

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE**



**ESTABLECIMIENTO DE DOS ESPECIES DE TRÉBOL PARA LA MEJORA  
DEL PASTIZAL ALTOANDINO EN EL CICTEM-CÁTAC, PERIODO 2019-2020**

**TESIS**

para optar el título profesional de  
ingeniera ambiental

Presentada por la bachillera:

**TERESA LIDIA OROPEZA RAMOS**

Asesores:

**Dr. ELADIO GUILLERMO TUYA CASTILLO**

**Dra. BEATRIZ FUENTEALBA DURAND**

**Huaraz, Áncash, Perú**

**2021**

FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A  
OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. Datos del autor:

Apellidos y Nombres: \_\_\_\_\_

Código de alumno: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

D.N.I. n°: \_\_\_\_\_

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

- Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  
 Trabajo Académico  Trabajo de Investigación  
 Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Para optar el Título Profesional de:

\_\_\_\_\_

4. Título del trabajo de investigación:

ESTABLECIMIENTO DE DOS ESPECIES DE TRÉBOL PARA LA MEJORA DEL PASTIZAL ALTOANDINO EN EL  
CICTEM – CÁTAC, PERIODO 2019 - 2020.

5. Facultad de:

6. Escuela o Carrera:

7. Línea de Investigación (\*):

8. Sub-línea de Investigación (\*):

(\*): Según resolución de aprobación del proyecto de tesis

9. Asesor:

Apellidos y nombres \_\_\_\_\_ D.N.I n°: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_ ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9829-4478>

10. Referencia bibliográfica:

11. Tipo de acceso al Documento:

- Acceso público\* al contenido completo.  
 Acceso restringido\*\* al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## 12. Originalidad del archivo digital

*Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.*



Firma del autor

## 13. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

*Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.*



*El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.*

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

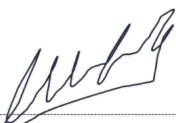
## 14. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Seleccione la  
Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz,

Firma:



  
Varillas William Eduardo  
Asistente en Informática y Sistemas  
- UNASAM -

**\*Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\* Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A  
OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. Datos del autor:

Apellidos y Nombres: \_\_\_\_\_

Código de alumno: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

D.N.I. n°: \_\_\_\_\_

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

- Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  
 Trabajo Académico  Trabajo de Investigación  
 Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Para optar el Título Profesional de:

\_\_\_\_\_

4. Título del trabajo de investigación:

ESTABLECIMIENTO DE DOS ESPECIES DE TRÉBOL PARA LA MEJORA DEL PASTIZAL ALTOANDINO EN EL  
CICTEM – CÁTAC, PERIODO 2019 - 2020.

5. Facultad de:

6. Escuela o Carrera:

7. Línea de Investigación (\*):

8. Sub-línea de Investigación (\*):

(\*): Según resolución de aprobación del proyecto de tesis

9. Asesor:

Apellidos y nombres  D.N.I n°: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_ ID ORCID:

10. Referencia bibliográfica:

11. Tipo de acceso al Documento:

- Acceso público\* al contenido completo.  
 Acceso restringido\*\* al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## 12. Originalidad del archivo digital

*Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.*



Firma del autor

## 13. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

*Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.*



*El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.*

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

## 14. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Seleccione la  
Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz,

Firma:



Varillas Wiliam Eduardo

Asistente en Informática y Sistemas

- UNASAM -

**\*Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\* Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

### ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el Auditorio Virtual - Plataforma Microsoft Teams de la FCAM-UNASAM, de conformidad a la normatividad vigente conducen el **Acto Académico de Sustentación y Defensa virtual** de la Tesis "**ESTABLECIMIENTO DE DOS ESPECIES DE TRÉBOL PARA LA MEJORA DEL PASTIZAL ALTOANDINO EN EL CICTEM - CÁTAC, PERIODO 2019-2020**" que presenta **TERESA LIDIA OROPEZA RAMOS** para optar el **Título Profesional de Ingeniera Ambiental**.

En seguida, después de haber atendido la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, lo declaramos:

**APROBADO**

Con el calificativo de: **DIECISEIS** ( **16** )

En consecuencia, **TERESA LIDIA OROPEZA RAMOS** queda expedita para que el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" apruebe el otorgamiento de su **Título Profesional de Ingeniera Ambiental** de conformidad al Art. 113 numeral 113.9 del Reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° y 4ta. disposición complementaria del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 761-2017-UNASAM y Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 211-2020-UNASAM que incorpora la sustentación virtual), el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 232-2017-UNASAM) y el Instructivo para sustentación virtual de tesis (Resolución de Consejo de Facultad N° 051-2020-UNASAM- FCAM del 24/octubre/2020).

Huaraz, 2 de julio de 2021

**Dr. HERACLIO FERNANDO CASTILLO PICON**  
Presidente  
Jurado de sustentación

**Blga. ROSARIO ADRIANA POLO SALAZAR**  
Primer miembro  
Jurado de sustentación

**Ing. FRIDA MÓNICA CABALLERO BEDRIÑANA**  
Segundo miembro  
Jurado de sustentación

**Dr. ELADIO GUILLERMO TUYA CASTILLO**  
Asesor de tesista

**Dra. BEATRIZ FUENTEALBA DURAND**  
Asesora de tesista



## DEDICATORIA

A Dios:

Por guiarme, darme fuerzas y mostrarme que con humildad, paciencia y sabiduría se puede lograr los objetivos, y por haberme permitido conocer personas buenas que me ayudaron en la culminación de esta tesis.

A mis padres, Zósimo Oropeza Aguilar y Lidia Ramos Macedo:

Por apoyarme siempre en las decisiones que tomo, por todo el sacrificio que realizaron para lograr mis metas, y por ser ejemplo de perseverancia y humildad.

A mis abuelos Eusebio Oropeza y Viviana Macedo:

Por ser símbolos de perseverancia y fuerza para superar cualquier obstáculo.

A mis hermanos, Joel, Marybi y Camila:

Por ser mi guía, mi fortaleza y por motivarme a seguir creciendo profesional y personalmente.

A Fredy Shuan:

Por apoyarme y ayudarme siempre a ser cada día una mejor persona.

A Pamela, Hildebrandt, Lizbeth y Stephanie:

Por ser mis mejores amigos, por alentarme y motivarme a seguir adelante.

A mis tíos Elder Ramos, Alejandrina Oropeza y Judith Oropeza:

Por sus consejos, por el apoyo económico, por saber guiarme y motivarme siempre en cumplir mis metas.

Finalmente, a todos los que me ayudaron y me compartieron sus conocimientos para concluir esta tesis.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi agradecimiento a las siguientes instituciones y personalidades:

A la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (Unasam), por todos los conocimientos impartidos, los que ayudaron en mi formación profesional.

Al Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (Inaigem), por haber financiado la presente investigación.

Al equipo de la Dirección de Ecosistemas de Montaña (DIEM), por impartirme sus conocimientos. En especial, a mi asesora Beatriz Fuentealba Durand, por sus consejos, paciencia y confianza para el desarrollo de esta investigación. A Sandra Arroyo, por ayudarme en la caracterización de las parcelas de investigación. A Helder Mallqui, por ayudarme en el tratamiento de datos. A Melisa Aranda, Liliana Blas, Pamela Alejo, Kathia Ramos y Anthony Fow, por su apoyo en las salidas de campo y en el laboratorio de la DIEM. A Cristian Quispe, por apoyarme en la elaboración de mapas.

A mi asesor Eladio Tuya Castillo, por el tiempo dedicado a la revisión y por sus correcciones.

A Yanet Gonzales, Luis Armas y Ángel Mendoza, por haberme aconsejado, guiado y enseñado más acerca de los pastizales altoandinos, y por haber contribuido en la elaboración del plan de investigación.

A los miembros de mi jurado de tesis, por sus observaciones y sugerencias para el mejoramiento de la investigación.

## RESUMEN

Los pastizales altoandinos son ecosistemas en proceso de degradación, pérdida de cobertura vegetal. Poseen una calidad nutritiva pobre. Por ello, este trabajo busca mejorar estos ecosistemas a mediante la siembra de especies forrajeras exóticas en asociación con el pasto nativo. El objetivo fue definir los factores que determinan condiciones óptimas para el establecimiento del trébol blanco y trébol rojo.

Esta investigación se desarrolló en un pastizal degradado a 3.855 metros de altitud, en el centro de investigación del Inaigem, en el distrito de Cátac, Áncash. Se utilizó un diseño experimental factorial aplicado a dos parcelas de características diferentes. En cada una se aplicó la combinación de tres factores y sus tratamientos: siembra cerca o lejos del pasto nativo, densidades de siembra baja o alta y una especie de trébol (*Trifolium repens*, «trébol blanco», o *Trifolium pratense*, «trébol rojo»). Posteriormente, se evaluó el porcentaje de germinación, la altura, el diámetro y el número de tréboles que sobrevivieron.

Los resultados nos muestran que existen diferencias entre las parcelas. En la parcela que hemos denominado parcela 1 brinda condiciones óptimas para que el trébol pueda establecerse. Además, el pasto nativo *Festuca loricata* genera un microclima favorable para el establecimiento del trébol. En caso de la densidad de siembra, la densidad baja favorece en la sobrevivencia y la densidad alta favorece en el crecimiento.

Este trabajo ayudará a establecer las dos especies de trébol. Así, se mejorará la fertilidad del suelo, mediante la fijación de nitrógeno, y la alimentación de los animales, pues tendrán una mejor calidad nutritiva (proteínas y carbohidratos).

**Palabras clave:** Pastizal altoandino, degradación, especies forrajeras exóticas, trébol.

## ABSTRACT

The high Andean grasslands are ecosystems that are in the process of degradation, loss of plant cover and poor nutritional quality. Therefore, this work seeks to improve these ecosystems by sowing exotic forage species in association with native grasses. The objective of this research was to define the factors that determine the optimal

This research was developed in a degraded pasture located at 3855 meters above sea level, at the Inaigem research center, in the district of Cátac - Áncash. A factorial experimental design applied to two plots with different characteristics was used. In each plot, the combination of three factors and their treatments was applied: sowing near or far from the native grass, low or high planting densities and a species of clover (*Trifolium repens* "white clover" or *Trifolium pratense* "red clover"). Subsequently, the germination percentage, height, diameter and the number of clovers that survived were evaluated.

The results show us that there are differences between the plots, where the plot that we have called plot 1 provides the optimal conditions for the clover to establish. In addition, the native herb *Festuca loricata* generates a favorable microclimate for the establishment of clover. In the case of planting density, low density favors survival and high density favors growth.

This work is important because it will help to establish the two species of clover, and thus improve soil fertility by fixing nitrogen and improving the feeding of the animals because they will have a better nutritional quality (proteins and carbohydrates).

