivamente por la existencia de la humedad en el aire. Así también se puede decir que la planta se desarrolla de forma normal en temperaturas extremas con presencia de heladas.

Según Mayta (2009) es un buen forraje para el ganado ovino y camelido, resistente a sequias y siniestros climáticos como la helada y granizada así también protege el suelo de erosión.

5.1.2.6. Características fisiológicas de *Suphu thola* (*Parastrephia lepidophylla*) y su respuesta a la temperatura

Esta especie es muy importante en el balance hídrico de cuencas que constituye hábitat para especies de fauna silvestre de la puna, pertenece a la familia Compositae; Arbusto de tamaño entre los 0.5 a 2m., resinoso, lignificado, erecto, ramoso. El tallo primario no es notorio, los tallos secundarios son de forma cilíndrica, erectos, resinosos, lignificados; en número de 18, con un grosor promedio de 1.80 cm, glabros o ligeramente tomentosos. Hojas enteras semiagudas en el ápice y ensanchadas en la base, carnosas adosadas al tallo (imbricadas), albo tomentosas en la cara exterior en la nervadura central, 0.20 cm de largo y 0.1cm de ancho. Inflorescencia en capítulos, cabezuelas solitarias en

los ápices de las ramitas, sésiles; involucro acampanado de 0.5 – 0.64 cm de altura y un diámetro de 0.20 – 0.35 cm, amarillas, con 3 series de filarias, lanceoladas, enteras, curvadas hacia fuera, ovadas, obtusas, algo resinosas, glabras o pubescentes. Flores dimorfas; las flores femeninas vienen a ser las que se encuentra en el perímetro del capitulo o las marginales, que en su mayoría son en un número de 7 – 8 flores, 0.4 cm de altura, estas presentan una corola tubulosa-filiforme-angostas, corta, estilo prolongado de 0.5 cm de largo, estigma bífido de 0.1 cm de largo; las flores hermafroditas son las que se encuentran en el disco o en la parte central, presentan una corola tubular, 0.5 – 0.6 cm de altura, penta dentada-lobulada, 8 –10 flores por capitulo. Aquenios turbinados, 0.2 – 0.3 cm, marrón, veloso; pappus de 0.3 – 0.4 cm de largo con cerdas ásperas, blanquecino (PNUD 2003).

La Figura 11, muestra la relación entre el potencial hídrico de suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) con la temperatura de su entorno, como se puede ver la planta se desarrolla en climas bastante fríos, temperaturas mínima y máximas registradas (-4,54 °C a 8,03 °C), en la cual su contenido hídrico no varió. el potencial hídrico de esta especie en la época de sequia se registro de -3,22 MPa a -1,37 MPa y como promedio de los potenciales registrados se dio -2,26 MPa.

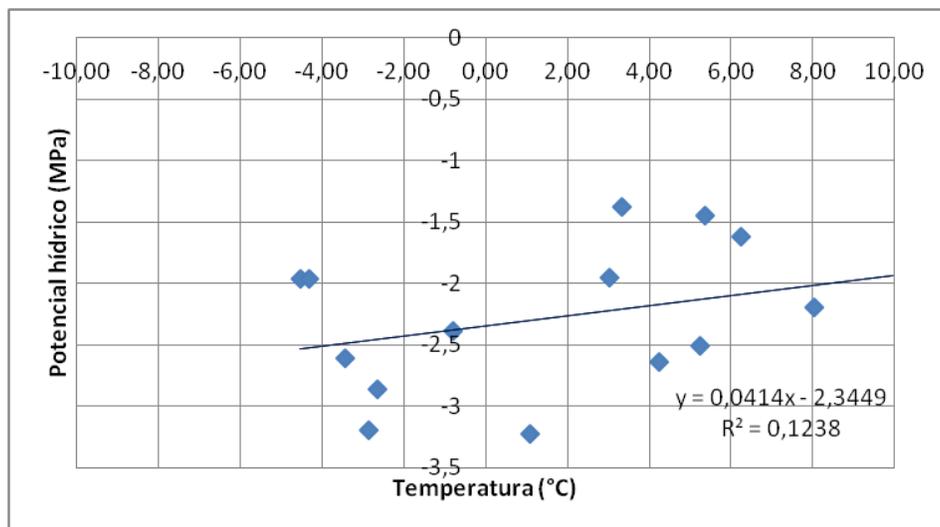


Figura 11. Respuesta de Suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) a la temperatura.

Como se observa en la figura la *Parastrephia lepidophylla* tiene un carácter tolerante a ciertas temperaturas que se registran por debajo de cero y esto crea

resistencia a los efectos de la sequía. Esta resistencia se dio por sus características morfológicas, como por ejemplo es un arbusto muy ramificado, tiene un tallo lignificado y resinoso con una estructura foliar de hojas escamiformes muy apretadas que llevan un indumento albotomentoso sobre la nervadura central cóncava. Por otro lado haciendo mención a su potencial hídrico foliar *Parastrephia lepidophylla* presenta de -1,70 MPa en época seca y -0,8 MPa en época húmeda; esto es por encima de *Solanum tuberosum* y *Chinopodium sp.* y por debajo de halofitas “kauchi” *Suaeda foliosa*. Estos valores es principalmente debido a que en época seca la concentración de solutos en la célula es mayor lo que hace que aumente la tensión para absorber más agua del medio (Alzerreca et al. 2002).

Según Alzerreca *et al.* (2002) *suphu thola* es la más importante por su abundancia y amplia distribución en varios pisos ecológicos del altiplano y altoandinas de Perú, Argentina y Chile. Así también esta planta tiene bajo requerimiento de agua y es resistente a sequías, por lo mismo que se asocia con la *Festuca sp.* y *Stipa sp* (Villarpando *et al.*, 2011), asimismo se desarrolla en una altitud de 3850 a 5000 msnm, la cual indica que esta planta podría llegar a soportar mayores temperatura bajo cero.

5.2. Características ecosistémicas de las comunidades de estudio

5.2.1. Chiaraque

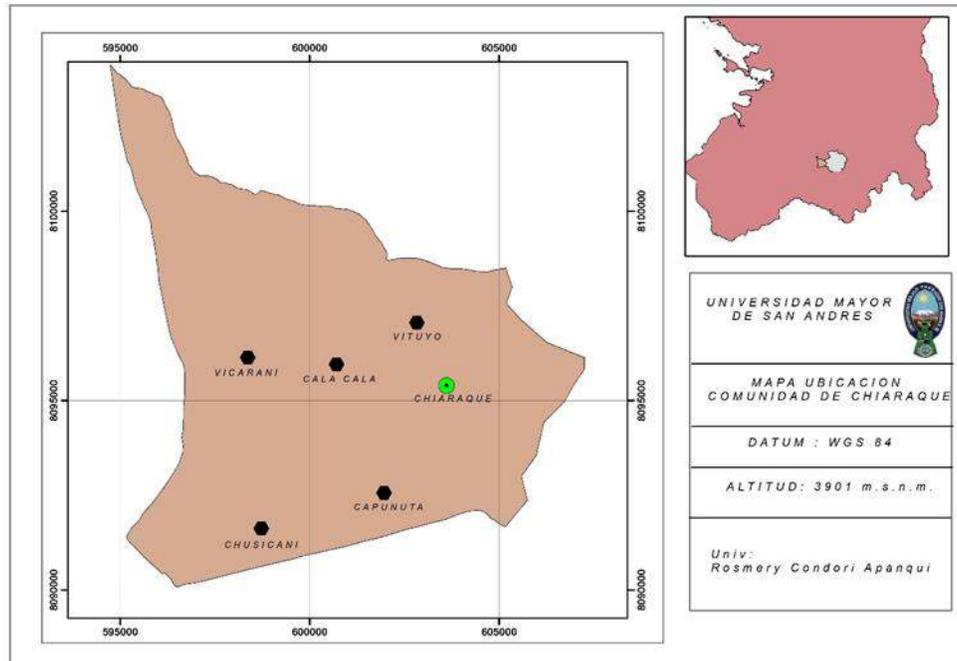


Figura 12. Localización geográfica de Chiaraque, *Fuente: Elaboración propia*

Según PDM de Patacamaya (2012-2016) Chiaraque limita al norte con la Tercera Sección Ayo Ayo, al sur con la Segunda Sección Umala, al este con los cantones San Martín de Iquiaca y Villa Patarani, y al oeste con la Provincia Pacajes. Se encuentra entre 3650 a 4370 msnm.

La comunidad de Chiaraque se encuentra ubicada a 12 km de la ciudadela de Patacamaya, con una temperatura de 21 °C máximo y como mínimo -5,2 °C, las temperaturas a temprana hora se registran por debajo de cero, por lo cual a estas horas por la baja de la temperatura las plantas sufren un estrés por efecto de la helada. Las temperaturas se muestran en la (Figura 5).

Las especies predominantes en la comunidad Chiaraque en general en épocas de estiaje se muestra en la **Tabla 2**.

TABLA: 2 Especies características de Chiaraque del municipio de Patacamaya

NOMBRE COMUN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	USO
Ñak'a thola	Compositae	<i>Baccharis incarum</i>	Leña, medicinal y forraje
Suphu thola	Compositae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Leña, forraje
Reloj reloj	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>	Forraje
Pasto	Gramineae	<i>Chondrosom simplex</i>	Forraje
Garbancillo	Leguminosae	<i>Astragalus sp.</i>	Toxico
Añahuaya	Leguminosae	<i>Adesmia sp.</i>	Forrajera y mejoramiento de suelos
Pasto	Gramineae	<i>Nassella sp.</i>	Forraje
Chilliwa	Gramineae	<i>Festuca dolichophylla</i>	Construcción y forraje
Urco chiji	Gramineae	<i>Distichlis humilis</i>	Forraje
Layu layu	Leguminosae	<i>Trifolium amabile</i>	Forraje
Sillu sillu	Rosaceae	<i>Lachemilla pinnata</i>	Forraje medicinal
Q'achu chiji	Gramineae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Forraje
Paja o ichhu	Gramineae	<i>Jarava sp.</i>	Forraje, construcción, etc.

Fuente: Diagnostico sectorial (por encuestas 2014), Ajuste PDM Patacamaya/ 2007-2011.

Según el diagnóstico predial de las parcelas en estudio se identificaron especies con carácter de tolerancia a la sequía y la helada en los meses de julio, agosto y septiembre, estadio en el cual las temperaturas se encuentran por debajo de cero. Las especies tolerantes a la sequía se muestran en la **Tabla 3**:

TABLA: 3 Especies resistentes a la época de invierno en la comunidad de Chiaraque del municipio de Patacamaya.

NOMBRE COMUN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO
Ñak'a thola	Compositae	<i>Baccharis incarum</i>
Suphu thola	Compositae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>
Pasto	Gramineae	<i>Nassella sp.</i>
Reloj reloj	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>
Garbancillo	Leguminosae	<i>Astralagus sp.</i>
Añahuaya	Leguminosae	<i>Adesmia sp.</i>
Chilliwa	Gramineae	<i>Festuca dolichophylla</i>
Layu layu	Leguminosae	<i>Trifolium amabile</i>
Sillu sillu	Rosaceae	<i>Lachemilla pinnata</i>
Paja o ichhu	Gramineae	<i>Jarava sp.</i>

Fuente: elaboración propia en base al diagnóstico predial de la comunidad.

Evidentemente la zona de Chiaraque tiene características de clima frío, ya que esta región es caracterizada por ese comportamiento climatológico. Según Beck (2006) indica que esta zona está caracterizada por contar con especies de clima frío y seco, lo cual coincide con esta investigación.

Asimismo las especies de la **Tabla 3** como: pasto (*Nassella sp.*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), paja o ichhu (*Jarava sp.*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) y chilliwa (*Festuca dolichophylla*) están presentes en las 4 parcelas con diferentes años de descanso, la cual nos indica que son las que más abundan en la mayoría de las parcelas de la comunidad y que su capacidad de resistir, tolerar y evitar es mayor que de otras especies.

5.2.1.1. Potencial hídrico de las principales especies resistentes a los efectos de la temperatura en las praderas de pastoreo

La Figura 5, muestra los potenciales hídricos de las especies en la comunidad de Chiaraque en la cual, se observa una variación entre -4,13 MPa en la especie

paja o ichhu (*Jarava sp.*) a -2,52 MPa en reloj reloj (*Erodium cicutarium*) en época de invierno y -2,20 MPa en chilliwa (*Festuca dolichophylla*) a -1,50 MPa en pasto (*Nassella sp.*) época de verano. La cual indica que los potenciales altos (muy negativos) pertenecen a especies más secas y las menores a las especies con gran cantidad de agua en sus tejidos.