**Keywords:** High Andean grassland, degradation, exotic forage species, clover.

## ÍNDICE

Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Resumen	III
<i>Abstract</i>	IV
Lista de tablas	VIII
Lista de figuras	IX
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Hipótesis	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes	5
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1. Pastizales altoandinos	7
2.2.2. Especies forrajeras exóticas	12
2.2.3. Establecimiento de especies forrajeras exóticas	13
2.2.4. Elección de especies forrajeras exóticas	14
2.3. Definición de términos	17
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b>	<b>18</b>
3.1. Tipo de investigación y diseño	18

3.1.1. Tipo de investigación	18
3.1.2. Diseño de la investigación	18
3.2. Población y muestra de estudio	20
3.2.1. Población	20
3.2.2. Muestra	21
3.2.3. Tipo de muestreo	21
3.3. Delimitación	21
3.3.1. Descripción del área de estudio	21
3.4. Materiales y equipos	23
3.4.1. Materiales	23
3.4.2. Equipos	23
3.5. Procedimientos y/o actividades	23
3.5.1. Selección del sitio	23
3.5.2. Caracterización del sitio	24
3.5.3. Siembra del trébol	28
3.6. Diagrama general de la investigación	35

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS** **36**

4.1. Evaluación del efecto del sitio en la sobrevivencia y crecimiento del <i>Trifolium repens L.</i> y del <i>Trifolium pratense L.</i>	36
4.1.1. Contexto climático del área de estudio durante el experimento en campo	36
4.1.2. Caracterización de las parcelas	37
4.1.3. Influencia del sitio en la sobrevivencia del trébol	42
4.1.4. Influencia del sitio en el crecimiento del trébol	44
4.2. Evaluación de la influencia del pasto nativo en la sobrevivencia y crecimiento del <i>Trifolium repens</i> y del <i>Trifolium pratense</i>	45
4.2.1. Microclima cerca y lejos del pasto nativo	45
4.2.2. Influencia del pasto nativo en la sobrevivencia del trébol	47
4.2.3. Influencia del pasto nativo en el crecimiento del trébol	49

4.3. Evaluación de la influencia de la densidad de siembra en la sobrevivencia y crecimiento del <i>Trifolium repens</i> y del <i>Trifolium pratense</i>	51
4.3.1. Influencia de la densidad de siembra en la sobrevivencia del trébol	51
4.3.2. Influencia de la densidad de siembra en el crecimiento del trébol	54
4.4. Condiciones óptimas para el establecimiento y crecimiento del trébol	56
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN</b>	<b>58</b>
5.1. Influencia de la velocidad de infiltración en el establecimiento del trébol	58
5.2. Influencia del pasto nativo en el establecimiento del trébol	59
5.3. Densidad de siembra	60
5.4. Comparación entre especies	61
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>63</b>
6.1. Conclusiones	63
6.2. Recomendaciones	63
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>69</b>
1: Mapa de índice de vegetación de diferencia normalizada	69
2: Vegetación y cobertura del suelo en las parcelas de investigación	70
3: Caracterización del suelo de las parcelas de investigación	72

## LISTA DE TABLAS

1. Valor relativo por atributo e indicador del pastizal altoandino	10
2. Valores que indican el estado de conservación del pastizal	11
3. Capacidad germinativa de las dos especies de trébol	30
4. Resultado de la evaluación de los indicadores del suelo en las parcelas 1 y 2	38
5. Resumen de los resultados de cada factor según la variable respuesta	57

## LISTA DE FIGURAS

1. Diseño factorial del objetivo específico 1	19
2. Diseño factorial del objetivo específico 2	19
3. Diseño factorial del objetivo específico 3	20
4. Mapa de ubicación del área de estudio en el Cictem	22
5. Reconocimiento de las parcelas. La primera es parcela 1 y la segunda es parcela 2	24
6. Medición de la cobertura del suelo, a través del cuadrante, en las parcelas 1 y 2, respectivamente	25
7. Recolección de muestras de suelo para estimar la humedad.	26
8. Medición de la infiltración	27
9. Medición de la compactación del suelo	28
10. Prueba de germinación	29
11. Evaluación del número de semillas con radícula, hipocótilo y cotiledón	29
12. Diseño de siembra del trébol, en las parcelas 1 y 2	31
13. Distancia mínima entre hoyos para la siembra de los tréboles blanco y rojo en ambas parcelas	32
14. Evaluación del número de tréboles vivos	33
15. Medición de la altura de los tréboles blanco y rojo, en cada hoyo	34
16. Diagrama de flujo de la investigación	35
17. Variación de la precipitación de diciembre a junio	36
18. Comportamiento de la temperatura máxima y mínima de diciembre a junio	38
19. Temperatura promedio de las parcelas 1 y 2	38
20. Variación de la cobertura del suelo entre las parcelas 1 (a) y 2 (b)	39
21. Parcela 1, dominada por <i>Festuca dolichophylla</i>	39
22. Parcela 2, dominada por <i>Calamagrostis macrophylla</i>	39
23. Temperatura lejos (a) del pasto nativo y (b) cerca de las parcelas 1 y 2	40
24. Variación de la infiltración del suelo en las dos parcelas	41
25. Porcentaje de trébol afectado por la herbívora en las parcelas 1 y 2	42
26. Porcentaje de tréboles vivos por hoyo en función del sitio y la especie	43
27. Porcentaje de hoyos con tréboles vivos en función de la parcela y especie	44

28. Altura del trébol en función del sitio y la especie	45
29. Comparación de la temperatura máxima (a) y mínima (b), cerca y lejos del pasto nativo en la parcela 1	46
30. Variación de la humedad relativa promedio cerca y lejos del pasto nativo	47
31. Porcentaje de tréboles vivos por hoyo, en función del pasto nativo y la especie	48
32. Porcentaje de hoyos con tréboles vivos, en función del pasto nativo y la especie	49
33. Altura del trébol en función del pasto nativo y la especie	50
34. Cobertura del trébol en función del pasto nativo y la especie	50
35. Densidad de siembra en el transcurso del tiempo	52
36. Porcentaje de tréboles vivos por hoyo en función de la densidad y la especie	53
37. Porcentaje de hoyos con tréboles vivos en función de la densidad y la especie	54
38. Altura del trébol en función de la densidad y la especie	55
39. Cobertura del trébol en función de la densidad y la especie	55

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Los pastizales altoandinos están dominados por un grupo de gramíneas, pseudogramíneas, hierbas y arbustos. Lamentablemente, el 60% se encuentra en proceso de degradación (Tacuna et al., 2015), con pérdida de cobertura vegetal y pastos de calidad nutritiva pobre, pues la mayoría carece de proteínas, importantes para la dieta alimenticia del ganado altoandino (Flores et al., 2006).

Por ello, existe la necesidad de incorporar especies forrajeras como las leguminosas, a través de la asociación de leguminosas y gramíneas. Esta asociación es positiva, pues las gramíneas altas que crecen en macollo, como la *Festuca dolichophylla*, proveen un microclima favorable para la presencia de la leguminosa, que puede fijar nitrógeno en las plantas y el suelo. Así, puede mejorar la fertilidad y elevar la calidad nutritiva del pastizal (Cucho, 2003). Esta asociación puede proveer alimentación barata y de buena calidad, generar un incremento en la producción y productividad pecuaria (Paredes, 1987).

La presente investigación propone la siembra de dos leguminosas exóticas: trébol blanco y trébol rojo. Ambas se adaptan a condiciones extremas y contienen nitrógeno: de 22 a 28% en el trébol blanco y 25,6% en el trébol rojo. Las dos se sembraron en dos parcelas. En cada una de estas, se realizó la siembra cerca y lejos del pasto dominante que crece en forma amacollada. Se usaron también dos densidades de siembra.

El objetivo de la investigación es identificar condiciones que favorecen el establecimiento y desarrollo de dos especies de trébol, para mejorar el pastizal altoandino en el Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas

de Montaña (Cictem) de Cátac de 2019 a 2020. En este lugar, los pastizales se encuentran degradados y dominan las gramíneas. Sin embargo, aún existen alternativas para recuperarlos y mejorar la alimentación de los animales.

### **1.1. Planteamiento del problema**

En la actualidad, los pastizales degradados en el mundo alcanzan 650 millones de hectáreas. Por ello, es importante conocer las causas de la degradación de los pastizales. También posibles soluciones a este problema (Padilla et al., 2009).

Los pastizales son fuente de alimentación para el ganado. Su degradación implica que habrá menor disponibilidad de pastos de buena calidad, que los pastores tendrán que reducir la carga animal y obtendrán una baja producción de carne y derivados. Por ello, la degradación de los pastizales generan pérdidas económicas, como ocurrió en 1991. La ONU indica que hubo una pérdida de 23 billones de dólares. Las dos terceras partes corresponden a África y Asia (Padilla et al., 2009). En el Perú, se estimó un monto de 230 millones de dólares anuales por pérdida de bienes de uso directo (carne y lana) (Flores y Ñaupari, 2011).

En nuestro país, los pastizales altoandinos se encuentran a más de 3.800 metros de altitud y abarcan más de 16 millones de hectáreas. Es decir, el 13,04% de la superficie nacional (Minam, 2018). Alimentan al 73% del ganado vacuno y 94% del ganado ovino, pero sufren un deterioro permanente, producto del sobrepastoreo (Mamani et al., 2013). Numerosas investigaciones reportan que la mayoría de los pastizales se encuentra en condición pobre (62%) y son de baja calidad nutritiva, carecen en gran parte de proteínas para la dieta alimenticia del ganado altoandino (Lima Molina, 2016; Tácuna et al., 2015).

Los pastizales degradados tienen una escasa cubierta vegetal. En consecuencia, su suelo se encuentra pobremente protegido, lo cual afectará la fertilidad del suelo y la productividad del pastizal. Por eso, se buscan estrategias que resulten viables para mejorar los ecosistemas degradados, desde el punto de vista económico y ecológico.

La comunidad campesina de Cátac no es ajena al problema, pues posee extensas áreas de pastizales naturales. En 2015, esta comunidad cedió 60 hectáreas de pastizales naturales al Inaigem para desarrollar estudios. La mayor

parte de estas áreas se encontraban degradadas, por lo que fueron cercadas como una estrategia para la mejora del pastizal. Aún hoy existen áreas que no se han recuperado y están degradadas. Por ello, se busca otro tipo de estrategias que ayuden a mejorar estos ecosistemas, que son importantes para esta y otras comunidades altoandinas.

## **1.2. Formulación del problema**

En la actualidad, numerosas familias y comunidades campesinas siguen dependiendo del acceso a pastizales naturales como la principal fuente de la alimentación del ganado (Flores, 2017). Esto ocurre especialmente en áreas de más de 3.800 metros de altitud, donde es muy difícil mantener cultivos agrícolas, debido a las frecuentes heladas y bajas temperaturas (Farfán y Farfán, 2012).

En los terrenos del Cictem, centro de investigación del Inaigem, se encuentran áreas degradadas, como ocurre en la comunidad campesina de Catác. Hay poca disponibilidad de pastos para el consumo de los animales. Además, la mayoría de estos pastos son de baja calidad nutritiva y aportan más carbohidratos a los animales y escasas proteínas. En esta comunidad, consideran que las especies forrajeras exóticas son buenos alimentos para sus animales. Por ello, existen pobladores que se dedican a la siembra de estas especies, pero en zonas a más de 3.800 metros de altitud es difícil que estos se establezcan debido a las condiciones climáticas adversas y a la acidez del suelo.

Una estrategia muy poco estudiada para la mejora de los pastizales altoandinos degradados es la asociación entre gramíneas y leguminosas en condiciones sin riego, asociación que mejoraría la dieta alimenticia del ganado. Además, el pasto nativo crea micrositos que ayudan al establecimiento de las especies forrajeras exóticas como el *Trifolium repens* y el *Trifolium pratense*.

Esta estrategia no solo tiene un beneficio social y económico, sino también ayudará a mejorar la fertilidad del suelo sin el uso de agroquímicos, mediante el proceso de la fijación e incorporación del nitrógeno en el suelo, que son realizadas por las dos especies de trébol.

Por ello, se plantea la siguiente pregunta:

¿En qué condiciones se establece mejor el *Trifolium repens* y el *Trifolium pratense* para la mejora del pastizal altoandino?

### **1.3. Hipótesis**

El pasto nativo que crecen en macollo brindará un micrositio que permitirá que las dos especies de trébol sembrados soporten las condiciones climáticas adversas, teniendo mejores indicadores de sobrevivencia y crecimiento que los sembrados lejos del pasto.

Además, se espera que una mayor densidad de siembra asegure un mejor establecimiento, pues estas especies generan un efecto de sombra entre ellas que ayudará en su crecimiento.

Por último, se espera tener diferencias en el comportamiento del trébol, según las condiciones que brinda cada parcela.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Identificar condiciones que favorecen el establecimiento y desarrollo de dos especies de trébol, para mejorar el pastizal altoandino en el Cictem de Cátac, durante 2019-2020.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto del sitio en la sobrevivencia y el crecimiento del *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*.
- Evaluar la influencia del pasto nativo en la sobrevivencia y el crecimiento del *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*.
- Evaluar la influencia de la densidad de siembra en la sobrevivencia y el crecimiento del *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

En la investigación «Micrositios del pasto navajita (*Bouteloua gracilis*) en comunidades de pastizal y de matorral del altiplano mexicano», García y Monroy (2005) buscaron determinar si hay un tipo de micrositio específico para el establecimiento de *Bouteloua gracilis* en dos diferentes tipos de comunidad vegetal. El pasto navajita es una especie perenne de alto valor forrajero y resistente a la sequía. Para el objetivo de la investigación, se desarrollaron los siguientes pasos: caracterización ecológica del sitio, caracterización de los micrositios en los que crece *B. gracilis*, donde se evaluó la condición de micrositios, la altura promedio, su estado fenológico, diámetro de copa y número de tallos florales. La investigación concluye que los micrositios de establecimiento y desarrollo de plantas de *Bouteloua gracilis* son resultado de factores en que es esencial la presencia de una reserva hídrica en el suelo que esté accesible a la plántula durante su establecimiento. Los micrositios que generan las gramíneas están en función de su densidad y altura de sus tallos. Por ejemplo, si las gramíneas tienen una mayor altura y densidad, entonces los sitios estarán protegidos la mayor parte del día de la radiación solar directa, por lo que se presentará escasa desecación del suelo. Los micrositios de áreas de suelos expuestos a la radiación solar pueden acumular agua en la superficie del suelo, dependiendo de la textura y materia orgánica, lo cual genera condiciones adecuadas para el establecimiento, pero la sobrevivencia de plántulas es difícil debido a la insolación y a la presión de la desecación del suelo.

En la investigación «Establecimiento y producción de raigrás y tréboles en dos regiones del trópico alto colombiano», Vargas (2018) se centra en los forrajes bajo diferentes condiciones ambientales. La investigación evaluó el establecimiento y la producción de raigrás perennes y tréboles en dos regiones del trópico alto colombiano. Estudió cinco raigrás y tres tréboles (dos rojos y un blanco), sembrados al voleo en una parcela de 8 metros cuadrados con tres repeticiones de cada especie, en las cuales se usaron densidades de 50 kilos por hectárea para raigrás y 12,5 para los tréboles. En los primeros cinco meses se evaluó quincenalmente la cobertura (porcentaje), la altura de diez plantas (centímetros) y el grado de adaptación (en escala de 1 a 4) de las gramíneas y leguminosas sembradas. La producción y calidad nutricional fueron estudiadas en temporadas de lluvia y sequía. En cada parcela se determinó la altura (centímetros) de diez plantas y la producción de forraje verde en un área de 0,25 metros cuadrados. Esta investigación concluyó que las condiciones edafo-climáticas influyen en el establecimiento y la producción de los forrajes. La limitada precipitación durante el periodo de establecimiento influyó en la baja cobertura y grado de adaptación del raigrás y trébol. También, a diferencia de las gramíneas, la altura de los tréboles fue mayor en época de sequía respecto a la época de lluvia. Otra conclusión fue que los tréboles rojos presentaron una mayor altura respecto al trébol blanco, pues el trébol rojo presentó un crecimiento erecto. Además, el trébol rojo tiene mayor tolerancia a pH bajos y tiene una mayor productividad respecto al trébol blanco. Finalmente, la variación de la tasa de crecimiento y la producción de materia seca dependerá del lugar y la época del año. Por ello, la mayor precipitación en tuta se asoció con la mayor producción de materia seca respecto a lo reportado en Mosquera.

En «Mejorando las praderas nativas a través de la introducción de trébol blanco (*Trifolium repens*): efecto de la dosis de fósforo y distanciamiento entre golpes», Lima Molina (2016) consideró la aplicación de dos niveles de fósforo de 0 y 80 kilos por hectárea, y dos distanciamientos de 0,5 y 1,0 metros para la siembra del trébol. Los parámetros evaluados fueron el crecimiento y desarrollo del trébol, y la concentración de nitrógeno y productividad de la vegetación nativa. Se concluyó que los mejores resultados se obtuvieron a un nivel de distanciamiento de 0,5 metros entre hoyos, que la mayor densidad de trébol mostró mayor disponibilidad

de nitrógeno para las especies nativas, mejor calidad y cantidad de forraje. Además, la asociación gramínea-leguminosa entre siembra es muy importante, pues hay beneficio mutuo para evitar ser competitivas entre sí y sobrevivir en ecosistemas de puna.

En «Evaluación de pradera nativa (*Festuca dolichophylla*) a la incorporación de abonos orgánicos y siembra de trébol blanco (*Trifolium repens*) sin y con labranza mínima en Puno», Mendoza Palomino (2011) buscó determinar los cambios en la composición florística y la producción de forraje en la pradera nativa de vegetación chilliguar, mediante la incorporación de abonos orgánicos y la siembra de *Trifolium repens*, con labranza mínima y sin ella. Para la siembra del trébol blanco con labranza mínima, se hicieron hoyos con profundidad de 3 centímetros y distanciados a 50 centímetros entre hoyos. En cambio, en la parcela sin labranza no se alteró el suelo. Las variables que se evaluaron fueron la composición florística y la producción de forraje, la determinación de la humedad y la temperatura del suelo, determinación del contenido de nutrientes en el suelo antes y al final del experimento. Se contabilizó los nódulos de cinco plantas de trébol de producción de forraje verde y seca. Se concluyó que la siembra del trébol blanco (*Trifolium repens*) y la incorporación de abonos orgánicos fueron importantes en el cambio de la composición florística. Se mejoró la condición del pastizal de regular a bueno. Otra conclusión fue que la disponibilidad de forraje verde y el rendimiento de materia seca fueron mayor en la siembra sin labranza.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Pastizales altoandinos**

Son ecosistemas con vegetación herbácea constituida principalmente por césped dominados por gramíneas que crecen amacolladas y hojas duras (Minam, 2018). Esta vegetación se ha adaptado por miles de años en condiciones extremas del clima (Conatura, 2004). Soportó fuertes heladas y bajas temperaturas (Fuentealba et al., 2018). Se llaman altoandinos por hallarse de 3.800 a 4.000 metros de altitud (Flores E., 2006).

Tienen una diversidad florística no está distribuida homogéneamente en todo el mundo. Difieren fuertemente en la cantidad de especies que contienen. La

mayoría son gramíneas (Yaranga et al., 2018). Esta distribución varía según la humedad del suelo y características edafológicas, como la textura y el contenido de materia orgánica (Flores E., 2006).

### **A. Importancia del pastizal altoandino**

Los pastizales altoandinos proveen diversos servicios ecosistémicos, como regulación, soporte y provisión (Allpoc, 2019).

En cuanto a los servicios de provisión, son la fuente forrajera más barata para la alimentación de los animales. Soportan el 84% de la ganadería nacional (Tacuna et al., 2015) Por ello, los pastizales influyen en el desarrollo y la producción de la ganadería altoandina del país (Mendoza, 2011). Son muy importantes para los pastores que dependen solo de estos ecosistemas (Pulver et al., 2013).

Además, estos ecosistemas son importantes en la regulación climática y en la regulación hídrica, pues la cobertura vegetal de los pastos ayudan a que el agua se infiltre en el suelo y no se pierda. Por ello, estos pastos protegen al suelo de la erosión y lo mantiene húmedo (Núñez et al., 2018). Por otro lado, los pastizales altoandinos cubren grandes extensiones de terreno, lo cual cumple un papel importante en la mitigación del cambio climático, ya que tiene un potencial de captura de carbono de hasta 0,6 gigatoneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por año (Guerra et al., 2013).

En resumen, los pastizales altoandinos tienen una gran importancia en el desarrollo socioeconómico de las poblaciones rurales y la protección ambiental (Zhou et al., 2014).

### **B. Causas de la degradación del pastizal altoandino**

El 60% de los pastizales altoandinos se encuentra en proceso de degradación (Tácula et al., 2015), resultado de causas bióticas, como el pastoreo excesivo, y causas abióticas, como frecuencia de escasez de agua debido al cambio climático (Pulver et al., 2013). Generan impactos en la reducción de las capacidades de los ecosistemas de pastizal para el aprovisionamiento de bienes de uso directo (carne, leche, lana, productos forestales menores) e indirecto (servicio ambiental y biodiversidad) (Estrada et al., 2018).

Las causas más comunes de la degradación de los pastizales son el sobrepastoreo, la quema y la escasez de agua.

- **Sobrepastoreo**

El sobrepastoreo es producto de la presión por mayor crianza ganadera, que supera la capacidad de producción del pastizal y las deficientes prácticas de manejo que se emplean (Tácuna et al., 2015). Es la principal amenaza para la integridad ecológica de los pastizales de puna (Fuentealba et al., 2018).

Altera en la cantidad de pastos deseables, en la invasión de plantas indeseables para el ganado, en la baja cobertura vegetal, en el descenso de la capacidad forrajera, en la erosión por el agua y el viento, y en la baja producción del ganado (Miranda y Ccana, 2014).

- **Quema**

Muchos comuneros la realizan porque buscan reducir las malas hierbas y arbustos de sus pastizales. Creen que el rebrote de los pastos será más rápido (Hensel, 1923) y el forraje será de mejor calidad. Sin embargo, tiene efectos a nivel del suelo y de la vegetación, principalmente por las cenizas que taponean los poros del suelo (Pritchett , 1991). Entonces, esto genera cambios en la humedad del suelo, la temperatura de la superficie y el subsuelo, cambios en el contenido de materia orgánica y pH, disponibilidad de nutrientes, producción primaria y valor nutritivo del forraje (Quispe, 1999) .

- **Escasez de agua**

Debido al cambio climático, hay temporadas en que el estiaje se prolonga y genera disminución en el forraje para el ganado (Fuentealba et al., 2018).

### **C. Condición del pastizal altoandino**

Se refiere a la salud del pastizal en un tiempo determinado, en comparación con la vegetación clímax (Estrada et al., 2018).

En la actualidad, una proporción importante del pastizal altoandino de manejo comunal en los Andes peruanos se encuentran en condición pobre (62%), pues no existe un equilibrio entre el estatus del agua, el suelo y la vegetación

(Tácuna et al., 2015), por el mal manejo de los recursos naturales y los efectos climáticos (Echavarría et al., 2015). Ello influye en los servicios y beneficios ambientales que brindan estos ecosistemas (Tácuna et al., 2015).

La condición del pastizal refleja el estado de conservación de este ecosistema, en que, si tiene una buena condición, entonces tiene la capacidad de cumplir sus funciones ecológicas adecuadamente (Minam, 2016).

El tipo de condición del pastizal se estima a partir tres atributos del ecosistema, que son la florística del sitio, la estabilidad del suelo y la integridad biótica. Cada atributo tiene indicadores y valor relativo, como se muestra a continuación (Minam, 2016).

**Tabla 1. Valor relativo por atributo e indicador del pastizal altoandino**

<b>Atributo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor relativo</b>
Florística del sitio (20)	Riqueza (número de especies)	
	- Gramíneas y graminoides.	7
	- Hierbas.	1
	- Arbustos.	2
Estabilidad del suelo (40)	Composición florística (porcentaje)	
	- Gramíneas y graminoides.	7
	- Hierbas.	1
	- Arbustos.	2
Integridad biótica (40)	Cobertura aérea del suelo (porcentaje).	8
	Suelo desnudo superficial (porcentaje).	8
	Pérdida de suelo superficial.	20
	Materia orgánica del horizonte superficial.	4
<b>Total</b>	Altura de canopia de plantas dominantes (cm).	2
	Cantidad de biomasa aérea (g/m <sup>2</sup> ).	19
	Cantidad de mantillo (g/m <sup>2</sup> ).	13
	Plantas invasoras (%).	6
<b>Total</b>		<b>100</b>

Para determinar la condición del pastizal (conservado), se les asigna determinados valores del 0 al 10 (valor ecológico). Los valores altos indican que está conservado.

**Tabla 2. Valores que indican el estado de conservación del pastizal**

Escala	Valor relativo (porcentaje)	Estado de conservación
0-2>	0-20>	Muy pobre
[2-4>	[20-40>	Pobre
[4-6>	[40-60>	Regular
[6-8>	[60-80>	Bueno
[8-10>	[80-100>	Muy bueno

Fuente: Minam, 2016.