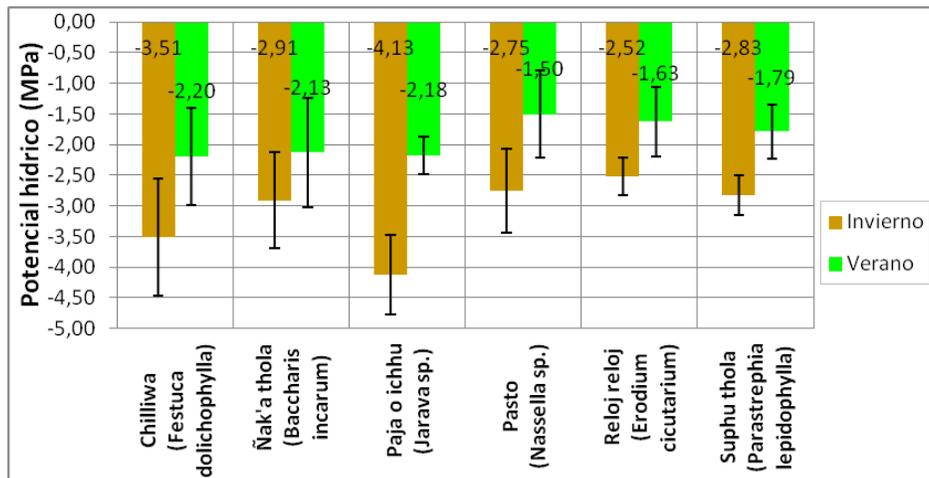


Figura 13. Potencial hídrico de especies principales en la comunidad de Chiaraque del municipio de Patacamaya.

Como se puede observar, estas especies son resistentes a las variaciones de la temperatura efectos del cambio climático que se vive en hoy en día. Y que también cada una de ellas tolera las situaciones de la humedad en el suelo.

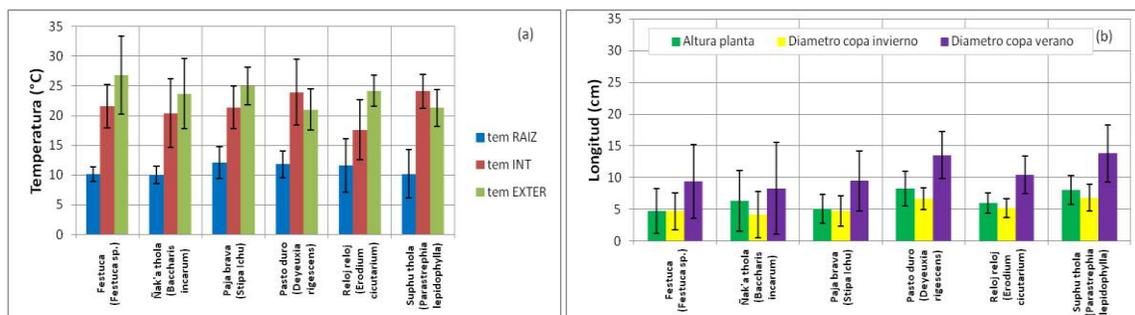


Figura 14. (a) Temperaturas de la rizosfera, interior copa, exterior y (b) altura y diámetro de la copa en la comunidad de Chiaraque del municipio de Patacamaya.

Asimismo, se ha observado que las especies con potenciales hídricos tienen una variación entre sus temperaturas, siendo las externas más altas (Figura 14a); por otro lado los individuos tienen una gran variación en longitud tanto en época de invierno y verano (Figura 14b). Como es de ver las longitudes en época de

invierno son más pequeños como es de la especie reloj reloj (*Erodium cicutarium*) ya que en época lluviosa o verano esta tiende a adquirir una longitud mayor como se muestra en la figura.

Las plantas que se mencionan en la figura se desarrollan de forma normal en las altitudes en la que se encuentran las praderas de pastoreo de la comunidad de Chiaraque, que están entre 3650 a 4370 m.s.n.m (PDM 2012-2016),

5.2.1.2. Potencial hídrico en las principales especies de las parcelas con descanso

La Figura 15, muestra el potencial hídrico de las especies en relación con las parcelas en descanso. Como se puede observar, hay diferencias en cada parcela, la parcela con mayor a 12 años de descanso tiene en promedio menor potencial como -2,32 MPa en invierno y 1,06 MPa en verano, asimismo las especies que predominan en parcelas con menor año de descanso como 1-3 años tienen un potencial promedio de -3,83 MPa en invierno y -2,49 MPa en verano.

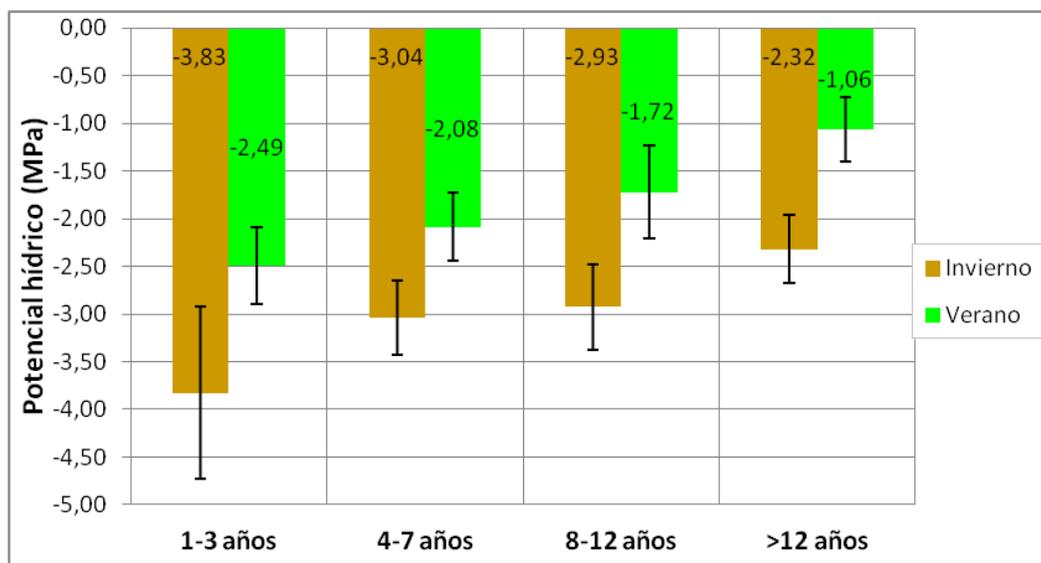


Figura 15. Potencial hídrico de especies principales en la comunidad de Chiaraque según los años de descanso de las parcelas.

Estas diferencias de los potenciales en las parcelas según el año de descanso posiblemente es por la estructura de suelo que tenga cada una y por la humedad

existente en la napa freática. Por lo tanto las parcelas con menor año de descanso no cuentan con una cobertura vegetal total sino que están dispersos.

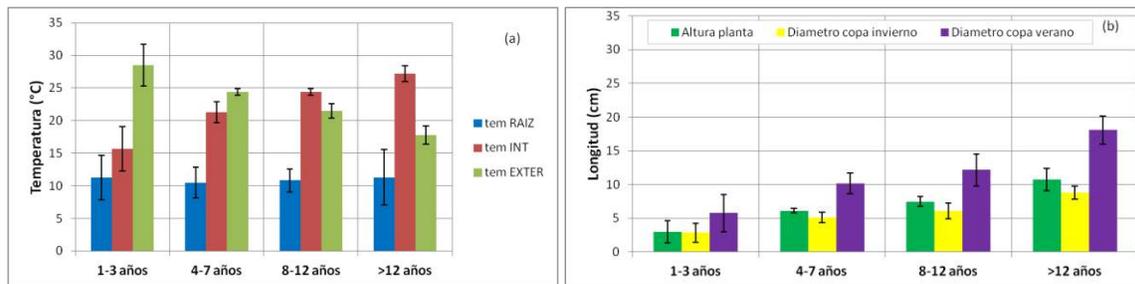


Figura 16. Temperaturas de la rizosfera, interior copa, externa y (b) altura y diámetro de la copa en las parcelas con diferentes años de descanso en la comunidad de Chiaraque del municipio de Patacamaya.

Por otro lado, se ha observado que las parcelas con diferentes años de descanso, las especies no tienen una variación de temperatura en la raíz, pero si hay en temperaturas internas de la planta y así también en temperaturas externas como se observa en la (Figura 16a).

Asimismo los potenciales hídricos de las plantas en la comunidad en relación con las longitudes (Figura 16b) son diferentes la cual indica que dependen de la cantidad de agua existente en el suelo y la cantidad de años que tenga cada parcela.

Las parcelas de descanso en la comunidad se encuentran por encima de 3650 a 4370 msnm, según (PDM 2012 a 2016), por lo mismo que las plantas sufren con mayor intensidad el estrés ocasionado por la falta de agua en el suelo y la presencia de las bajas temperaturas, pero también hay especies que resisten estos efectos debido a que presentan dureza en sus tejidos la cual ayuda contrarrestan el estrés.

Por otro lado para el pastoreo de animales la mejor parcela es la que cuentan con 4-7 D, 8-12D y mayor a 12 años de descanso porque son las que cuentan con porcentaje alto de composición florística y por lo tanto las parcelas con 1-3 años de descanso son utilizadas para el pastoreo en época de verano ya que el todo el cantón de Chiaraque tiene 2181 ha para pastoreo de animales y 3050 ha en

descanso y cada familia cuenta con un promedio de 8 bovinos, 50 ovinos y 4 camelidos (PDM 2012- 2016).

5.2.1.3. Relación del potencial hídrico, diámetro de planta con el contenido gravimétrico de agua en el suelo

La Figura 17, muestra el contenido gravimétrico de agua en la planta de las parcelas con 1-3 años de descanso (Figura 17a), 4-7 años de descanso (Figura 17b), 8-12 años de descanso (Figura 17c) y mayor de 12 años de descanso (Figura 17d). Como se puede observar que a mayor potencial hídrico (muy negativo), el contenido hídrico es moderado, así también respecto al diámetro a mayor diámetro el contenido es variable en cada parcela.

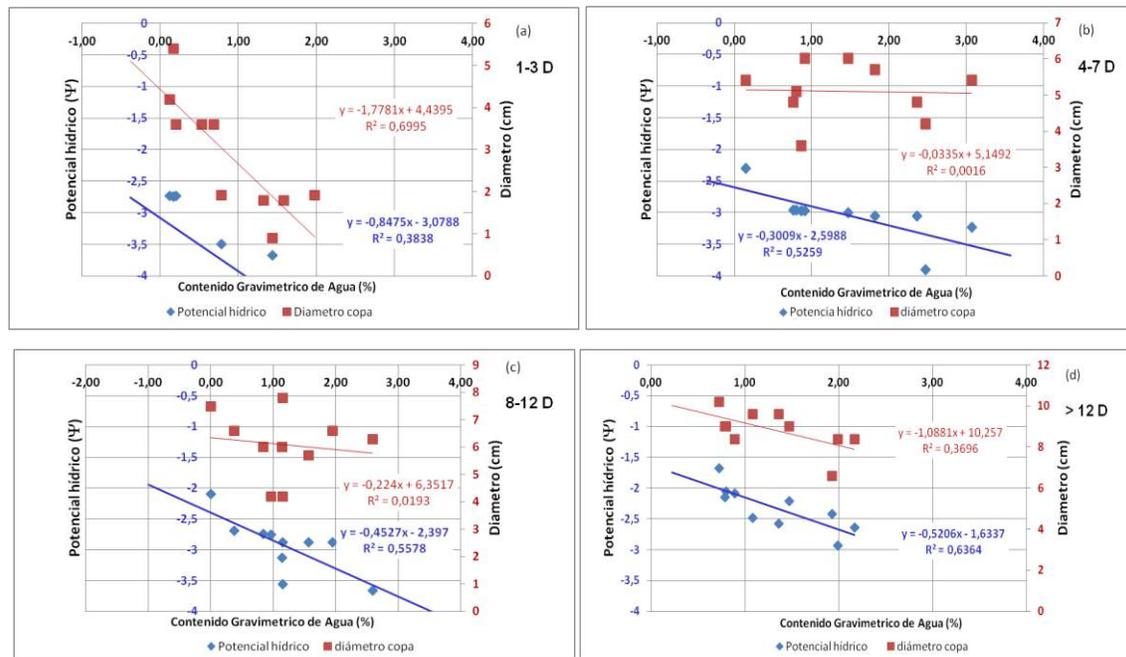


Figura 17. Contenido gravimétrico de agua en las parcelas con descanso con diferentes años de descanso de la comunidad de Chiaraque del municipio de Patacamaya.

Asimismo se ha observado que el contenido del agua en las parcelas son variables según la cantidad de años que tenga cada una. Como se muestra en la (Figura 17a), el porcentaje del contenido gravimétrico de agua es poco significativo por lo que las plantas se encuentran dispersas por la cantidad de años de descanso que tiene la parcela. Así también la (Figura 17b), (Figura 17c) y (17d) que representa parcelas con 4-7, 8-12 y >12 años de descanso donde el

contenido gravimétrico es significativo en base al potencial hídrico lo que quiere decir que la planta que cuenta con un potencial hídrico alto (muy negativo) que representa a especies de plantas que pertenecen a gramíneas y tholas cuenta con un porcentaje alto de agua en el suelo, esto porque esta plantas con sus diámetro o fitomasa forman un microclima en el suelo, dando lugar a otras plantas más pequeñas e insectos que podrían ser benéficos.