Para estimar la condición del pastizal, Flores y Malpartida utilizaron indicadores de especies deseables, índice de forraje, índice de suelo e índice de vigor, lo cual —además de estimar la condición— ayuda a determinar la capacidad de carga.

#### **D. Alternativas para mejorar el pastizal**

Realizar estrategias de mejora del pastizal que resulten viables para la rehabilitación de ecosistemas degradados desde el punto de vista económico y ecológico (Krogh et al., 2002). Así, se puede utilizar dos tipos de prácticas para el mejoramiento de pastizales: las extensivas y las intensivas (Zarria, 2015).

Las estrategias extensivas no requieren ingreso extra de energía al sistema y son de bajos costos, como cercado y clausura de pradera, riego por surcos en contorno para ladera (Miranda y Ccana, 2014) y sistema de pastoreo como el continuo y extensivo, que son formas de manejar animales en la pastura para conseguir un mejor aprovechamiento de sus forrajes (Mamani et al., 2013).

Las estrategias intensivas requieren de un ingreso extra de energía al sistema, como la adición de materia orgánica en forma de estiércol u orina de ovino para mejorar las características del suelo, la revegetación con semillas o el trasplante de material vegetativo de especies nativas (Tácuna et al., 2015), la creación de micrositos favorables para el establecimiento y el crecimiento de las plantas exóticas (entre siembra) (Quiroga et al., 2009).

La entresiembr con especies exóticas es una práctica que contribuye a frenar la degradación de los pastizales que alcanzan niveles de erosión y de improductividad (Farfán y Farfán, 2012).

Estas especies exóticas incrementarán la calidad del pastizal, ya sea directamente como alimento o como aporte nutritivo de nitrógeno a las gramíneas del pastizal. Las especies exóticas más recomendables para la entresiembr son el trébol blanco, la festuca, el dactylis y el phalaris, las cuales se recomiendan sembrarse con pastos nativos, como pajonales de *Festuca dolichophylla* y *Stipa obtusa*, pues sus suelos reúnen condiciones de buena humedad, pH y fertilidad para soportar un buen establecimiento de las especies exóticas (Mamani et al., 2013).

## **2.2.2. Especies forrajeras exóticas**

### **Importancia de las especies forrajeras exóticas**

Las especies forrajeras exóticas incrementan la producción forrajera, tiene alto contenido de nutrientes, presenta buena digestibilidad, mejora la fertilidad del suelo (Hinostroza, 2004) y provee buena cobertura a los suelos erosionados. Son resistentes a las heladas, sequías, plagas (INIA, 2012). También adsorbe y utiliza el fertilizante más efectivamente que el pasto natural (Arbitto, 2011).

Además, el contenido de nitrógeno en gramíneas nativas es bajo y estas disminuyen más todavía en época de estiaje. Por ello, la siembra de especies forrajeras exóticas, como las leguminosas, ayudan a incrementar el valor nutritivo de los pastizales (Zarria, 2015), a balancear la dieta, a mejorar la palatabilidad de los pastos (Farfán y Farfán, 2012), a fijar nitrógeno en el suelo y las plantas que están a su alrededor, en el desarrollo y crecimiento de los animales por las proteínas y vitamina A que contiene y proporciona calcio a los animales (Quispe y Castelo, 2006).

Algunas especies incorporan nutrientes en el suelo, mejoran la vegetación nativa y mejoran la oferta del forrajera total y estacional. Además, estas se complementan, evitan la destrucción del pasto nativo (Urrutia, 2013). Entre las leguminosas perennes, está el trébol blanco (*Trifolium repens*), el trébol rojo (*Trifolium pratense*), la alfalfa (*Medicago sativa*) (Mamani, García, y Durand, 2013),

en que el trébol blanco transfiere el doble de cantidad de nitrógeno a las gramíneas que el trébol rojo (Urrutia, 2013).

Para los usuarios de los pastizales altoandinos, es importante la incorporación de especies forrajeras exóticas, como la leguminosa, a 4.200 metros de altitud, pues en estas zonas generalmente dominan las gramíneas. Así, para un mejor balance de la alimentación de los animales es bueno introducir leguminosas (Foncodes, 2014).

### **2.2.3. Establecimiento de especies forrajeras exóticas**

#### **A. Métodos de siembra**

La siembra directa es un mínimo laboreo en que el disturbio realizado en el suelo para la colocación de las semillas es mínimo. Por ello, hay excelente cobertura, menor evapotranspiración (Taparello, 2011), reducción de la erosión y degradación del suelo (Urrutia, 2013).

En la siembra directa hay dos métodos: la siembra al voleo y la siembra por golpe, la cual genera un mayor establecimiento de las plántulas (Zarria, 2015).

En la siembra por golpe se realizan hoyos en que la profundidad dependerá del tamaño de la semilla. Las semillas de trébol son pequeñas. Por ello, no es conveniente enterrarlas a profundidad, sino enterrarlas o taparlas de 1 a 3 centímetros (Hinostroza, 2004).

Las semillas peletizadas con carbonato de calcio incrementan el pH. Así, ayudan a un mejor establecimiento y desarrollo de las plantas en suelos ácidos (Balocchi y Mansilla, 1990).

#### **B. Efecto del pasto nativo en el establecimiento de las especies forrajeras exóticas**

En las zonas altoandinas, la actividad agrícola no prospera por las condiciones climáticas adversas para el cultivo. Por ello, la única actividad socioeconómica de importancia alimentaria y productividad es la pecuaria (Miranda y Ccana, 2014).

Los pastos nativos que son generalmente gramíneas naturales altas presentan micrositios, determinantes para el establecimiento y el crecimiento de las

especies forrajeras exóticas (García y Monroy, 2005), pues brindan humedad edáfica, importante para la germinación de las semillas, a comparación de áreas de suelo desnudo. Además, brindan excelente cobertura y protección a las plántulas jóvenes de los vientos helados, granizadas. Así, propician una buena asociación que mejora sustancialmente la oferta forrajera de determinados sitios de pastizal (Farfán y Farfán, 2012).

Una especie forrajera exótica es el trébol, que se complementa con el pasto nativo. Así, se benefician mutuamente (Foncodes, 2014).

### **C. Efecto de la densidad de semilla para el establecimiento de especies forrajeras exóticas**

Cuando se siembran especies forrajeras exóticas, no se recomienda trabajar con densidades muy bajas, pues las siembras no se realizan en las condiciones más favorables. Por eso, a mayores densidades, se asegura un establecimiento más uniforme y precoz, con un rendimiento inicial de forraje más alto (Urrutia, 2013).

## **2.2.4. Elección de especies forrajeras exóticas**

### **A. Criterio de elección de especies forrajeras exóticas**

Dependerá del poder germinativo, la calidad y el abastecimiento en el mercado local, regional y nacional. También del propósito del cultivo (para pastoreo o corte) (Mamani et al., 2013). Además, son importantes los siguientes aspectos:

- Tipo de suelo: Ray grass, Dactylis, trébol blanco y avena soportan suelos pesados (arcillosos) porque su sistema radicular es superficial. Por ello, el agua de riego o de lluvia en este tipo de suelos permanece mayor tiempo en la superficie. En cambio, la alfalfa y, en menor cantidad, el trébol rojo, por tener sus raíces a mayor profundidad, requieren suelos ligeros (Mamani et al., 2011).

Otro factor importante es el pH. Especies como la avena, Ray grass y trébol tienen mejor respuesta a diferentes tipos de suelos, incluidos suelos muy ácidos (Mamani et al., 2011).

- Condiciones climáticas: Las heladas, las sequías, las granizadas y los factores climáticos que caracterizan la zona andina distinguen a las pasturas. Hay, por ejemplo, variedades de alfalfa que soportan las heladas y sequías. Otras no,

así como también hay Ray grass y trébol blanco que soportan las heladas (Mamani et al., 2011).

- Tipo de ganado: El tipo de animal a alimentar influye también en la especie forrajera a elegir. Por ejemplo, si son animales menores, como el cuy o el conejo, se prefiere especies de corte como la alfalfa, Ray grass italiano y maíz. Para vacunos en zonas de altura, se recomienda especies de pastoreo como Ray grass, *Dactylis* y trébol (Mamani et al., 2011).

- Tamaño de población animal: Para crianza pequeña, como cuyes, conejos, ovinos y vacunos, se prefiere utilizar pasturas de corte, como *grass* italiano, avena forrajera o maíz. En cambio, para crianza mayores de bovinos, ovinos y alpacas, estos deben ser alimentados al pastoreo. Por ello, se prefiere pasturas que soporten el pisoteo de los animales, como Ray grass inglés, trébol blanco, trébol rojo y *Dactylis* (Mamani et al., 2011).

## **B. El trébol**

Hay de zonas templadas a frías (Europa, Asia, África y América). Tiene cerca de 300 especies. Existen dos especies forrajeras exóticas en praderas permanentes: el *Trifolium repens* (trébol blanco) y *Trifolium pratense* (trébol rojo). Otras exóticas son cultivadas en zona bajas y húmedas, como *Trifolium subterraneum* y *Trifolium fragiferum* (Urrutia, 2013).

## **C. Descripción del trébol**

### **• Trébol rojo (*Trifolium pratense*)**

Es una especie perenne, generalmente erecta, que puede desarrollarse de 2.000 a 4.300 metros de altitud. Produce un forraje de elevado valor nutritivo (Mamani et al., 2011). Está formado por numerosos tallos. Sus hojas tienen una mancha clara en el centro y sus flores son de color rosado (Hinostraza, 2004).

Es una especie de excelente comportamiento productivo. Se ofrece como muy importante en sistemas intensivos de producción (Urrutia, 2013).

### **• Trébol blanco (*Trifolium repens*)**

Especie perenne que puede desarrollarse de 2.000 a 4.300 metros de altitud (Mamani et al., 2011). Es una planta rastrera con hojas redondas. Su inflorescencia es de color blanco con alto porcentaje de proteína. Resiste a la helada (Quispe y Castelo, 2006). Posee el hábito de crecimiento rastrero. Tiene tallos estoloníferos que forma vegetación densa y tolera el pastoreo intensivo (Hinostroza, 2004).

Sufre enormemente a la falta de agua. Puede morir. No crece en forma adecuada en suelos pobres, muy ácidos o arenosos. Sin embargo, produce buen rendimiento en la mayoría de los suelos que tengan suficiente humedad (Urrutia, 2013).

Los *Trifolium repens* de hojas de tamaño intermedio, como la variedad Huia, son menos exigentes a la humedad y fertilidad, más tolerables al pastoreo (Urrutia, 2013).

#### **D. Adaptación del trébol**

El *Trifolium pratense* tiene una mejor producción en praderas de suelos húmedos, aunque prospera igualmente en suelos de baja fertilidad, pesados o de horizontes superficiales (Urrutia, 2013).

El *Trifolium repens* de la variedad Huia tiene una mejor asociación con las festuca, la cual no es agresiva y tiene una buena producción, buen desarrollo de la planta y tamaño de la hoja (Delgado, 1985).

### **2.3. Definición de términos**

#### **• Especies forrajeras exóticas**

Son especies mejoradas de pastos vía semillas. Introducidas en los pastizales altoandinos para mejorar el pastizal que se encuentra degradado y aumentar la calidad nutritiva de los pastizales (Mendoza, 2011).

#### **• Pastizal altoandino**

Es un ecosistema con vegetación herbácea dominado por gramíneas que crecen amacolladas y tienen hojas duras (Minam, 2018).

- **Condición del pastizal**

Según el manejo del pastizal, la planta forrajera puede variar o mantenerse en comparación con la vegetación clímax (Florez, 2005).

- **Pasto nativo**

Es hierba residente de la zona que sirve de alimento a los animales (Hinostroza, 2004).

- **Siembra por golpe**

Es el aflojamiento del suelo a modo de hoyos superficiales cada cierta distancia. En cada uno de estos hoyos se depositan las semillas (Mendoza, 2011).