5.2.2. Villa Patarani

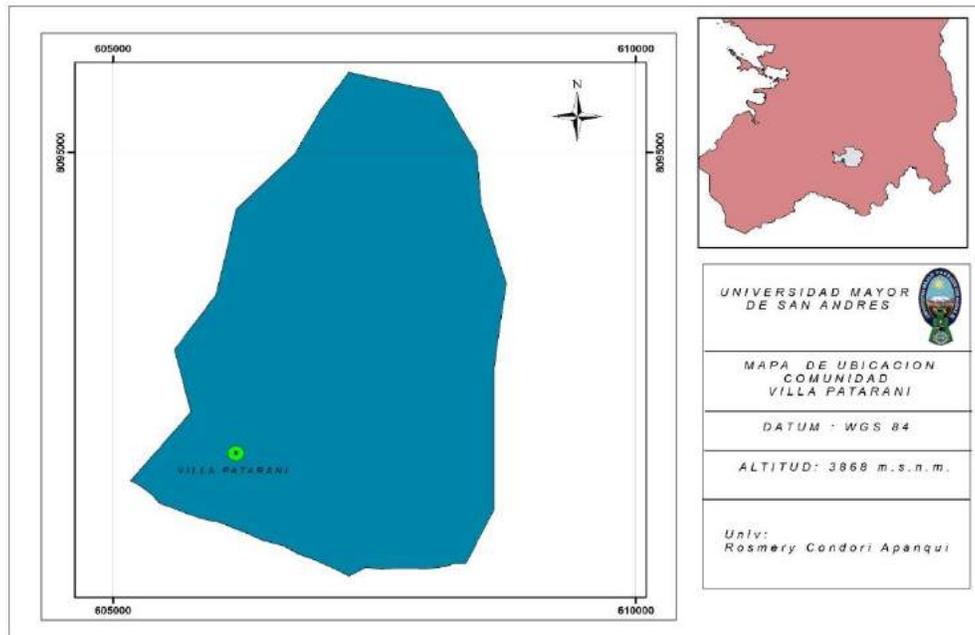


Figura 18. Localización geográfica de la comunidad de Villa Patarani. Fuente: Herve et al. (2006)

Según PDM de Patacamaya (2012-2016), Villa Patarani, limita al norte y al oeste con el canton San Martin de Iquiaca, al sur con la segunda sección Umala, al oeste con el cantón Chiaraque, está a 10 km de la ciudadela de Patacamaya. Se ubica por encima de 3650 msnm.

La comunidad de Villa Patarani tiene estadios muy irregulares, donde los efectos del cambio climático atraviesan con más severidad en la producción agropecuaria del sector (según los pobladores). Es una zona básicamente con características fisiológicas de xerofitas.

Tiene un clima similar a la comunidad de Chiaraque por lo tanto la tendencia de las temperaturas en los meses julio, agosto y septiembre, véase la (Figura 5).

Según Choque (2012), Patarani pertenece a la provincia fisiográfica del altiplano, formada por colinas bajas hacia el norte, estas colinas localmente se denominan Jacha y Jisqa loma.

Con respecto a suelos según en PDM de Patacamaya (2007-2011), se establece que la comunidad de Patarani presenta suelos francos arcillosos, con pH ligeramente básico a neutro, la profundidad de la capa arable es de 30 a 45 centímetros, la humedad del suelo es baja.

Las especies características de la comunidad se muestran en la **Tabla 4**:

TABLA: 4 Especies predominantes de la comunidad de Villa Patarani.

NOMBRE COMÚN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	USOS
Cola de Raton	Gramineae	<i>Hordeum muticum</i>	Forraje
Ñak'a thola	Compositae	<i>Baccharis incarum</i>	Leña, medicinal
Mostacilla	Brassicaceae	<i>Brassica campestris</i>	Medicinal
Garbancillo	Leguminosae	<i>Astragalus sp.</i>	Toxica
Reloj reloj	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>	Alimento para ganado
Añahuaya	Leguminosae	<i>Adesmia sp.</i>	Forrajera, mejoramiento de suelos
Layu layu	Leguminosae	<i>Trifolium amabile</i>	Forraje
Cebadilla	Gramineae	<i>Bromus catharticus</i>	Forraje
Quinoa silvestre	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium sp.</i>	Forraje, medicina
Urco chiji	Gramineae	<i>Distichlis humilis</i>	Forraje
Chilliwa	Gramineae	<i>Festuca dolichophylla</i>	Forraje, construcción,
Iru ichu	Gramineae	<i>Festuca orthophylla</i>	Construcción, forraje.
Sillu sillu	Rosaceae	<i>Lachemilla pinnata</i>	Forraje, medicinal
Q'achu chiji	Gramineae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Forraje
Pasto	Gramineae	<i>Nassella sp.</i>	Forraje
Suphu thola	Compositae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Forraje, construcción, leña, medicinal, mejoramiento de suelo.
Paja o ichhu	Gramineae	<i>Jarava sp.</i>	forraje

Fuente: Diagnostico sectorial 2014, ajuste PDM Patacamaya 2007-2011.

La **Tabla 4**, muestra la vegetación de la comunidad de Villa Patarani, dentro de esta misma, se muestra especies que tiene doble propósito como es la thola, especie tanto forraje y mejoradora de suelo, también muchos tienen propósitos iguales. En cuanto se puede decir que una vegetación genera un microclima o

condiciones del clima favorable tanto para el hombre como para muchos macro y micro organismos del suelo, ya que la mayoría son benéficos para la vida vegetal.

TABLA: 5 Especies resistentes a la época de invierno en la comunidad de Villa Patarani del municipio de Patacamaya.

NOMBRE COMÚN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO
Ñak'a thola	Compositae	<i>Baccharis incarium</i>
Garbancillo	Leguminosae	<i>Astragalus sp.</i>
Reloj reloj	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>
Añahuaya	Leguminosae	<i>Adesmia sp.</i>
Paja o ichhu	Gramineae	<i>Jarava sp.</i>
Llawara	Gramineae	<i>Stipa sp.</i>
Pasto	<i>Nassella sp.</i>	Gramineae
Suphu thola	Compositae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>
Quinoa silvestre	<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Chenopodium sp.</i>
Chilliwa	Gramineae	<i>Festuca dolichophylla.</i>

Fuente: Elaboración propia

Las especies mencionadas en la **Tabla 5**, como: Pasto (*Nassella sp.*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), paja o ichhu (*Jarava sp.*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) y chilliwa (*Festuca dolichophylla*), se encontraron en todas las parcelas de estudio por lo mismo que se identificó como especies con carácter tolerante a condiciones climáticas adversas.

5.2.2.1. Potencial hídrico en las principales especies de las praderas de pastoreo de la comunidad de Villa Patarani

La Figura 19, muestra los potenciales hídricos de las especies de la comunidad de Villa Patarani del municipio de Patacamaya, donde se observa que existe variación en potencial de -3,14 MPa para paja o ichhu (*Jarava sp.*) a -1,96 MPa que corresponde a la especie ñak'a thola (*Baccharis incarum*), esto en época de invierno donde las temperaturas se registran por debajo de cero, así también en época de verano donde los potenciales se presentan desde -1,91 MPa en la Pasto (*Nassella sp.*) a -1,52 MPa en la especie chilliwa (*Festuca dolichophylla*).

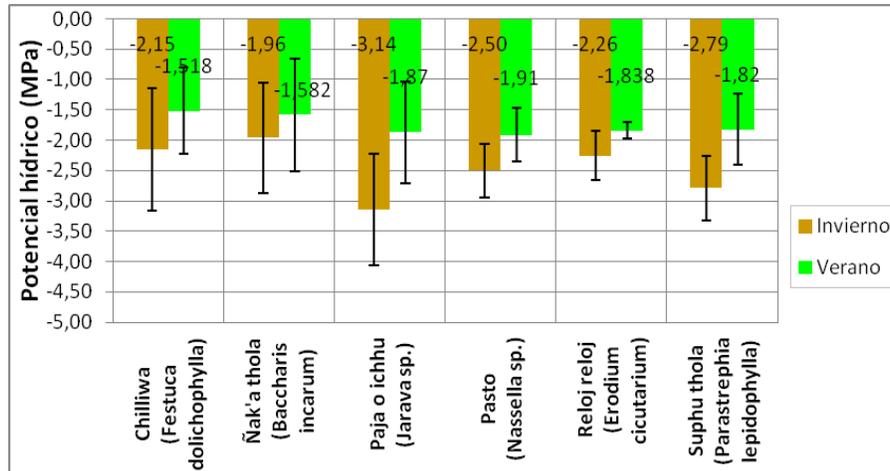


Figura 19. Potencial hídrico de especies principales en la comunidad de Villa Patarani del municipio de Patacamaya.

Por lo tanto esta figura muestra que existe diferencia en los potenciales hídricos en las especies que se registraron tolerantes a la sequia presente en esta época de invierno.

Así también se observó que las especies con potenciales hídricos tienen una variación entre sus temperaturas, como: en la raíz no varía la temperatura en todas las especies ya que está por encima de 9°C; en la parte interna de la planta presenta temperaturas de 16,26°C en reloj reloj (*Erodium cicutarium*) luego el más alto 22,15 °C en la especie suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) y por último la temperatura externa no varía mucho por lo que la mayoría está por encima de 14°C a 16°C (Figura 20a); por otro lado, los individuos mas altos han sido pertenecientes a las gramíneas (Figura 20b).

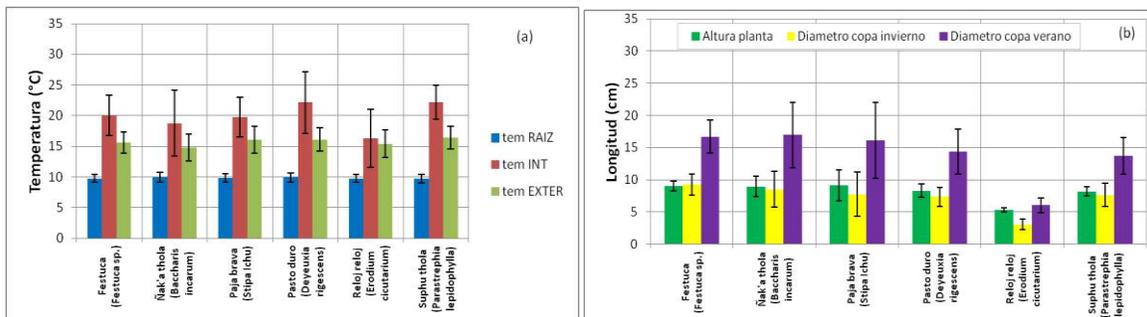


Figura 20. (a) Temperaturas de la rizosfera, interior copa, exterior y (b) altura y diámetro de la copa en la comunidad de Villa Patarani del municipio de Patacamaya.

Como se puede observar, existe diferencia en crecimiento de altura y diámetro (extensión de sus follajes). En la época de invierno del año 2014, las plantas mencionadas en la (Figura 20a 20b) tuvieron un desarrollo no muy eficiente como se dio en la época de verano.

La comunidad tiene un clima frío y seco más que todo en la época de estiaje, la cual no beneficia al desarrollo óptimo de las plantas. Si no que las mismas crean sus mecanismos de tolerancia a los efectos de las bajas temperaturas, sequías y otros.

5.2.2.2. Potencial hídrico en las principales especies de las parcelas con descanso

La Figura 21, muestra el potencial hídrico de las especies en relación con las parcelas en descanso. Como se puede observar, hay diferencias en cada parcela. la parcela con mayor a 12 años de descanso tiene en promedio menor en potencial como -1.88 MPa en invierno y 1,10 MPa en verano y las especies que tienen potenciales altos son parcelas de 1-3 años tienen donde sus potenciales están de -2,84 MPa en invierno y -2,18 MPa en verano.

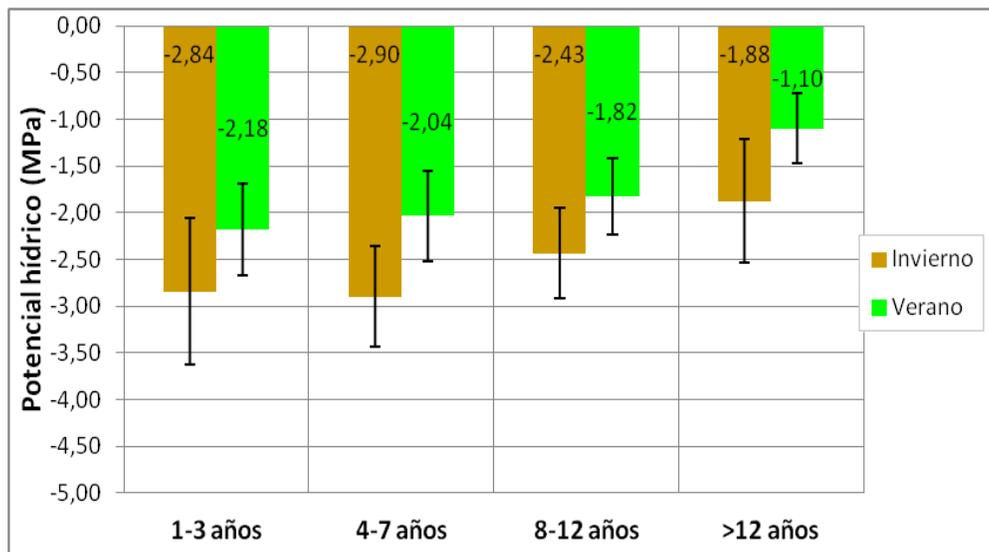


Figura 21. Potencial hídrico de especies principales en la comunidad de Villa Patarani según los años de descanso de las parcelas.

Estas diferencias de los potenciales en las parcelas según el año de descanso posiblemente es por la estructura de suelo que tenga cada una, por tal razón las

parcelas con menor año de descanso son los que no cuentan con una cobertura vegetal total sino que están dispersos.

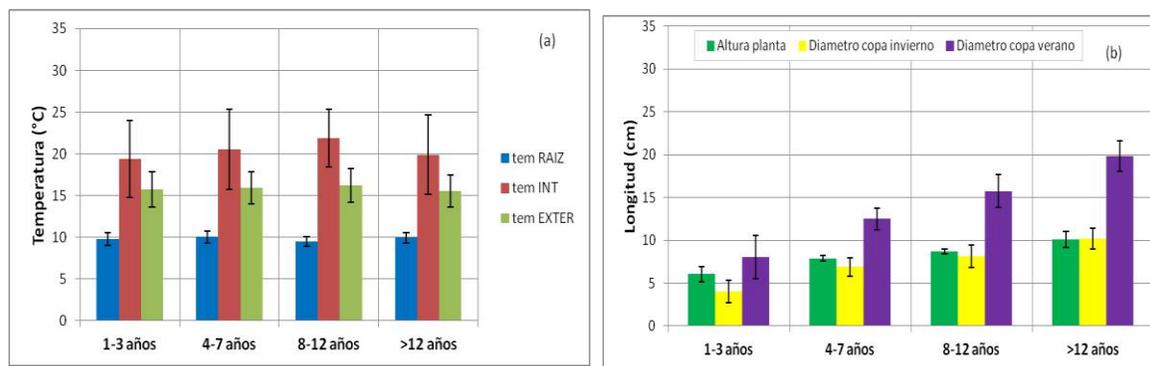


Figura 22. Temperaturas de las rizosferas, interior copa, externa y (b) altura y diámetro de la copa en las parcelas con las diferentes años de descanso en la comunidad de Villa Patarani del municipio de Patacamaya.

Asimismo se ha observado que las especies con los potenciales hídricos tienen una variación entre sus temperaturas en cada parcela con diferente edad de descanso (Figura 22a), por otro lado los individuos más altos han sido los pertenecientes a la parcela como > 12 años de descanso (Figura 22 b).

Para el pastoreo de los animales la mejor parcela es la que cuentan con 4-7 D, 8-12D y mayor a 12 años de descanso porque son las que cuentan con porcentaje alto de composición florística. Por otro lado son estas más utilizadas para el pastoreo de camélidos y ganado ovino y por lo tanto las parcelas con 1-3 años de descanso son utilizadas para el pastoreo en época de verano ya que el todo el canton Villa Patarani tiene 700 ha para pastoreo de animales y 150 ha en descanso (PDM 2012- 2016) y según los pobladores de la comunidad así también cada familia cuenta con un promedio de 9 bovinos, 40 ovinos y 8 camelidos.

5.2.2.3. Contenido hídrico en las principales especies en parcelas con diferentes años de descanso

La Figura 23, muestra el contenido gravimétrico de agua en la planta de la parcela con 1-3 años de descanso (Figura 23a), 4-7 años de descanso (Figura 23b), 8-12 años de descanso (Figura 23c) y mayor de 12 años de descanso (Figura 23d).

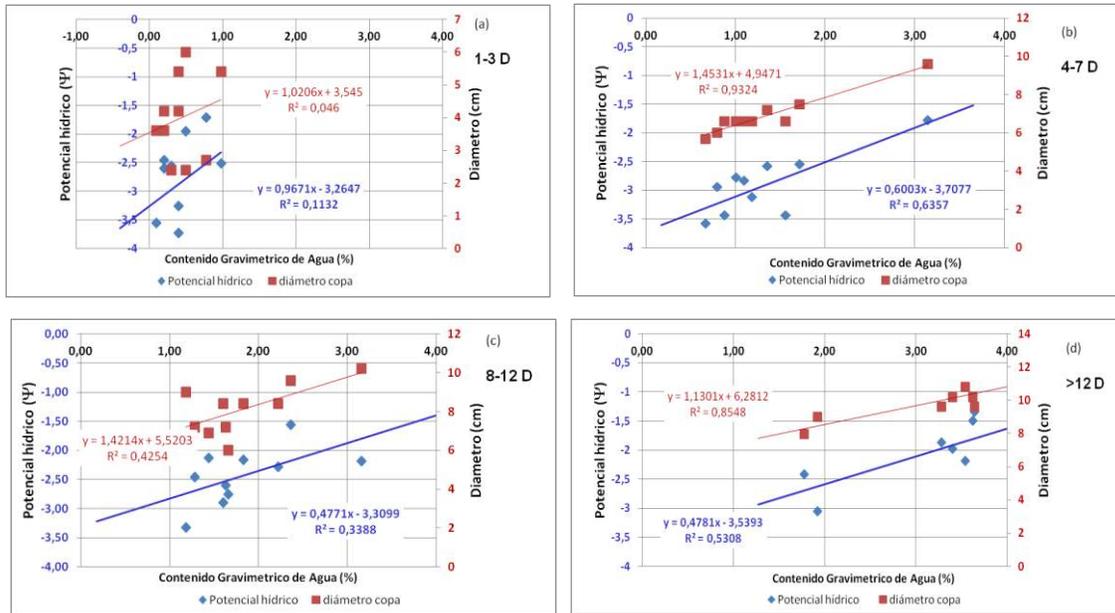


Figura 23. Contenido gravimétrico de agua en las parcelas con descanso con diferentes años de descanso de la comunidad de Villa Patarani del municipio de Patatamaya.

Como se puede observar hay diferencia significativa en cada una de las parcelas. como en la parcela 1-3 años descanso (1-3 D) (Figura 23a) tanto el potencial y diámetro no intervienen al contenido hídrico, si no que asimismo muestran su tolerancia a los bajas temperaturas y a los fuertes heladas presentes en el lapso es estos tres meses (julio, agosto y parte de septiembre), en la parcela 4-7 años de descanso (4-7 D) (Figura 23b) como se puede ver a mayor potencial menor es el contenido gravimétrico de agua y lo mismo en el diámetro, a mayor tamaño la cantidad es mayor tambien. Esto posiblemente por la cobertura presente en el lugar, la cual los protege de la temperatura extrema.

5.2.3. Alto Patacamaya

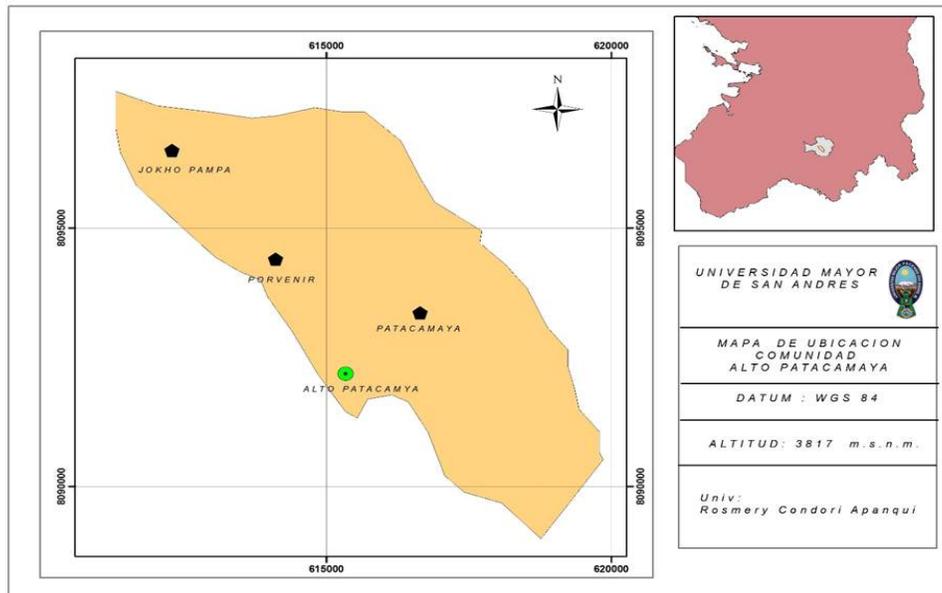


Figura 24. Localización geográfica de la comunidad de Alto Patacamaya

Según PDM de Patacamaya (2012-2016), Alto Patacamaya se ubica a una altitud de 3785 a 3899 msnm aproximadamente.

La comunidad de Alto Patacamaya tiene estadios irregulares, donde los efectos del cambio de temperatura atraviesan con severidad en la producción agropecuaria del sector según los pobladores. Existe más producción pecuaria (ganado bovino) por lo tanto el uso de praderas de pastoreo es mas frecuente.

La comunidad de Alto Patacamaya, se encuentra ubicado a 1 km de la ciudadela de Patacamaya, con una temperatura de 21 °C máximo y como mínimo -5,2°C, las temperaturas a tempranas hora se registran por debajo de cero en los meses de invierno, asimismo cabe decir que en las horas de la madrugada, las plantas con la baja temperatura en el aire, sufren un estrés hídrico, la cual hace que se produzca un congelamiento de los tejidos, véase la (**Figura 5**). Las especies forrajeras predominantes en la zona son:

TABLA: 6 Especies predominantes en la comunidad de Alto Patacamaya

NOMBRE COMÚN	Familia	NOMBRE CIENTIFICO	USOS
Cebadilla	Gramíneae	<i>Bromus catharticus</i>	Forraje
Quinoa silvestre	Chenopodiaseae	<i>Chenopodium sp.</i>	Forraje y medicinal
Urco chiji	Gramineae	<i>Distichlis humilis</i>	Forraje
Chilliwa	Gramineae	<i>Festuca dolichophylla</i>	Construcción y forraje
Iru ichu	Gramineae	<i>Festuca orthophylla</i>	Construcción y forraje
Suphu thola	Compositae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Forraje, leña, medicinal, mejora el
Sillu sillu	Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	Forraje, medicinal.
Q'achu chiji	Gramineae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Forraje
Paja o ichhu	Gramineae	<i>Jarava sp.</i>	Forraje y construccion
Ñak'a thola	Compositae	<i>Baccharis incarum</i>	Leña forraje
Reloj reloj	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>	Forraje
Pasto	Gramínea	<i>Nassella sp.</i>	Forraje

Fuente: Diagnostico sectorial 2014, Ajuste PDM Patacamaya/ 2007-2011

Como se puede observar la zona de Alto Patacamaya cuenta con distintos especies con fines alimenticios para el ganado, asimismo especies con fines curativos o medicinales como es la pampa wira wira (*Belloa piptolepis*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*) entre otros. Por otro lado también cabe mencionar que algunas de las especies registradas en la **Tabla 6** como: Paja (*Jarava sp.*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), pasto (*Nassella sp.*), Suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) y chilliwa (*Festuca dolichophylla*), presentan el carácter tolerante a la falta de agua en época seca y a las bajas temperaturas que se presentan en los meses de estiaje como es julio, agosto y septiembre, donde las temperaturas se registran por debajo de 0° C. Las especie con características de tolerancia a la sequia y a bajas temperaturas en muestra en la **Tabla 7**:

TABLA: 7 Especies resistentes a la época de invierno en la comunidad Alto Patacamaya del municipio de Patacamaya

NOMBRE COMÚN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO
Quinoa silvestre	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium sp.</i>
Urco chiji	Gramineae	<i>Distichlis humilis</i>
Chilliwa	Gramineae	<i>Festuca dolichophylla</i>
Iru ichu	Gramineae	<i>Festuca ortophylla</i>
Suphu tola	Compositae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>
Paja o ichhu	Gramineae	<i>Jarava sp.</i>
llawara	Gramineae	<i>Stipa sp.</i>
Ñak'a thola	Compositae	<i>Baccharis incarum</i>
Reloj reloj	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>
Pasto	Gramíneae	<i>Nassella sp.</i>

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 7**, se muestra las especies resistentes a las bajas temperaturas en relación a la edad de cada parcela estudiada con diferentes años de descanso, como: Pasto (*Nassella sp.*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), paja o ichhu (*Jarava sp.*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu tola (*Parastrephia lepidophylla*) y chilliwa (*Festuca dolichophylla.*), los cuales predominan en todas las parcelas estudiadas.

5.2.3.1. Potencial hídrico en las principales especies de las praderas de pastoreo

La Figura 25, muestra los potenciales hídricos de las especies de la comunidad de Alto Patacamaya, en lo cual se observa una variación entre -3,36 MPa en paja o ichhu (*Jarava sp.*) a -2,05 MPa en chilliwa (*Festuca dolichophylla*) en época de invierno y -2,09 MPa en la especie paja (*Jarava sp.*) a -1,16 MPa en reloj reloj esto en época de verano. La cual indica que los potenciales alto (más negativos) pertenecen a especies más secas y las menores a las especies con gran cantidad de agua en sus tejidos.

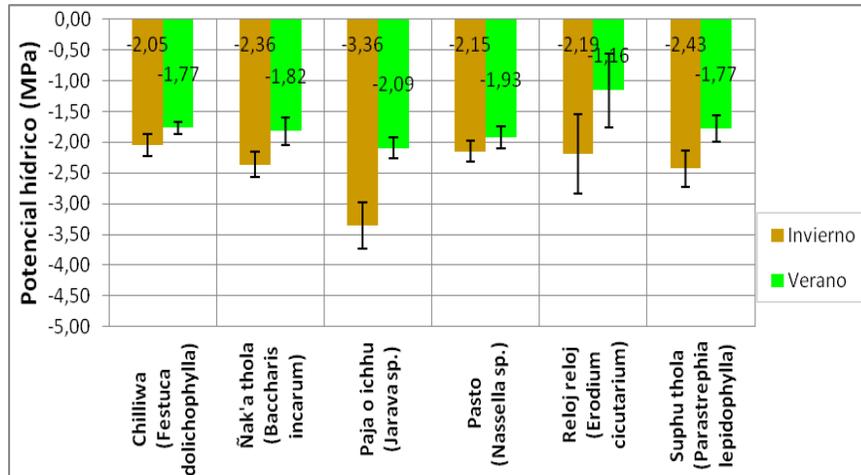


Figura 25. Potencial hídrico de especies principales en la comunidad de Alto Patacamaya del municipio de Patacamaya.