- **Establecimiento**

Un pasto se ha establecido cuando empieza a mostrar su potencial de producción (Mamani et al., 2011).

- **Pastizal degradado**

El pastizal se deteriora por diversas causas, lo que no permite que cumpla adecuadamente con sus funciones (Núñez et al., 2018)

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo de investigación y diseño**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación, según su propósito, es aplicada, porque la pregunta de investigación proviene de un problema real y los resultados se aplican a resolver un problema que existe en la realidad. El tipo de investigación, según la naturaleza de profundidad, es explicativo, porque se evaluará si el lugar de siembra, la densidad de siembra y el pasto nativo influyen en el establecimiento del *Trifolium repens* y del *Trifolium pratense*. Por ello, se tomarán datos de campo como porcentaje de germinación del trébol, la altura del trébol, la cobertura del trébol y el número de hoyos con trébol vivo. Con esta información, se puede interpretar las condiciones en que se establecen mejor el *Trifolium repens* y el *Trifolium pratense* para la mejora del pastizal altoandino.

#### **3.1.2. Diseño de la investigación**

Se realizó un diseño experimental factorial para los tres objetivos específicos planteados. En cada objetivo, se establecieron dos factores. Cada factor tuvo dos niveles. Todos los factores interactuarán para evaluar en cuál de las condiciones se establece mejor el *Trifolium repens* y el *Trifolium pratense*.

El primer objetivo específico es evaluar el efecto del sitio en la sobrevivencia y el crecimiento del *Trifolium repens* y del *Trifolium pratense*. Así, se tiene como

factores las especies de trébol y las parcelas. Además, para entender mejor las características de las parcelas y compararlas, se incorporaron algunos indicadores

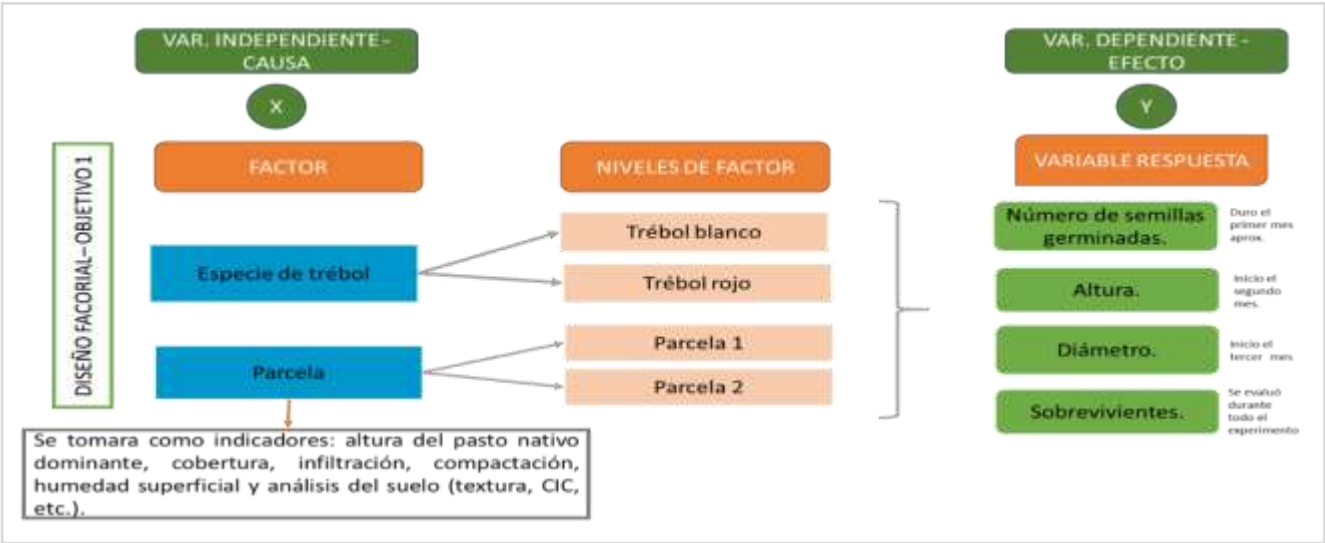


Figura 1. Diseño factorial del objetivo específico 1.

El segundo objetivo específico evalúa la influencia del pasto nativo en la sobrevivencia y el crecimiento del *Trifolium repens* y del *Trifolium pratense*. Se tiene como factores las especies de trébol y el lugar de siembra. Estos factores interactuaron para cada variable respuesta.

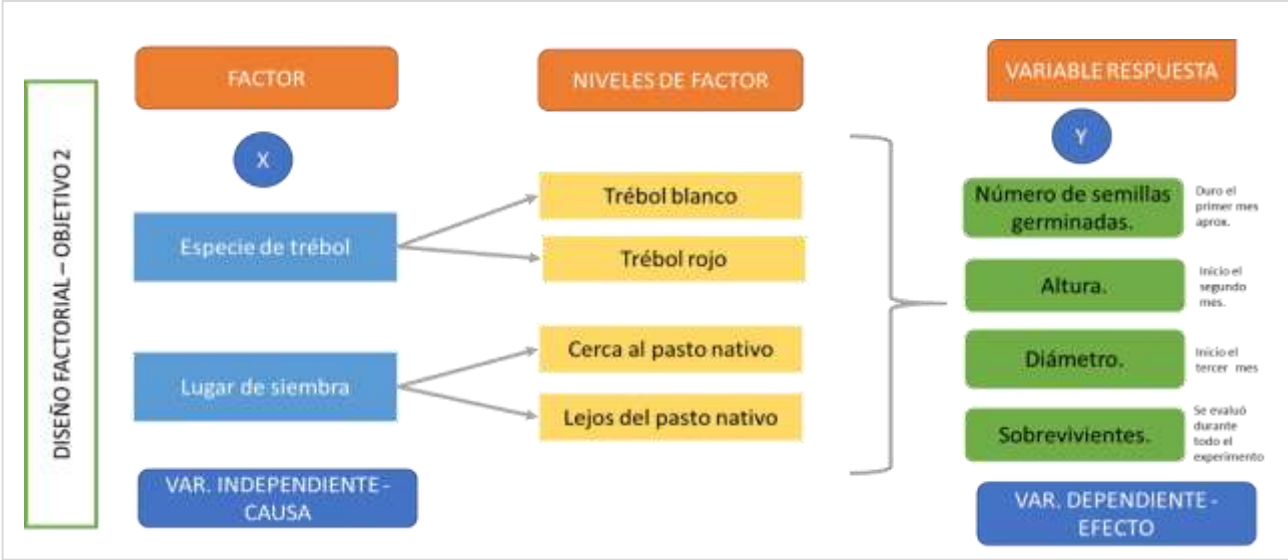
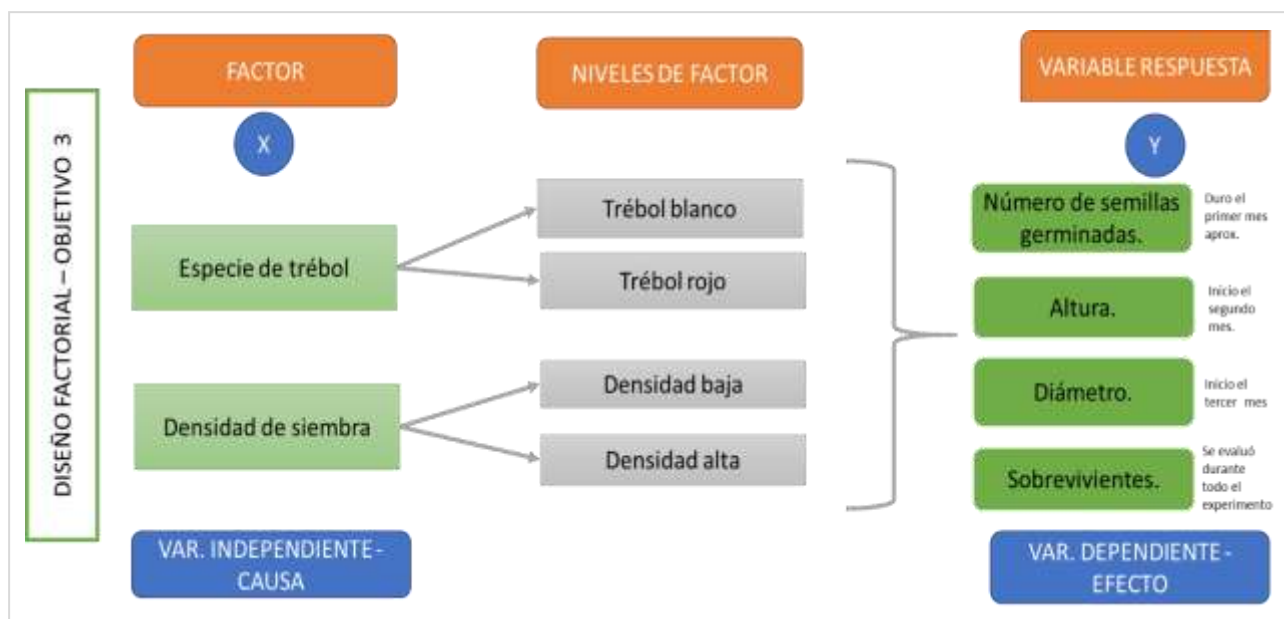


Figura 2. Diseño factorial del objetivo específico 2.

El tercer objetivo específico evalúa la influencia de la densidad siembra en la sobrevivencia y el crecimiento del *Trifolium repens* y del *Trifolium pratense*. Se tiene como factores las especies de trébol y las densidades de siembra. Estos factores interactuaron para realizar el análisis).



**Figura 3. Diseño factorial del objetivo específico 3.**

Para evaluar el establecimiento de las dos especies de trébol, se consideraron etapas. Primero, se evaluó la germinación durante poco más de un mes (18 de diciembre-29 de enero). Luego, a partir del segundo mes, se midió la altura cuando las plantas ya habían crecido un poco (enero-junio). Después, a partir del tercer mes, se midió el diámetro (marzo-junio). Por último, se evaluó el número de plantas sobrevivientes de toda la etapa experimental (diciembre-junio). Estas mediciones se realizaron en las parcelas 1 y 2 hasta inicios de marzo. Después, las mediciones que se realizaron fueron solo en la parcela 1, porque en la parcela 2 hubo mayor porcentaje de tréboles muertos.

## 3.2. Población y muestra de estudio

### 3.2.1. Población

La población está formada por los pastizales degradados cercados en el Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montaña (Cictem) de Cátac, cuya área fue de 60 hectáreas aproximadamente.

### 3.2.2. Muestra

Está formada por los pastizales degradados en el área cercada, constituidos por dos parcelas de 600 metros cuadrados cada uno.

Los indicadores que se tomaron para la selección de las parcelas fueron mayor cantidad de áreas de suelo expuesto y pastos nativos con alturas bajas. Así tenemos:

- Parcela 1 de 600 metros cuadrados.
- Parcela 2 de 600 metros cuadrados.

### **3.2.3. Tipo de muestreo**

Muestreo no probabilístico, debido a que estas parcelas fueron seleccionadas según la altura de las plantas y la mayor área de suelo sin cobertura vegetal.

## **3.3. Delimitación**

### **3.3.1. Descripción del área de estudio**

El presente estudio se realizó en la comunidad campesina de Cátac, en el Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montaña (Cictem), sector Pachacoto, distrito de Cátac, provincia de Recuay, región Áncash, a 3.855 metros de altitud, donde dominan ganados ovinos y vacunos.

La estación lluviosa ocurre en verano (de diciembre a marzo). La precipitación anual está entre 600-1.100 milímetros por año. El rango de biotemperatura media anual oscila entre mínimas de 7 °C y máximas de 13 °C.

El área de estudio es de 60 hectáreas, cercadas desde febrero de 2018, donde predominan pastos que pertenecen al género de *Calamagrostis*, *Festuca* y *Muhlenbergia*. El cercado se hizo para recuperar los pastizales naturales, pero aún se puede encontrar áreas degradadas, donde se realizará el presente estudio.