Como se puede observar, estas especies son resistentes a la sequia, helada y a las bajas temperaturas efecto del cambio climático. Por otro lado se puede ver que en todas las especies no hay mucha variación en temperaturas rizosfericas e internas, mientras si existe variación en temperaturas externas (Figura 26a). Así también se muestra las longitudes de cada especie, las cuales son muy diferentes cada una y entre ellas hay mucha variación tanto en época de invierno y verano (Figura 26b).

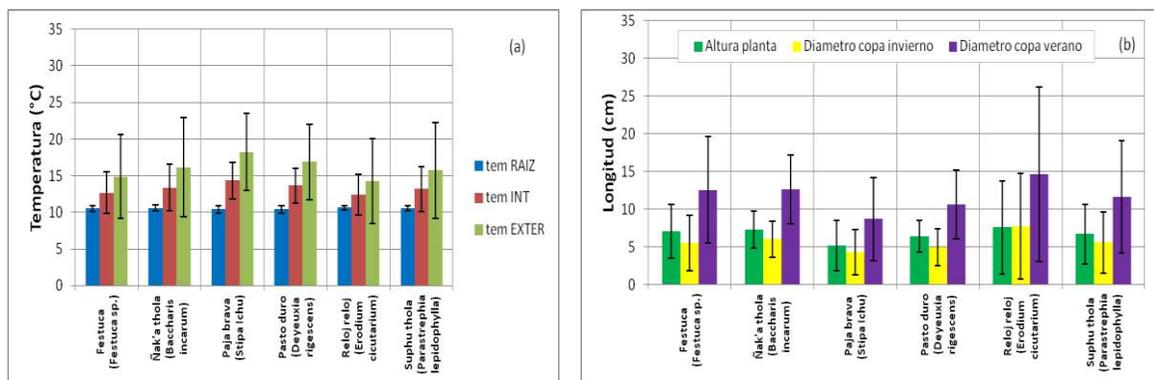


Figura 26. (a) Temperaturas de la rizosfera, interior copa, exterior y **(b)** altura y diámetro de la copa en la comunidad de Alto Patacamaya del municipio de Patacamaya.

Cada especie mencionada en la Figura 26, son resistentes a las variaciones climatológicas adversas y en consecuencia posiblemente a los efectos del cambio climático, ya que muestran su poder tolerante.

5.2.3.2. Potencial hídrico en las principales especies de las parcelas con descanso

La Figura 27, muestra los potenciales hídricos de las especies en relación con las parcelas en descanso. Como se puede observar, hay diferencias en cada parcela. La parcela con mayor a 12 años de descanso tiene en promedio menor en potencial como -2,01 MPa en invierno y -1,36 MPa en verano y las especies que tienen potenciales altos son parcelas de 1-3 años tienen donde sus potenciales están de -3,10 MPa en invierno y -2,01 MPa en verano.

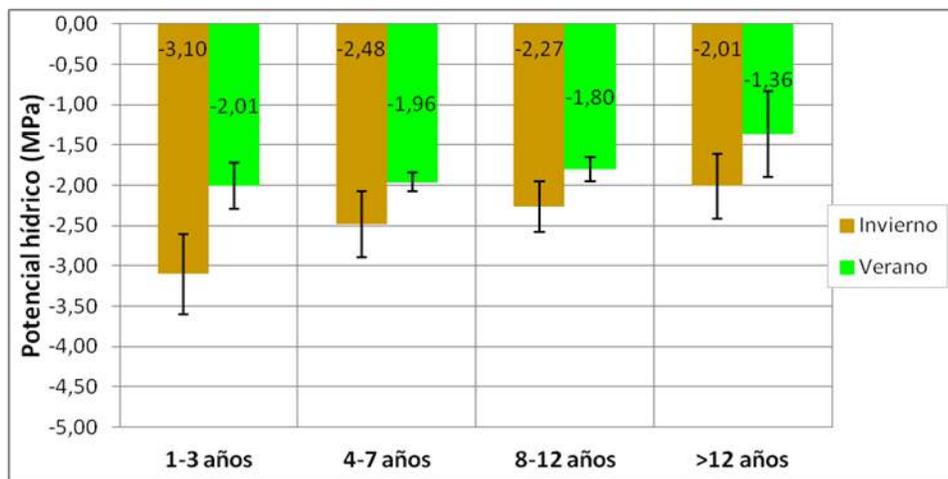


Figura 27. Potencial hídrico de especies principales en la comunidad de Alto Patacamaya según los años de descanso de las parcelas.

Las diferencias de los potenciales hídricos en las parcelas según el año de descanso posiblemente es por la estructura de suelo que tenga cada una. Por lo que en las parcelas menores a 3 años, las plantas se encuentran muy distantes del uno del otro, asimismo la cantidad de agua existente en el suelo es menor porque tiende a evaporarse más (Figura 27). Por otro lado se ha visto que en cada una de las parcelas, las especies tienen diferentes temperaturas externas (Figura 28a), así también las longitudes en cada parcela es diferente (Figura 28b).

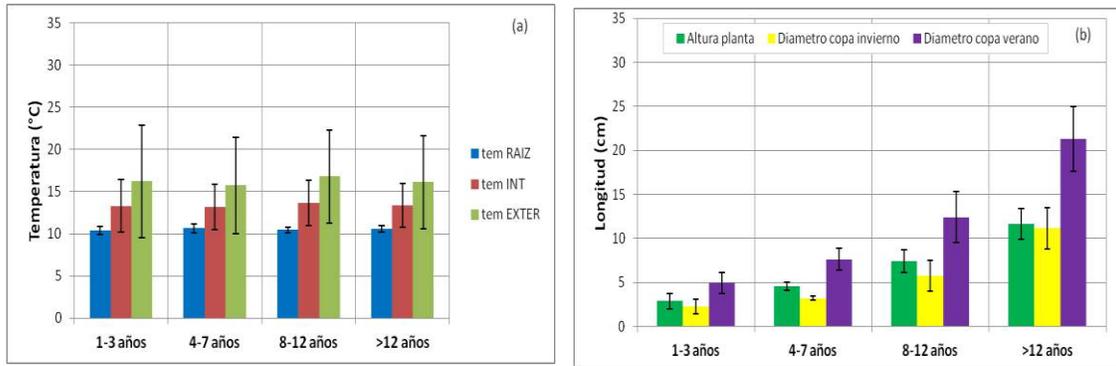


Figura 28. Temperaturas de la rizosfera, interior copa, externa y (b) altura y diámetro de la copa en las parcelas con diferentes años de descanso en la comunidad de Alto Patacamaya del municipio de Patacamaya.

Asimismo se ha observado que las especies con los potenciales hídricos tienen una variación entre sus temperaturas en cada parcela con diferente edad de descanso, siendo las externas más altas (Figura 28a), por otro lado los individuos más altos han sido los pertenecientes a la parcela > 12 años de descanso (Figura 28 b).

Para el pastoreo de los animales la mejor parcela es la que cuentan con 4-7 D, 8-12D y mayor a 12 años de descanso porque son las que cuentan con porcentaje alto de composición florística, por otro lado son estas más utilizadas para el pastoreo de ganado ovino y bovinos; por lo tanto las parcelas con 1-3 años de descanso son utilizadas para el pastoreo en época de verano ya que todo el cantón de Alto Patacamaya tiene 1800 ha para pastoreo de animales y 800 ha en descanso, así también cada familia cuenta con un promedio de 12 bovinos, 30 ovinos.

5.2.3.3. Contenido hídrico en las principales especies en parcelas con diferentes años de descanso

La Figura 29, muestra el contenido gravimétrico de agua en la planta de las parcelas con 1-3 años de descanso (Figura 29a), 4-7 años de descanso (Figura 29b), 8-12 años de descanso (Figura 29c) y mayor de 12 años de descanso (Figura 29d).

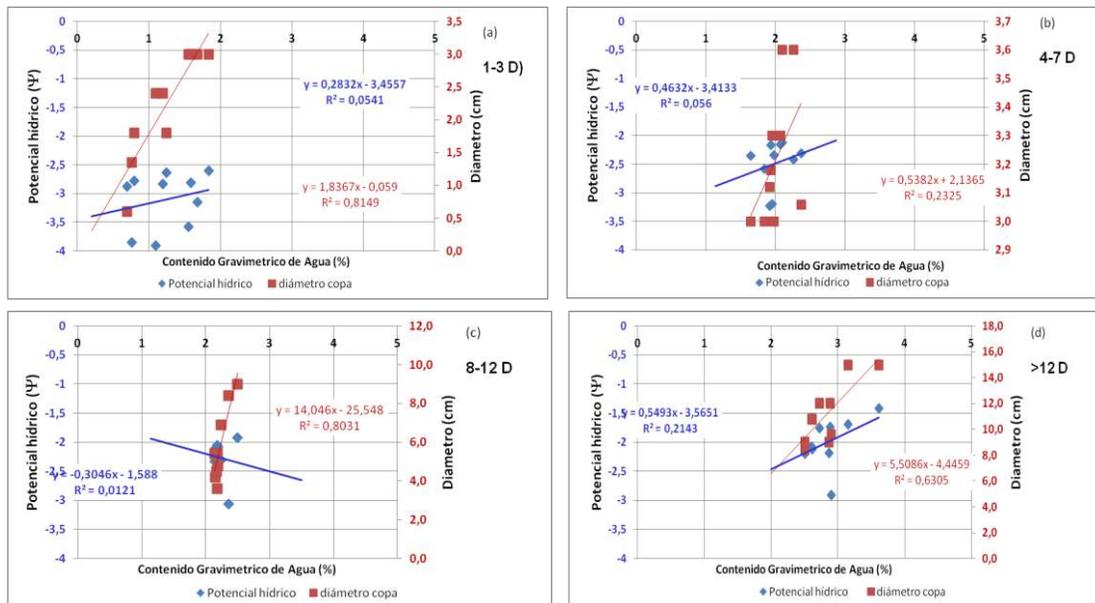


Figura 29. Contenido gravimétrico de agua en las parcelas con descanso con diferentes años de descanso de la comunidad de Alto Patacamaya del municipio de Patacamaya.

En la Figura 29, se puede observar que en esta comunidad Alto Patacamaya, las parcelas sufren una degradación en sus pasturas por el tema de pastoreo excesiva pero aun así las plantas evitan el estrés hídrico ocasionado por las condiciones climáticas adversas. Como se puede ver en la parcela de 1-3 años de descanso (P. 1-3D) la mayoría de las especies con potenciales alto (muy negativos) han mantenido su estructura foliar, pero en la parcela con 4-7 años de descanso (P. 4-7D) de igual manera ha demostrado su evitación y tolerancia, en el punto donde hubo intersección entre potencial y la longitud de diámetro. En la parcela con mayor de 12 años de descanso (P. >12D) de igual forma muestra una tolerancia de parte de las especies, por lo tanto el rendimiento de la biomasa en las parcelas es suficiente para abastecer el pastoreo en la época de estiaje.

5.2.4. Potencial hídrico de las especies principales en las comunidades

La Figura 30, muestra los potenciales hídricos de las especies pasto (*Nassella sp.*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), paja o ichhu (*Jarava sp.*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) y chilliwa (*Festuca dolichophylla*), en los comunides estudiadas como se puede observar que existe diferencia entre comunidades, en la comunidad Alto Patacamaya se registra -2,47

MPa como promedio de las especies, mientras en Chiaraque $-3,03$ MPa $3,03$ MPa, la cual es muy alto (muy negativo), lo que quiere decir es que las praderas de pastoreo de la comunidad son bastante afectado por las variaciones de las temperaturas, estos por las condiciones geográficas de la comunidad. Asimismo en la comunidad de Villa Patarani las especies presentan un potencial hídrico $-2,51$ MPa. Por otra parte los potenciales hídricos en época de verano no existe mucha diferencia por lo tanto las plantas no sufren el estrés hídrico.

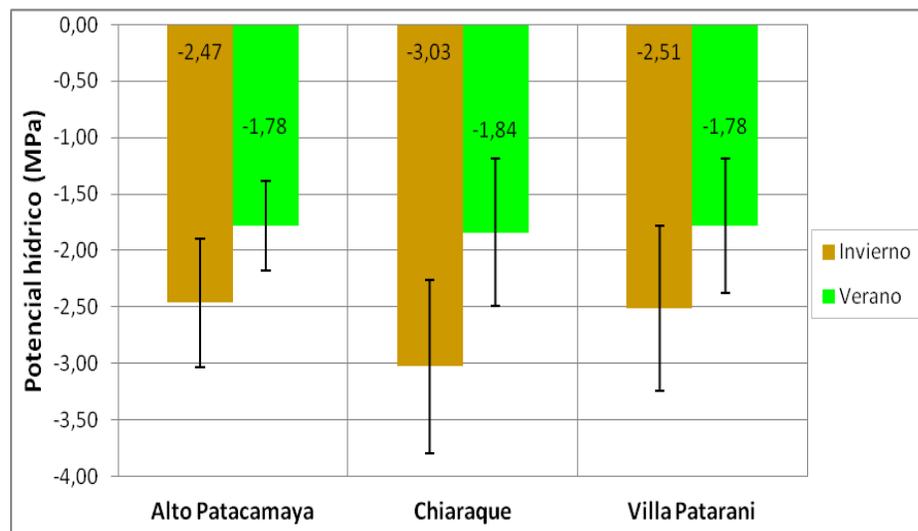


Figura 30. Potencial hídrico de especies principales en las comunidades estudiadas del municipio de Patacamaya.