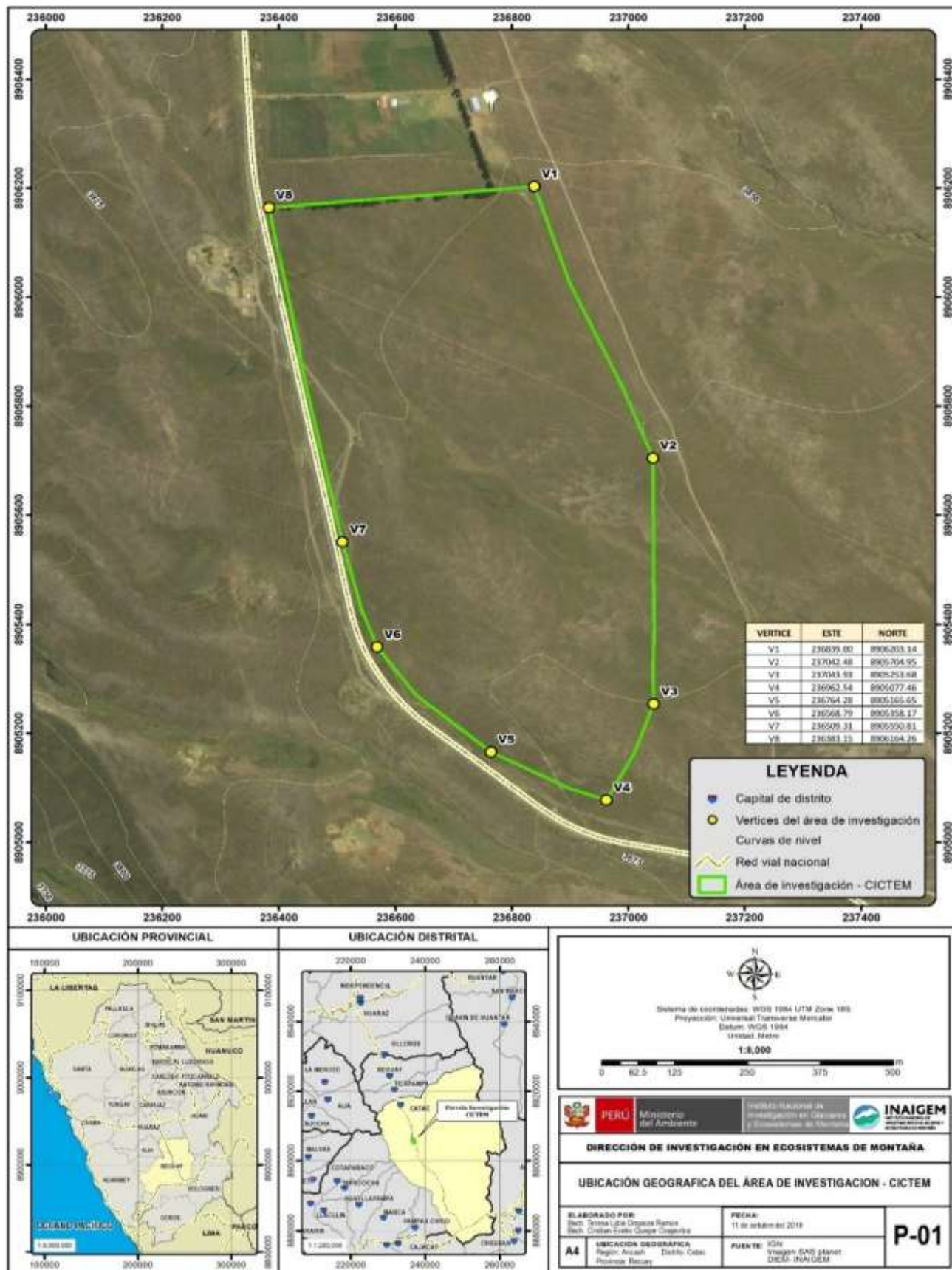


Figura 4. Mapa de ubicación del área de estudio en el Cictem.

### **3.4. Materiales y equipos**

#### **3.4.1. Materiales**

GPS.

Anillo censador.

Cuadrante 1 metro × 1 metro.

Wincha de 5 metros y otra de 50 metros.

Cilindro Uhland.

Lampa pequeña de jardinería.

Estacas.

Cordel.

Pintura.

Tablero de apuntes.

Regla.

#### **3.4.2. Equipos**

Balanza.

Horno.

GPS.

Cámara fotográfica.

*Laptop.*

Kestrel.

Infiltrómetro.

Penetrómetro digital.

### **3.5. Procedimientos y/o actividades**

#### **3.5.1. Selección del sitio**

Para seleccionar el sitio, se usaron imágenes satelitales de 10 metros de resolución descargadas del servidor EarthExplorer de la NASA. Con estas imágenes, se elaboró el mapa de índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), de dos fechas distintas, una de mayo y otra de agosto. Con estos mapas,

se identificaron los valores bajos (anexo 1), pues representaban mayor suelo desnudo y vegetación no densa (Echavarría et al., 2015).

Posteriormente, se realizó una visita de campo a estos lugares en noviembre. Se eligieron los sitios, donde se observaron pastos de menor altura, mayor cantidad de suelos expuestos y menor cobertura vegetal. Ello se muestra a continuación. La primera imagen pertenece a la parcela 1 y la siguiente imagen, a la parcela 2.



**Figura 5. Reconocimiento de las parcelas. La primera es la parcela 1 y la segunda es la parcela 2.**

Luego, en el mismo mes, se delimitaron las dos parcelas en tamaños de 30 x 20 metros cada una, con estacas de 60 centímetros de alto. Se acordonó con pabilo. Se trató que la cubierta vegetal sea homogénea en cuanto a la altura del pasto nativo y suelo expuesto.

### **3.5.2. Caracterización del sitio**

Para caracterizar el sitio, se evaluaron algunos indicadores en la vegetación y en el suelo, lo que ayudó a caracterizar las parcelas.

#### **A. Vegetación**

Se realizaron mediciones de la altura de las especies más dominantes y de la cobertura el 27 de noviembre. Se usó el método del transecto al paso de Kenneth

Parker adecuado por el Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales (LEUP) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Unalm). Así:

- Se realizó un transecto diagonal de 30 metros. Se marcó con dos estacas de madera en los extremos y se tomaron cien puntos equidistantes.
- En cada punto, se identificó el tipo de cobertura que hay (mantillo, suelo desnudo, roca o agua), con ayuda del anillo censador.
- Se registró diez medidas de la altura de las especies dominantes en la parcela de investigación.

Además, se usó el método del cuadrante para evaluar la cobertura área del suelo. Así, se usó un cuadrante de 1 metro x 1 metro, que fue colocado en tres puntos equidistantes del transecto.



**Figura 6. Medición de la cobertura del suelo, a través del cuadrante, en las parcelas 1 y 2, respectivamente.**

Posteriormente, se hizo el trabajo en gabinete, que consistió en pasar los datos al Excel, en que se identificaron las especies de plantas que dominan, y en estimar el porcentaje de cobertura vegetal, mantillo, suelo desnudo y piedras, promediando ambos métodos usados (anexo 2).

## **B. Suelo**

### **• Caracterización de la fertilidad del suelo**

Se tomaron submuestras de suelo de la capa superficial, en los puntos extremos de ambas parcelas el 26 de noviembre. Primero, se limpió la superficie vegetal, pero sin eliminar el suelo. Luego, se sacaron las submuestras con una pala

y fueron colocadas en un balde, de la que se extrajeron las piedras y raíces grandes. Todas las submuestras fueron homogenizadas, llenadas en una bolsa ziploc (aproximadamente un kilo) y codificadas.

Las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Unalm para analizar el suelo y caracterizarlo (anexo 3).

#### • Humedad del suelo

Se sacaron tres muestras de suelo en noviembre y una en enero. Se utilizó el método de cilindro para el análisis de la humedad del suelo. Estas muestras fueron sacadas con un cilindro Uhland de metal cerca de los extremos de la parcela. Luego fueron llenadas en una bolsa ziploc limpia. Así, se codificó y pesó (peso fresco).

En el laboratorio, se puso en la estufa a 80 °C por 36 horas, para obtener el peso seco.



**Figura 7. Recolección de muestras de suelo para estimar la humedad.**

Los datos obtenidos se reemplazaron en la siguiente fórmula para estimar la humedad del suelo de cada parcela de investigación (anexo 3):

$$\text{Porcentaje de agua} = \frac{\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100 \quad (1)$$

#### • Infiltración

Se usó el infiltrómetro de minidisco, que mide la conductividad hidráulica de suelo seco, para determinar la infiltración en ambas parcelas. Se tomaron cuatro

puntos extremos en la parcela 1 y cinco puntos en la parcela 2. Las evaluaciones se realizaron el 4 de diciembre de 2019. También el 23 y 29 de enero de 2020.

Para utilizar el equipo, se llenó el agua en ambas cámaras tapándolas herméticamente con el disco y el tapón de goma. Se seleccionó una succión de 2,5. Posteriormente se ubicó en forma vertical en la superficie del suelo y se comenzó a infiltrar y burbujear el aire desplazado. Por último, se fueron midiendo los volúmenes de agua infiltrados en mililitros cada 30 segundos durante 5 minutos en cada punto de evaluación.

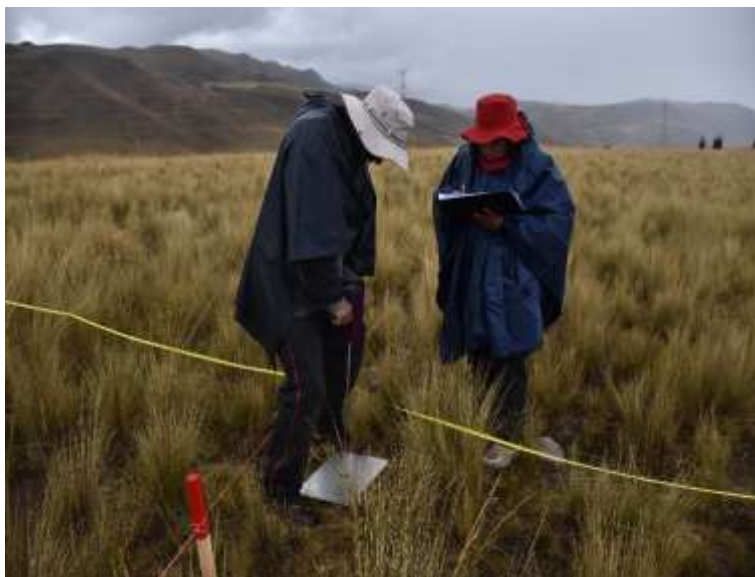
Con los datos obtenidos, se estimó la carga hidráulica con un programa en Excel del mismo equipo.



**Figura 8. Medición de la infiltración.**

#### • **Compactación**

Con el penetrómetro, la compactación del suelo se midió el 4 de diciembre del 2019 y el 5 de febrero de 2020. Para la primera fecha, se tomaron 12 puntos en cada parcela. Para la segunda evaluación, se tomaron 30 puntos en cada parcela, con el fin de tener una mejor representación de la compactación del suelo en ambas parcelas.



**Figura 9. Medición de la compactación del suelo.**

### **3.5.3. Siembra del trébol**

#### **A. Evaluación de la capacidad germinativa de la semilla**

Antes de la siembra del trébol, se hizo una evaluación de la capacidad de germinación de las semillas en el laboratorio de la DIEM, del 22 de noviembre al 1 de diciembre. Así, se tomó una muestra de cien semillas con cuatro repeticiones de *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*.

Las semillas fueron colocadas ordenadamente en hileras sobre un papel toalla humedecido que se encontró extendido sobre la placa Petri. Así, se mantuvo húmedo el tiempo que duró la prueba. Además, se observó y registró el número de semillas que germinaron diariamente (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Para la germinación, se evaluó cada etapa. Es decir, se contó el número de semillas con radícula, hipocótilo y cotiledón (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).