Asimismo se ha observado que las comunidades se sitúan en diferentes lugares geográficamente, por lo que es evidente la variación del potencial hídrico de las especies resistentes en la época de estiaje, donde las temperaturas se registran por debajo de cero. Por otra parte como se puede observar la (Figura 31a) muestra las temperaturas, rizosferas, interna y externa de las especies y (Figura 31b), las longitudes; los cuales nos dicen que existen diferencias entre comunidades en temperaturas tanto internas y externas de la planta pero como se puede ver no hay diferencias en las temperaturas rizosferas. Y asimismo las longitudes tampoco varían mucho en las tres comunidades.

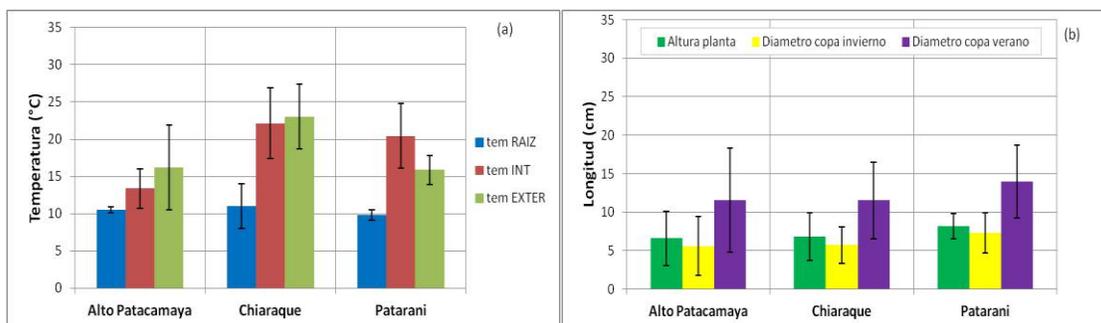


Figura 31. Temperaturas de la rizosfera, interior copa, externa y (b) altura y diámetro de la copa en las parcelas de las comunidades del municipio de Patacamaya.

En las comunidades Chiaraque, Villa Patarani y Alto Patacamaya se ha observado que las especies con los potenciales hídricos tienen una variación entre sus temperaturas, siendo las internas más altas (Figura 31). Asimismo se ha observado que entre las comunidades hay diferencia en el tipo de suelo porque en la comunidad de Chiaraque el suelo es mas pedregoso con poca materia organica, la cual afecta en el desarrollo de la planta y en la sobrevivencia de las plantas en época de estiaje, así también Villa Patarani que tiene suelos heterogéneo por su origen fluvial con arcillas y bajo contenido de materia orgánica. La comunidad alto Patacamya también cuenta con suelo pobre, pero lo que le favorece es por el pastoreo constante que se da en las praderas, la cual hace que se aumente la materia orgánica.

5.3. Mecanismos de plasticidad en las especies de Patacamaya

5.3.1. Chiaraque

La Figura 32, Muestra si las especies de la comunidad son adaptables a los cambios ambientales que se registran en hoy día. Por lo cual en la (Figura 32a) se observa la relación entre el potenciales hídricos de las especies en época de invierno con los diámetros medidos en verano e invierno y (Figura 32b) muestra la relación entre el potenciales hídricos de las especies en época de verano con los diámetros medidos en verano e invierno; esto para ver si existe plasticidad en las especies para tolerar los efectos del cambio climático. Como se puede observar las especie: Pasto (*Nassella sp.*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), paja o ichhu (*Jarava sp.*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu thola (*Parastrephia*

lepidophylla) y *chilliwa* (*Festuca dolichophylla*), muestran su capacidad de respuesta a distintos ambientes o la variación en ciertos factores del ambiente.

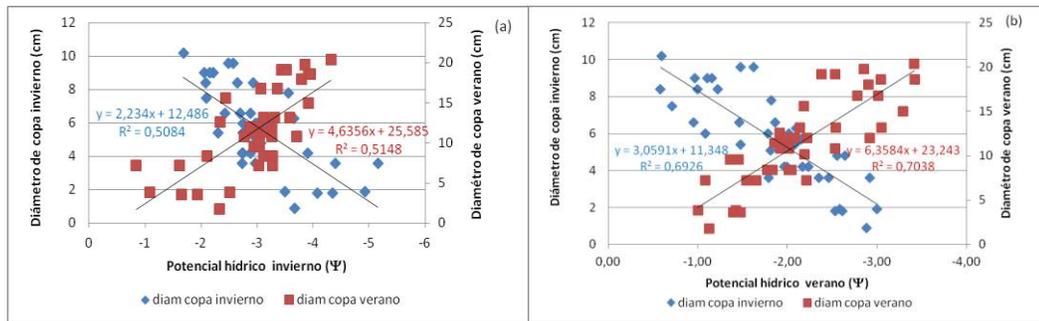


Figura. 32. (a) Relación entre el potencial hídrico en época de invierno con diámetro de copa invierno y verano (b) Relación entre el potencial hídrico en época de verano con diámetro de copa invierno y verano en la comunidad de Chiaraque del municipio de Patacamaya.

Asimismo se ha observado que cada especie por sus potenciales hídricos altos (muy negativos) en época de invierno tiene ese carácter tolerante a las variaciones de las temperaturas, posiblemente por su modificación fenotípica. En caso de la especie *Erodium cicutarium* en la época de invierno la planta tiende a cambiar de longitud, ya que se muestra más pequeña y en la época de verano es más grande en longitud.

5.3.2. Villa Patarani

La Figura 33, muestra si las especies de la comunidad son adaptables a los fenómenos climáticos que es la helada, sequía que se registran hoy en día. Por lo cual en la (Figura 33a) se observa la relación entre los potenciales hídricos de las especies en época de invierno con los diámetros copas medidos en verano e invierno y (Figura 33b) muestra la relación entre los potenciales hídricos de las especies en época de verano con los diámetros copas medidos en verano e invierno; esto para ver si existe plasticidad en las especies para tolerar los efectos del cambio climático. Como se puede observar la intersección, las plantas con diámetro copa 14,5 cm con potencial hídrico - 2,60 MPa; 13,28 cm. con -2.75 MPa y 13,9 cm con -2,94 MPa en la época de invierno, es en ese punto donde la planta con estos potenciales hídricos en temperaturas por debajo de cero, tienden a

crear su mecanismo de plasticidad para tolerar los efectos de la temperatura, la planta se modifica tanto morfológicamente y fisiológicamente en otras ocasiones.

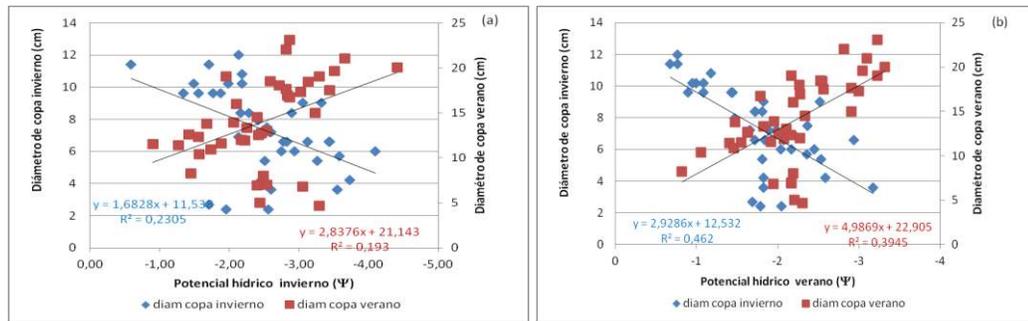


Figura. 33. (a) Relación entre el potencial hídrico en época de invierno con diámetro de copa invierno y verano (b) Relación entre el potencial hídrico en época de verano con diámetro de copa invierno y verano en la comunidad de Villa Patarani del municipio de Patacamaya.

Asimismo se ha observado que todas las especies: Pasto (*Nassella sp.*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), paja brava o ichhu (*Jarava sp.*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) y chilliwa (*Festuca dolichophylla*); muestran esa reacción ante la variación climática que se registra en las épocas de invierno.

Koenekamp (2004) señala que los organismos se adaptan a medios donde la intensidad de los factores ambientales está comprendida entre los límites de tolerancia del individuo. Por lo tanto, las plantas poseen la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales, ajustando su morfología y fisiología a través de la variación genética y la plasticidad de su forma.

5.3.3. Alto Patacamaya

La Figura 34, muestra si las especies de la comunidad son adaptables a los cambios ambientales que se registran en hoy día. Por lo cual en la (Figura 34a) se observa la relación entre el potenciales hídricos de las especies en época de invierno con los diámetros medidos en verano e invierno y (Figura 34b) muestra la relación entre el potenciales hídricos de las especies en época de verano con los diámetros medidos en verano e invierno; esto para ver si existe plasticidad en las especies para tolerar los efectos del cambio climático. Como se puede observar en la (Figura 34a), que es poco significativo entre los diámetros en época

invierno y verano con potenciales en la época de invierno, es decir que las plantas: Pasto (*Nassella sp.*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), paja o ichhu (*Jarava sp.*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) y chilliwa (*Festuca dolichophylla*), con diámetro copa 1,4 cm. con potencial hídrico -3,85 MPa a 5,4 cm. con -2,32 MPa en época de invierno, muestran esa expresión de plasticidad en respuesta a determinados factores ambientales. Así también en época de verano en la (Figura 34b), como se puede ver en esta época las plantas no sufren el estrés hídrico, pero si crea el mecanismo de plasticidad ante cualquier factor del ambiente cambiante.

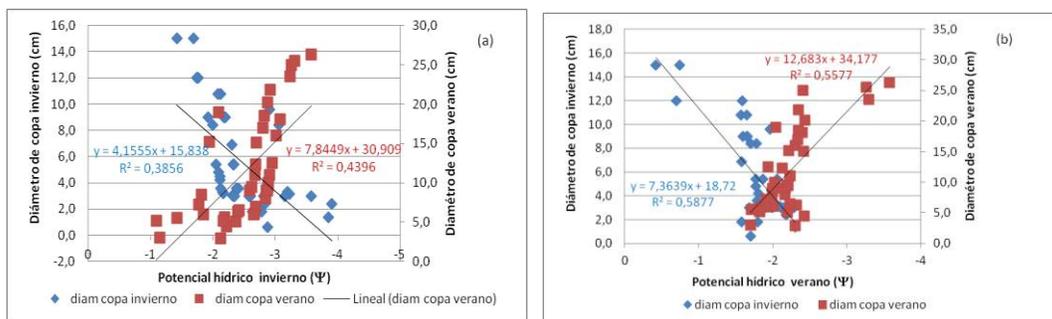


Figura. 34. (a) Relación entre el potencial hídrico en época de invierno con diámetro de copa invierno y verano (b) Relación entre el potencial hídrico en época de verano con diámetro de copa invierno y verano en la comunidad de Alto Patacamaya del municipio de Patacamaya.

Así mismo se ha observado que el sector de Alto Patacamaya es bastante pastoreado por los ganados, por lo tanto existe un estrés hídrico por esos factores y por el medio ambiente muy cambiante en época de invierno. Por lo mismo que las especies forrajeras como pasto (*Nassella sp.*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), paja o ichhu (*Jarava sp.*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) y chilliwa (*Festuca dolichophylla*), en la época de invierno tienden a reaccionar ante los efectos del cambio climático que se registra en esta época; cambiando fenotípicamente y morfológicamente.

Según Martínez (2007), la plasticidad fenotípica es una propiedad específica de caracteres individuales en relación a influencias ambientales determinadas que se manifiesta en rasgos concretos y en respuesta a estímulos ambientales las cuales pueden suponer cambios de comportamiento, crecimiento y demográficos.

6. CONCLUSIONES

Las praderas de pastoreo en las tres comunidades Chiaraque, Villa Patarani se encuentra en diferentes lugares geográficamente, por lo tanto el manejo pastoral en praderas es distinto.

Así mismo estas comunidades se basan en la disponibilidad de forraje, que a su vez, está en función a la cantidad de lluvias. Los campos de pastoreo son pastoreados principalmente en la estación seca, dejando descansar y recuperar los meses de diciembre a marzo, con el fin de constituir una reserva para la estación de estiaje.

En los meses Julio, Agosto y Septiembre se muestran amplitudes térmicas bastante amplios con relación a otros periodos, temperaturas de hasta 26°C hasta temperaturas de -10 °C, la cual afecta a la mayoría de las especies forrajeras, produciendo, incluso la muerte de estas.

Las especies forrajeras resistentes a la sequia producidas por la variación climática son: pasto (*Nassella sp.*) reloj reloj (*Erodium cicutarium*), paja o ichhu (*Jarava sp.*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) y chilliwa (*Festuca dolichophylla*).

Por otro lado en época de invierno, cada especie obtuvo un potencial hídrico diferente: pasto (*Nassella sp.*) de -3,01 a -1,39 Mpa; Ñaka thola (*Baccharis incarum*) de -1,27MPa a -3,13 MPa ; paja o ichhu (*Jarava sp.*) desde -1,35 MPa a -4,13MPa ; reloj reloj (*Erodium cicutarium*) desde -1,29MPa a -2,54MPa; chilliwa (*Festuca dolichophylla*) de -0,903 MPa a -3,88 MPa y suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) de -1,37 MPa a -3,22 MPa.

Al caracterizarse 4 tipos de praderas de pastoreo que son de 1-3 años de descanso (Kallpas), 4-7 años de descanso (Purumas), 8-12 años de descanso (Barbechos) y >12 años de descanso (praderas en descanso), en las cuales la producción forrajera es muy variable para cada tipo de ganado, asimismo estas tierras agrícolas en descanso se han convertido en la fuente primaria de pastoreo, asimismo los potenciales de las especies en estas parcelas son variables que van

de: Chiaraque -3,83 MPa a -2,32 MPa, Villa Patarani -2,90MPa a -1,88 MPa y Alto Patacamaya -3,10 MPa a -2.01 MPa.

Las especies estudiadas registran potenciales altos (muy negativos) en la época de estiaje y han adquirido mecanismos de defensa ante los efectos de la variabilidad climática que es la helada producida por el enfriamiento del aire a las horas de la mañana, esto por la presencia de las bajas temperaturas y por lo consiguiente en la época de verano, estas plantas no sufren en estrés hídrico.

Las plantas han demostrado también ser flexibles a los cambios de temperatura, mostrando su capacidad de resistencia adaptándose a un nuevo carácter fenotípico morfológico.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda el manejo de saberes tradicionales ancestrales y conocimiento científico para el estudio de la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas. Para que posibiliten el manejo de bioindicadores para identificar los procesos de cambio y las condiciones en que se presenten los fenómenos de exposición de los cultivos.

Se recomienda realizar más estudios sobre estos forrajes Pasto (*Nassella sp.*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), paja brava (*Stipa ichu*), ñak'a thola (*Baccharis incarum*), suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) y festuca (*Festuca dolichophylla*); resistente a la variación de la temperatura, como medida de adaptación al cambio climático.

Realizar investigaciones sobre los potenciales hídricos de las especies forrajeras importantes en la zona Altoandina, para sustituir algunos forrajes en época de estiaje.

Continuar el presente estudio, realizando investigaciones del comportamiento de estas especies en diferentes lugares, donde presenta sequía.

8. BIBLIOGRAFIA

- Agnusdei, M.; Di marco, O.; Insua, J. 2014. Calidad nutritiva de festuca alta. Unidad Integrada Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias (FCA-UNMP). Balcarce, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA, EEA Balcarce). p. 2.
- Anagua, R. 2002. Mapeo Agrostológico y productividad en dos épocas del año de praderas nativas en comunidades de la provincia Aroma, departamento de La Paz. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor De San Andrés, Facultad de Agronomía. . La Paz- Bolivia. p. 17.
- Angulo, O. 1993. Factores que influyen en la roturación de las tierras en descanso en las aynuqas de la comunidad de Pumani. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias “Martín Cárdenas”. . Cochabamba- Bolivia. p. 28.
- Alzerreca, H.; Calle, P. y Laura, J. 2002. Manual de manejo de la tola y los tolares. Asociación Integral de Ganaderos en Camélidos de los Andes Altos (AIGACAA) Estudio de la tola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito boliviano del sistema Tdps – Bolivia (Sub Contrato 21- 07). Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD). Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT).La Paz- Bolivia. p. 4.
- Alzerreca, H., Laura, J., Prieto, G., Céspedes J., Calle, P., Vargas, A. y Cardozo, A. 2002. Estudio de la tola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito boliviano del sistema T.D.P.S. Asociación Integral de Ganaderos en Camélidos de los Andes Altos (AIGACAA). Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD). Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT). La Paz- Bolivia. p. 5, 6, 19, 118 y 121.
- Balaguera, H. E., Álvarez, J. G. y Rodríguez, J. D. 2010. Efecto del déficit de agua en el transplante de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). (s/p). p. 247.

- Barboza, G. 2005. Flora de valle de Lerma. Geraneaceae. Herbario MCNS. ISSN 0327-506X. 7(7). Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Buenos Aires, Salta- Republica Argentina. p. 6.
- Benzing, A. 2001. Agricultura Orgánica fundamentos para la región andina. Ed. Neckar Verlag. Villingen- Schwenningen, Alemania. p. 682.
- Beck, G. Stephan. 2009. La vegetación nativa – fuente elemental de sistemas agroforestales sostenibles. Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, ACTA NOVA; Vol. 4 N° 2-3, diciembre 2009. La Paz, Bolivia. p. 442.
- Bosque, H. 2010. Fisiología Vegetal. Carrera de Ingeniería Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andres. p. 540.
- Calle, O. 2006. Inventariación florística y evaluación forrajera de la pradera nativa en los ayllus Huara huara y Aparu, Provincia San Pedro de Totora, Oruro. Universidad Técnica de Oruro, Facultad de ciencias Agrícolas Pecuarías y Veterinaria. Oruro- Bolivia. p. 3.
- Caraballo, R. 2007. I Curso de capacitación en mejoramiento genético en arroz. Instituto de investigación del arroz (IIArroz). La Habana- Cuba. p. 2.
- Caraballo, R. 2006. Mejoramiento para la resistencia a la sequía en el cultivo de arroz en I Curso de capacitación en mejoramiento genético en arroz. Habana, Cuba. p. 2.
- Choque, D. 2012. Evaluación de la productividad del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en diferentes asociaciones con Tarwi (*Lupinus mutabilis*), en la comunidad de Patarani- Municipio de Patacamaya. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor De San Andres, Facultad de Agronomía. . La Paz- Bolivia. p. 35.
- Claverías, R. 2001. Conocimientos de los campesinos andinos sobre los predictores climáticos: elementos para su verificación. (Cied-Peru56) y

miembro del equipo de sistematización de experiencias institucionales en manejo de recursos naturales FIDAMERICA-PERU. p. 4. Disponible en: http://clima.missouri.edu/Articles/Claverias_Bioindicadores.pdf (23/10 14)

CIDES-UMSA (Centro de Investigación y Desarrollo Estratégico- Universidad Mayor de San Andres). 2013. Cambio climático y adaptación en el altiplano Bolivian. Cord. Jimenez Z, Elizabeth. Editora; Alvarez V. Helen, Primera edición: junio 2013. D.L.: 4-1-1151-13. isbn: 978-99954-1-527-3. La Paz-Bolivia. p. 25, 34 y 36.

Comunidad andina. 2009. Cuando hiela, Heladas por encima de la tierra. Puno-Perú. p. 1 y 3. en: http://www.comunidadandina.org/public/Atlas_11_Cuando_hiela.pdf.

CONDESAN- SGCAN (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregion Andina- Secretaria General de la Comunidad Andina). 2012. Potenciales impactos del cambio climático sobre el balance hídrico de los Andes Tropicales. Panorama andino sobre el cambio climatico: vulnerabilidad y adaptación en los andes tropicales. Lima- Perú. p. 3. Disponible en: http://www.condesan.org/portal/sites/default/files/publicaciones/archivos/impactos_recursos_hidricos.pdf.

Couteaux, M.; Hervé, D. y Beck, E. 2006. Descomposicion de hojarasca y raices en un sistema de descanso largo (Altiplano de Bolivia). Ecología en Bolivia, Vol. 41 (3): 85-102, p. 1-18.

De Herralde T, F. 2000. Estudio integral de las respuestas Ecofisiológicas al estrés hídrico: caracterización de variedades de almendro. Tesis Doctoral. Barcelona. Universitat de Barcelona. Divisió de Ciències Experimentals i Matemàtiques. Departament de Biologia Vegetal. Facultat de Biologia. p. 27-33.

- FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. Cambio Climático Y Seguridad Alimentaria: un documento marco. Roma. p. 4.
- FCAP/ UTO (Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias/ Universidad Técnica de Oruro). 2014. Manejo de Praderas. Manejo de praderas y producción de forrajes. Oruro- Bolivia. p. 15 y 20.
- Genin, D; Fernandez, J. 1994. Uso pastoril de las tierras en descanso en una comunidad agro pastoril del altiplano boliviano- Dinámicas del descanso de la tierra en los Andes. Editor: HERVE, D; GENIN, D; RIVIERE, G. IBTA- ORSTOM, 201-213 La Paz – Bolivia. p. 202 y 208.
- Giner R.; Fierro, L. y Negrete L. 2011. Análisis de la problemática de la sequía 2011 – 2012 y sus efectos en la ganadería y la agricultura de temporal. Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA). Mexico. p. 5.
- Herve, D. y Rios, H. 1992. Evaluación de pasturas cultivadas en fincas lecheras del altiplano central. X Reunión Nacional ABOPA, 18-20-10-90. IBTA- La Paz- Bolivia. p.1.
- Herve, D; Genin, D. y Riviere, G. 1994. Dinamica de descanso de las tierras de los Andes. IBTA- ORSTOM. Embajada de los países bajos. La Paz- Bolivia. p. 17.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, La Paz). 2013. Agricultores del altiplano boliviano reflexionan sobre el cambio climático y la agricultura. La Paz, Bolivia, 07 de octubre de 2013. Disponible en: http://www.iica.int/Esp/regiones/andina/bolivia/Documentos/Agricultores_Altiplano_mv.pdf.
- IPPC (Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático), 1997. Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. OMM-

- WMO, PNUE-UNEP. Editores: Robert T. Watson, Marufu C. Zinyowera, Richard H. Moss y David J. Dokken. ISBN: 92-9169-310-3. p. 11.
- Jiménez, M.; Ortega, M. y Yazman, J. 1995. Efecto del pastoreo en el establecimiento y desarrollo de diez vegetales en campos agrícolas de descanso en el altiplano central. Convenio Maca/IBTA/USAID/SR-CRSP, Usaid Programa de Apoyo a la Investigación Colaborativa en Rumiantes Menores. La Paz- Bolivia. p. 3.
- Koenekamp, S C, A. 2004. Presencia de ecotipos resistentes a déficit hídrico en accesiones de *Bromus valdivianus* Phil. Sometidas a diferente humedad en el suelo. Tesis Lic. Agr. Valdivia- Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. p. 9 -10.
- Ledezma, P. 2010. Revisión de información en el avance de modelación del efecto de cambio climático, potencial hídrico, planes de inversión en generación hidroeléctrica a nivel nacional y necesidades de investigación identificadas en el uso y calidad de agua en Bolivia. *Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Mayor de SanSimón. Cochabamba- Bolivia. p. 4 y 5.*
- Lhomme, J. y Vacher, J. 2003. La mitigación de helada en los camellones del altiplano andino. Institut Francais d' Etudes Andines. Lima- Perú. p. 374.
- Lhomme, J. y Vacher, J. 2006. La mitigacion de heladas en los camellones del Altiplano Andino. Lima, Perú.
- MAGPN e INTA (Ministerio De Agricultura, Ganaderia Y Pesca De La Nación). 2011. Herramientas para la evaluación y gestión del riesgo climático en el sector agropecuario. Argentina; coordinado por Sandra E. Occhiuzzi; Pablo Mercuri; Carla Pascale. - 1ª ed. - Buenos Aires: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2011, Argentina. 130 pp. ISBN 978-987-27062-3-4. Fecha de catalogación: 24/08/2011.

- Mamani, G. 2009. Especies forrajeras nativas de importancia ganadera para la zona altoandina. Estacion Experimental Agraria Canaan- Ayacucho. p. 3.
- Martínez, O. 2014. Identificación y caracterización de tecnologías campesinas e indígenas en el uso racional del agua, empleadas en sistemas productivos de altura vulnerables a eventos climáticos extremos, en el micro cuenca del río Chimborazo. Tesis Ing. Agr. Riobamba – Ecuador. Escuela superior politécnica de Chimborazo Facultad de recursos naturales. p. 9.
- Martínez, G. 2007. Plasticidad fenotípica de *Pinus pinaster* frente a la disponibilidad de nutrientes. Trabajo de Investigación Tutelado. Universidad de Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior de Lugo. Ingeniería de montes. p. 6 y7.
- Mayta, F. 2009. Cultivo y manejo de pastos. Universidad José Carlos Mariategui. Moquegua- Perú. p. 8, 9 y 20. Disponible en:
<http://infoalpacas.com.pe/wpcontent/uploads/2014/10/ModCultivoManejoPastos.pdf>.
- Medina, G. 2003. “Proyecto demostrativo en bofedales para la crianza de alpacas” del sistema TDPS. Proyecto conservación de la biodiversidad en la Cuenca del Lago Titicaca Desaguadero Poopó Salar de Coipasa. Universidad Católica Boliviana- Bolivia, Universidad Nacional del Altiplano- Perú. Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). La Paz-Bolivia y Puno-Perú. p. 22.
- Mita, V. 2006. Calibración de un modelo de simulación en sistemas de cultivo con descanso largo en el altiplano boliviano. Tesis Msc. Agronomía UNALM, Lima. p. 84.
- Núñez, J.; Careaga, S.; Fornoni, J.; Ruiz, L. y Valverde, P. 2003. La evolución de la plasticidad Fenotípica. D.R. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico- Biológicas. Laboratorio de Genetica y Evolucion, Instituto de Ecología, Universidad Autonoma Metropolitana- UNAM. México. p. 9.