**Figura 10. Prueba de germinación.**



**Figura 11. Evaluación del número de semillas con radícula, hipocótilo y cotiledón.**

Terminada la prueba, se estimó la capacidad de germinación de las semillas, mediante la siguiente fórmula:

$$\%G = \frac{SG}{S} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

SG: Número de semillas germinadas

S: Número total de semillas

Los datos muestran que el trébol blanco tuvo una mayor capacidad de germinación en todas las etapas de germinación en comparación con el trébol rojo (anexo 4).

**Tabla 3. Capacidad germinativa de las dos especies de trébol**

Especie	Etapas de germinación		
	Radícula	Hipocótilo	Cotiledón
Trébol blanco	86,8	85,0	84,8
Trébol rojo	74,0	73,8	73,8

Estos resultados ayudaron a determinar la densidad de siembra, con la información proporcionada por Miranda, quien indica que el número de semillas a usar por hoyo es de cinco a diez semillas.

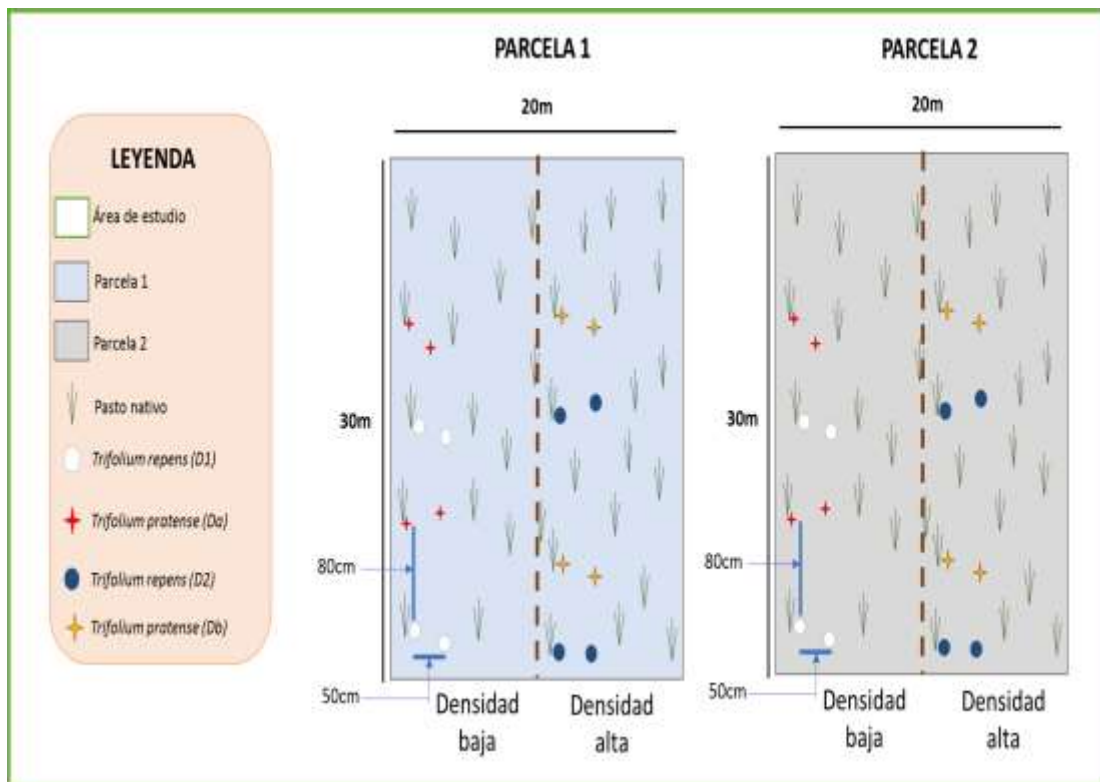
Con esta información, la densidad baja para el trébol blanco fue de nueve semillas por hoyo. Para el trébol rojo, en cambio, fue de diez semillas por hoyo, debido a que tiene menor capacidad de germinación. También se usaron densidades altas, que fueron el doble de la densidad baja. Es decir, para el trébol blanco fue de 18 semillas por hoyo y para el trébol rojo, de 20 semillas por hoyo.

### **B. Diseño de siembra de trébol**

La siembra directa del *Trifolium repens* de variedad Huia y *Trifolium pratense* de variedad americano se realizó el 10 de diciembre en dos parcelas. En cada parcela, hubo tres tratamientos con veinte repeticiones cada uno. Estos tratamientos son densidad de semillas, especie de trébol y lugar de siembra (cerca y lejos del pasto nativo).

La siembra se realizó por golpe. Se hicieron hoyos superficiales de 2 a 4 centímetros de profundidad. Estos hoyos se hicieron cerca y lejos del pasto nativo que crecen en macollos. En cada hoyo, se pusieron semillas con densidades altas y bajas, luego se taparon con una capa delgada de tierra suelta.

Para la siembra del trébol, el pasto nativo tuvo una altura casi homogénea. La distancia mínima entre pastos nativos donde se hicieron los hoyos fue de 80 centímetros o un 1 metro, según la altura de los pastos de las parcelas. La distancia para el hoyo cerca y lejos del pasto nativo fue mínimo de 50 centímetros.



**Figura 12. Diseño de siembra del trébol, en las parcelas 1 y 2.**

Para identificar dónde se pusieron las semillas de trébol, se colocó alambre galvanizado con cintas adhesivas blanca y roja.



**Figura 13. Distancia mínima entre hoyos para la siembra de los tréboles blanco y rojo en ambas parcelas.**

### **C. Variable de medición del trébol**

#### **• Supervivencia**

Realizada la siembra, cada semana hasta fines de enero se fue al campo a contar el número de semillas de trébol germinadas por hoyo en ambas parcelas. Después, cada dos semanas hasta marzo, ya no se continuó con el conteo de número de tréboles vivos por el estado de emergencia debido a la pandemia generada por la Covid-19. Así, el 14 de mayo y el 3 de junio, solo se evaluó la ausencia o la presencia de tréboles en cada hoyo para observar si en el tiempo en que no se realizaron las evaluaciones hubo cambios en la supervivencia del trébol.



**Figura 14. Evaluación del número de tréboles vivos.**

Con los datos obtenidos en campo, se calculó la proporción de tréboles vivos mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Sobrevivencia} = \frac{\text{Número de plantas vivas}}{\text{Total de semillas sembradas}} \quad (3)$$

#### • **Altura**

Esta estimación se realizó con una regla milimetrada. Se registró el punto donde se encuentra la mayor altura de la planta. Se evaluó la altura (en centímetros) del trébol del 29 de enero al 2 de marzo de 2020 debido al estado de emergencia por el Covid-19. Luego, se evaluó el 14 de mayo y el 3 de junio.



**Figura 15. Medición de la altura de los tréboles blanco y rojo, en cada hoyo.**

#### • **Diámetro**

En cada hoyo sembrado, se midió con una regla los diámetros mayor y menor del trébol. Esta evaluación se inició el 2 de marzo de 2020. Después, debido al estado de emergencia por el Covid-19, se evaluó el 14 de mayo y el 3 de junio de 2020.

Luego, los datos de diámetros se usaron para evaluar la cobertura del trébol a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Área} = \pi * \frac{D1}{2} * \frac{D2}{2} \quad (4)$$

Donde:

D1: Diámetro mayor

D2: Diámetro menor

Π: 3,14

### 3.6. Diagrama general de la investigación

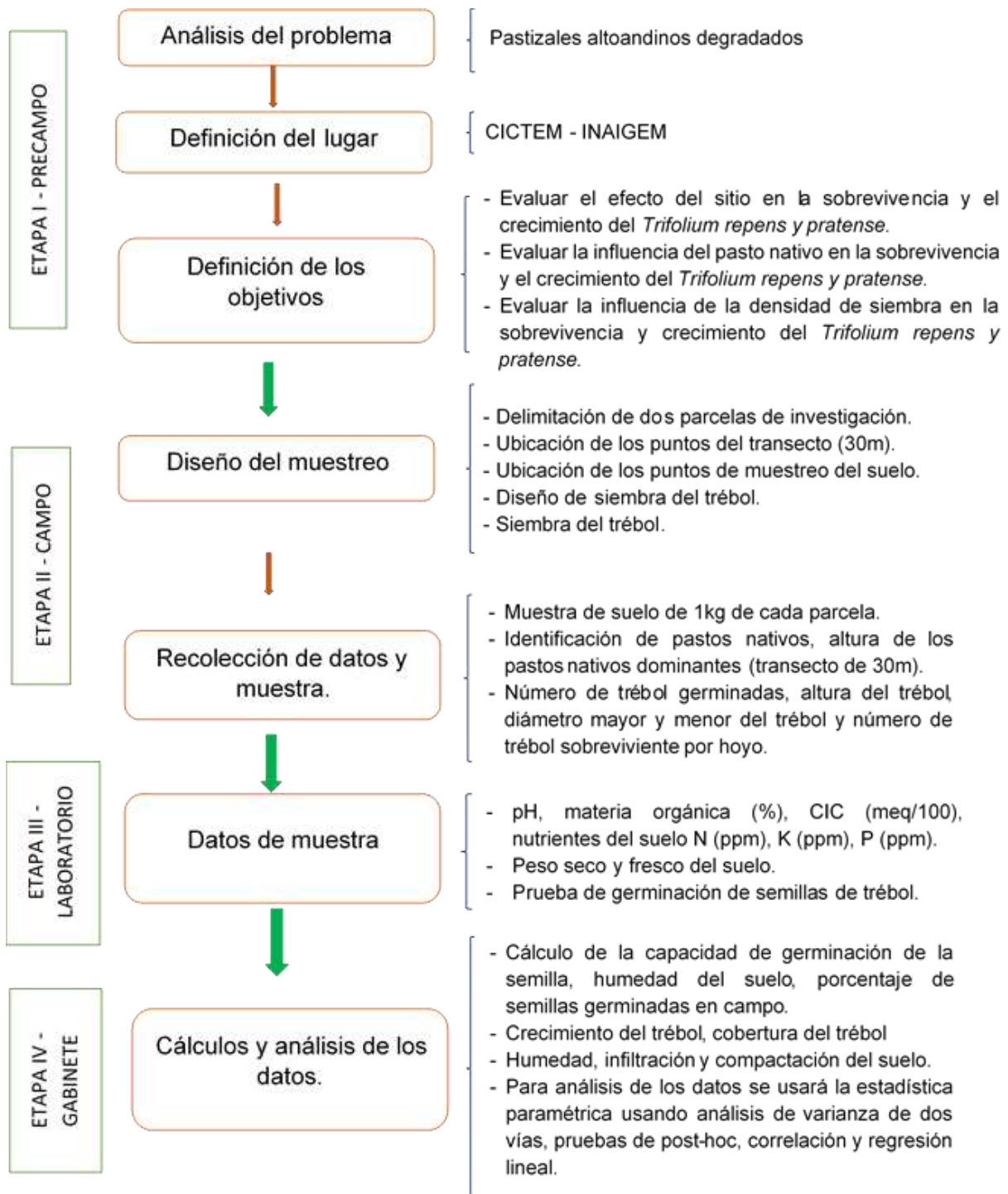


Figura 16. Diagrama de flujo de la investigación.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS

### 4. La evaluación del efecto del sitio en la sobrevivencia y crecimiento del *Trifolium repens L.* y del *Trifolium pratense L.*

#### 4.1.1. Contexto climático del área de estudio durante el experimento en campo

En la figura 17, se observa la variación de la precipitación desde diciembre de 2019, cuando se sembró del trébol. En ese mes se alcanzó una precipitación de 143,40 milímetros, la máxima en comparación con otros meses. En la última evaluación en campo, junio de 2020, se observó que se tuvo una mínima precipitación de 3,70 milímetros.