- Orsag, V. 2009. Degradación de suelos en el Altiplano Boliviano causas y medidas de mitigación. ISSN 1999-6233 Análisis-IBEPA. Vol. 1, N° 3. p.1.
- Orsag, V. 2010. El recurso suelo principios para su manejo y conservación. FOBOMADE. 1ra Ed. Editorial Zeus. La Paz, Bolivia. p. 204.
- Ortuño, T; Beck, S. y Sarmiento, L. 2006. Dinámica sucesional de la vegetación en un sistema agrícola con descanso largo en el Altiplano central boliviano. Ecología en Bolivia, Vol. 41 (3): 40-70, p. 1-31.
- Paredes, R. 2012. Efecto del abonamiento con estiércol tratado de llama en la producción de fitomasa forrajera en morfotipos del pasto *Nassella* sp. en Viacha Provincia Ingavi, La Paz- Bolivia. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz- Bolivia. p. 4.
- Paz, O. y Gonzales, J. (2007). Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en Bolivia. (M. Aparicio, J. Cusicanqui, M. Lima, E. Yucra, A. Mujica, V. Cortez, J. Rodríguez, Edits.) La Paz, Bolivia.
- Perez, C., Nicklin, C; Dangles, O; Vanek, S; Sherwood, S; Halloy, S; Garrett, K. y Forbes, G., 2010. Cambio climático en la zona alto- andina: Implicaciones y estrategias de adaptación para pequeños agricultores. The International Journal of Environmental, Cultural, Economic, And Social Sustainability, Volumen 6, 5. 2010, p. 11 y 12 disponible en: www.Sustainability-Journal.com.
- Pestalozzi, H.U. 1998. Flora Ilustrada Altoandino. Herbario Nacional de Bolivia. Herbario Forestal Nacional. (Martín Cárdenas. M & C. Cochabamba- Bolivia. p. 203.
- PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo). 2001. Proyecto de conservación de la biodiversidad en la cuenca del Lago Titicaca- Desaguadero- Poopo – Salar de Coipasa (TDPS). Subcontrato: Reserva Titicaca – Mauri. Centro de Desarrollo y Fomento a la Auto- Ayuda. Volumen 1. La Paz- Bolivia. p. 38, 61 y 63.

- PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo). 2003. Proyecto Per/98/g-32, Conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca -Desaguadero – Poopo – Salar de coipasa (tdps). "Estudio de la t'ola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito peruano del sistema T.D.P.S." autoridad binacional autónomadel sistema hídrico del lago titicaca,río desaguadero, lago poopó, salar decoipasa.Puno-Peru. p. 78, 88, 94-97 y 107.
- PNUD. (2011). Estado del arte del conocimiento sobre adaptación al cambio climático, Tras las huellas del cambio climático en Bolivia.
- PDM (Plan de Desarrollo Municipal). 2007-2011. Gobierno Municipal de Patacamaya. Consultora Multidisciplinaria y Asistencia Técnica COMAT S.R.L. La Paz – Bolivia. p. 91-99.
- PDM (Plan de Desarrollo Municipal). 2012-2016. Estrategia municipal consolidado. Gobierno Municipal de Patacamaya. La Paz – Bolivia. p. 6, 14, 15, 106, 108, 136-138.
- CBA (Programa de País para la Adaptación basada en las Comunidades- Bolivia). 2014. Estrategia del País para el Programa de Adaptación basada en las Comunidades. Bolivia. p. 5.
- Ramos, V. 2011. Manejo y mejoramiento de pasturas naturales alto andinas. Programa de fortalecimiento integral de comunidades rurales en extrema pobreza. Fundación SUYANA. La Paz- Bolivia. p. 37.
- Regalsky, P. y Hosse, T. 2009. Estrategias Campesinas Andinas de Reducción de Riesgos Climáticos. CENDA. p. 64. Disponible en: www.cenda.org
- Ribstein, P y Francou, B. 13 al 16 de Junio de 1995; Mayo 1995 Seminario internacional. Aguas glaciares y cambios climáticos en los andes tropicales. La Paz-Bolivia. p. 4.

- Robredo, A. 2011. Mecanismo fisiológicos de respuesta de la cebada al impacto de la sequía y el elevado de CO₂: Adaptación al cambio climático 37 y 38 pp. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco. Euskal Herriko Unibertsitatea. Leioa. p. 37 y 38.
- Rossel, J.; Choque, J.; Huanca,; T. 1992. Guia de germoplasma de pastos nativos andinos. Programa Interinstitucional de Waru Waru convenio: PELT/INADE-IC/COTESU. Puno- Peru. p. 60.
- Rodriguez, E. s.f. Influencia de la temperatura y de la humedad en la dinámica de la materia orgánica en los suelos de Galicia y su relación con el cambio climático. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad de Santiago de Compostela. p. 675. Disponible en: www.books.google.com.
- Rzedowski, J. y Calderón, G. 1995. Flora del bajío y de regiones adyacentes. Geraniaceae. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional de Bajío. Patzcuaro, Michoacán- México. 3-p. 5.
- Valdés, J. y Barkworth, M. 2002. Flora de Vera Cruz, Poaceae II, Pooideae: Tribu Stipeae. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz y Universidad de California, Riverside. México. p. 10 y 12.
- Valdivia, C., Seth, A., Jimenez, E., y Cusicanqui, J. (2013). Cambio climático y adaptación en el Altiplano de Bolivia. (E. Jimenez, Ed.) En: Jiménez, E. Cambio climático y adaptación en el Altiplano boliviano. La Paz. p.17-33.
- Vega, E. y Torres, D. 2013. Manejo y conservación de pasturas naturales y cultivos temporales- Capitulo 2. Practicas de adaptación al cambio climático. Proyecto de desarrollo de la actividad ganadera. Mejorando la producción, incrementando los ingresos. MINSUR, DESCO. p. 15, 17.
- Villarpando, D., Villarpando, P. y Villalobos, J. 2011. Fichas botánicas de especies agroforestales aptas para tierras alto andinas, Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de los Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA). La Paz-Bolivia. p. 22 y 23.

Villamizar, J.; Rodríguez, N. y Fernández, W. 2012. Plasticidad fenotípica en plantas de *lippia dulcis* (Verbenaceae) sometidas a déficit hídrico. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogota. Bogota- Colombia. p. 3. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028028011>

ANEXOS

Anexo 1. Comunidad de Chiaraque del municipio de Patacamaya



Comunarios de Chiaraque del municipio de Patacamaya



Ganado ovino de la comunidad



Parcela con 1 año de descanso



Parcela con 4-7 años de descanso



Parcela con 8-12 años



Parcela con > 12 años de descanso

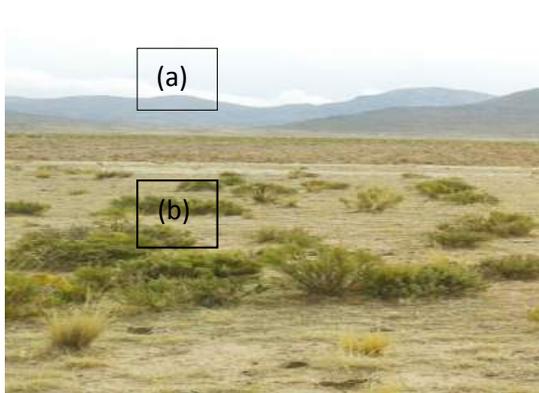
Anexo 2. Comunidad de Villa Patarani del municipio Patacamaya



Comunarios de Villa Patarani del municipio de Patacamaya



Las parcelas utilizadas para el pastoreo en la comunidad Villa Patarani



(a) parcela con 1 año,
(b) parcela con 7 años de descanso



Parcela de 10 años



Parcela con >12 años

Anexo 3. Comunidad de Alto Patacamaya del municipio de Patacamaya



Parcelas utilizadas para la investigación de la comunidad de Alto Patacamaya,
con 1-3 años de descanso



Parcelas con 8-12 años de descanso

Parcelas con > 12 años de descanso

Anexo 4. Especies resistentes a la sequia en la época de invierno



Suphu thola (*Parastrephia lepidophylla*) (a) invierno (b) verano



Reloj reloj (*Erodium cicutarium*) (a) invierno (b) verano



Pasto (*Nassella sp.*) (a) invierno (b) verano



Ñak'a thola (*Baccharis incarum*) (a) invierno (b) verano



Paja (*Jarava sp.*) (a) invierno (b) verano

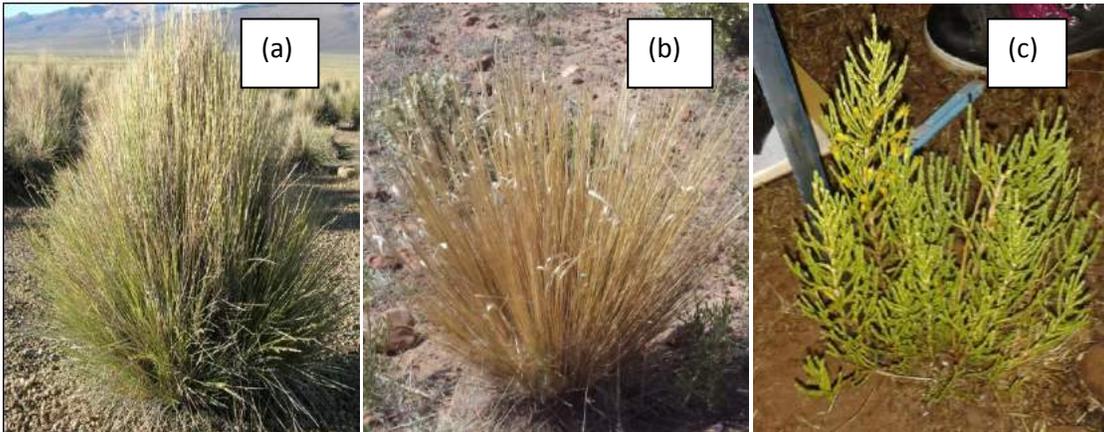


Chilliwa (*Festuca dolichophylla*)



Tetraglochin cristatum en la época de invierno

Anexo 5. Las principales especies que ramonean son:



(a) *Festuca orthophylla*, (b) *Stipa ichu*, (c) *Parastrephia lepidophylla*



(d) *Baccharis incarum*, (e) *Tetraglochin cristatum*, (f) *Poa candamoana*



Parastrephia quadrangulare (g) *Festuca dolichophylla* (h)

Especies más ramoneadas en la zona de estudio dentro del municipio de Patacamaya. Elaboración propia en base a trabajo de campo.

Anexo 6. Toma de muestras de las parcelas en estudio.



Toma de datos de la especie en las parcelas en estudio.



Tomando datos de la temperatura rizosférica, temperatura externa y interna de la planta con los termómetro de penetración y termómetro con sonda.



Extracción de la muestra de la especie en la parcela en estudio



Muestra para el laboratorio; para obtención de la cantidad de agua de la especie



Observación de peso de las especies resistentes a la sequia en la parcela.



Toma de la temperatura rizosferica de la especie



Obtención de la cantidad de agua de la muestra a través de la desecación en el horno.

Anexo 7. Toma de muestras de potencial hídrico de la especie a horas 5:30 a 7:30 am



Introducción de la planta a la cámara Scholander, para observar su potencial hídrico correspondiente.



Toma de datos del potencial hídrico de la planta obtenido en la cama scholander.

Anexo 8. Registro de datos

FORMULARIO DE DATOS									
REGISTRO DE DATOS DEL POTENCIAL HÍDRICO DE LAS ESPECIES UBICADAS EN EL LUGAR Y SUS POTENCIALES HÍDRICOS.									
No. de muestra	Fecha	Comunidad	Nombre de la especie	Longitud (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Potencial hídrico (MPa)	Potencial hídrico (bar)
M1 P1	30-09		Paja blanca	70	60	3.76	50	2.8	
M1 P2	30-09		Trébol	31	31	0.531	50	19.2	
M1 P3	30-09		Trébol	29	13	3.33	24.65	23.8	
M1 P4	30-09		Trébol	3	3	3.44	2.8	95.0	
M1 P5	30-09		Trébol	11	11	7.63	8.11	76.0	
M1 P6	30-09		Trébol	3	3	31.08	3.0	15.3	
M1 P7	30-09		Paja Blanca	3	3	72.76	6.15	30	
M1 P8	30-09		(-)	2	2	17.53	2.7	77	
M1 P9	30-09		Paja Blanca	21.3	3	25.63	15.74	109	
M1 P10	30-09		Paja Blanca	20	20	4.02	2.7	1	
M1 P11	30-09		Paja Blanca	8.5	10	11.06	2.7	1	
M1 P12	30-09		Paja Blanca	25	25	7.76	2.7	36	
M1 P13	30-09		(-)	5	5	13.11	6.76	9.0	
M1 P14	30-09		Trébol	3	3	17.37	4.05	9.0	
M1 P15	30-09		Trébol	16	16	82.92	36.98	1	
M1 P16	30-09		Diante de la casa	2	2	10.83	4.05	1	
M1 P17	30-09		Diante de la casa	63	63	14.86	4.05	1	
M1 P18	30-09		Diante de la casa	2	2	72.16	14.05	1	
M1 P19	30-09		Trébol	30	30	42.30	14.05	1	
M1 P20	30-09		Paja Blanca	30	30	8.71	3.5	1	
M1 P21	30-09		Diante de la casa	3	3	13.50	2.7	1	

Datos de longitud (cm), Potencial hídrico, peso seco húmedo de las especies ubicadas en el lugar y sus potenciales hídricos.