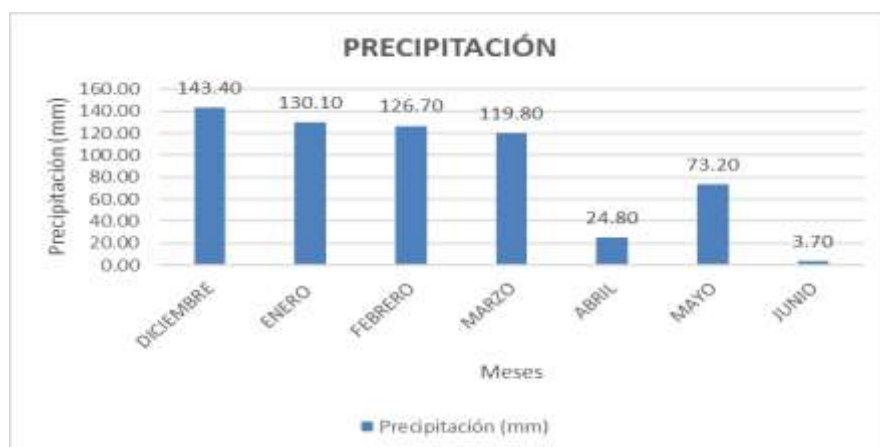
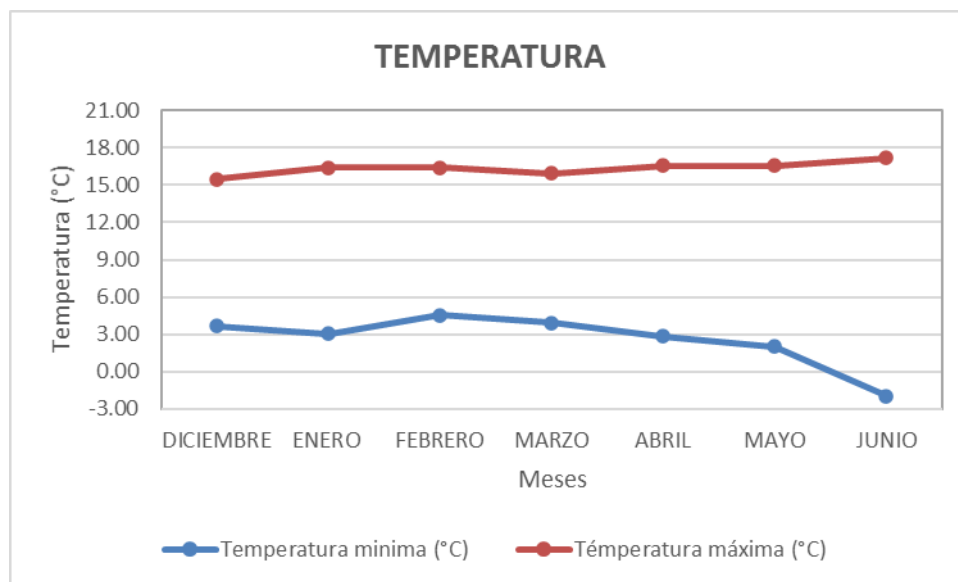


Figura 17. Variación de la precipitación de diciembre a junio.

En cuanto a la temperatura, en la figura 18, se observa que la temperatura máxima aumenta en el transcurso del tiempo. Así, alcanza en junio una temperatura máxima de 17,1 °C. En cuanto a la temperatura mínima, se observa que en ese mes se llegó a -3 °C.



**Figura 18. Comportamiento de la temperatura máxima y mínima de diciembre a junio.**

En las gráficas de precipitación y temperatura, se observa que al inicio de la siembra de los tréboles rojo y blanco se tuvieron buenas condiciones, porque hubo una mayor precipitación, una menor temperatura máxima y no se alcanzaron temperaturas menores de 0 °C. Estas condiciones ayudaron a que los tréboles pudieran germinar.

En cambio, en junio de 2020 se observa una menor precipitación, una mayor temperatura máxima y temperaturas menores de 0 °C. Por ello, se observaron en campo tréboles no muy vigorosos, sobre todo los que estaban lejos del pasto nativo.

#### **4.1.2. Caracterización de las parcelas**

Las características del suelo son similares entre parcelas. Ambas tienen suelos francos arenosos, similar contenido de materia orgánica (3,72%) y valor de pH (4,50 y 4,88, respectivamente).

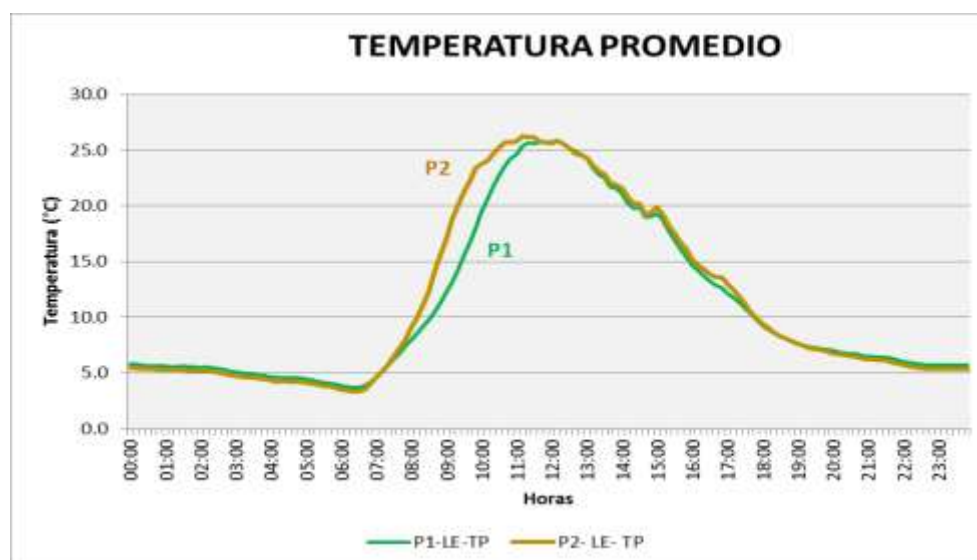
Al analizar los datos de la compactación y humedad del suelo, no se encontraron diferencias significativas, pero sí en la profundidad del suelo. A pesar de tener profundidades diferentes, ambos son considerados suelos muy superficiales (con valores menores a 15 centímetros) (Tabla 4).

**Tabla 4. Resultado de la evaluación de los indicadores del suelo en las parcelas 1 y 2**

Indicadores del suelo	P1	P2
Compactación 2,5 cm (kPa)	852,17 <sup>a</sup>	1.029,2 <sup>a</sup>
Compactación 5 cm (kPa)	1.614,13 <sup>a</sup>	1.345,4 <sup>a</sup>
Profundidad (cm)	7,92 <sup>a</sup>	10,20 <sup>b</sup>
Humedad del suelo (%)	12,06 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>

Nota: Letras iguales indican que no hay diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Ambas parcelas son similares en la temperatura del aire (°C), aunque se observa una pequeña variación de 8:00 a 12:00 horas, en que la temperatura de la parcela 2 es ligeramente mayor (figura 19)



**Figura 19. Temperatura promedio de las parcelas 1 y 2.**

En la cobertura del suelo encontramos diferencias entre parcelas. En la figura 20 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se observa que la parcela 1 tiene un 14% más de vegetación y un 17% menos de suelo desnudo que la parcela 2. En la parcela 1, se encontró que el pasto nativo dominante fue *Festuca dolichophylla*, con 14% de abundancia, una altura promedio de 36 centímetros y una copa más rala. En cambio, en la parcela 2 el pasto dominante fue

*Calamagrostis macrophylla*, con 44% de abundancia, una altura promedio de 38,8 centímetros y una copa más densa.

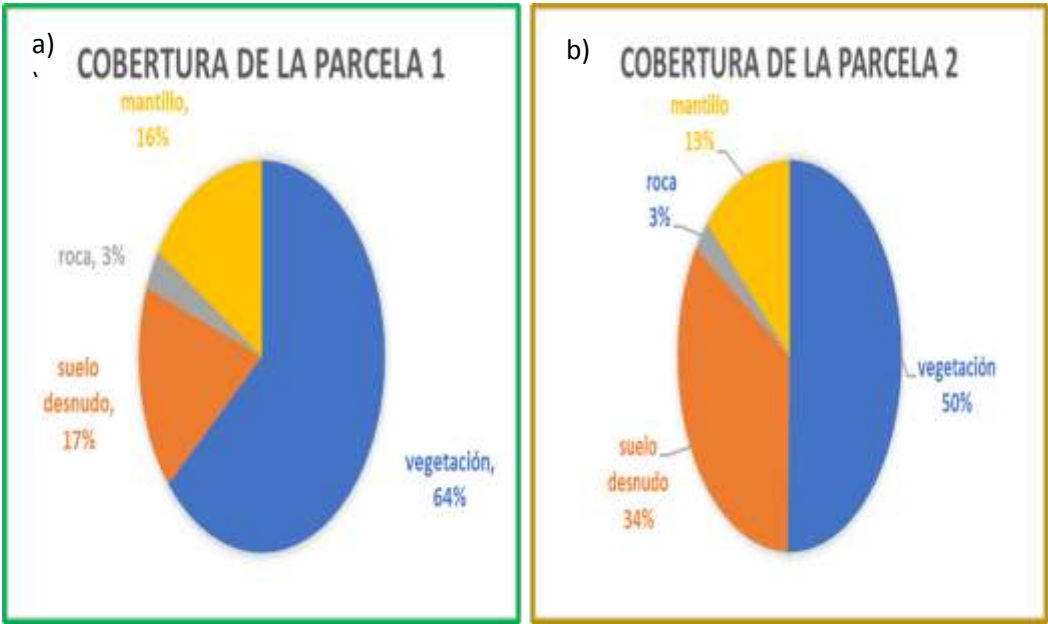
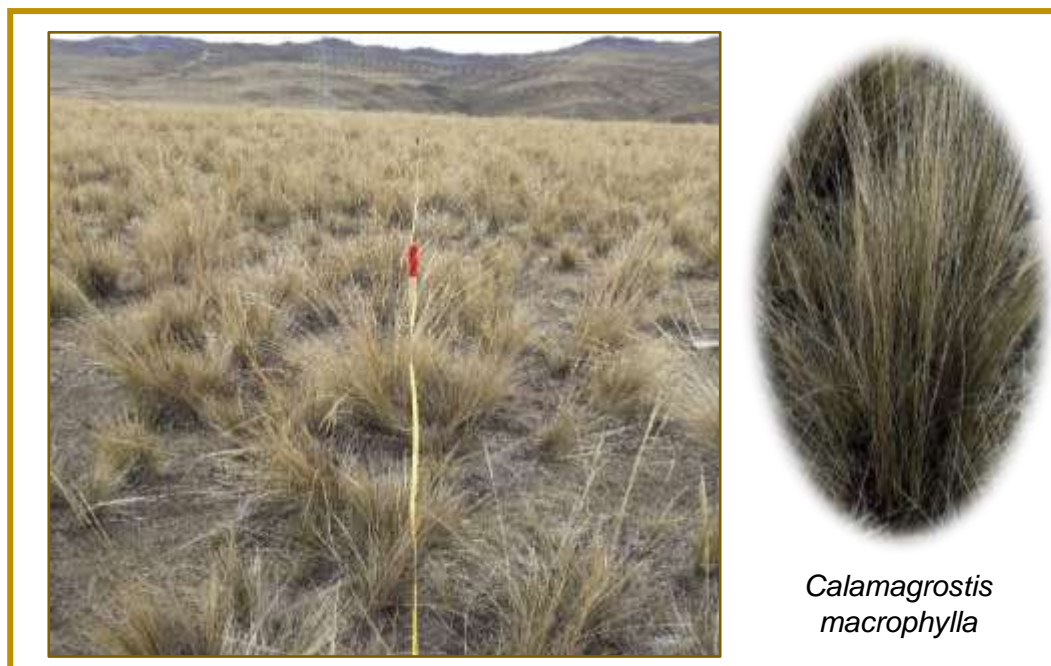


Figura 20. Variación de la cobertura del suelo entre las parcelas 1 (a) y 2 (b).

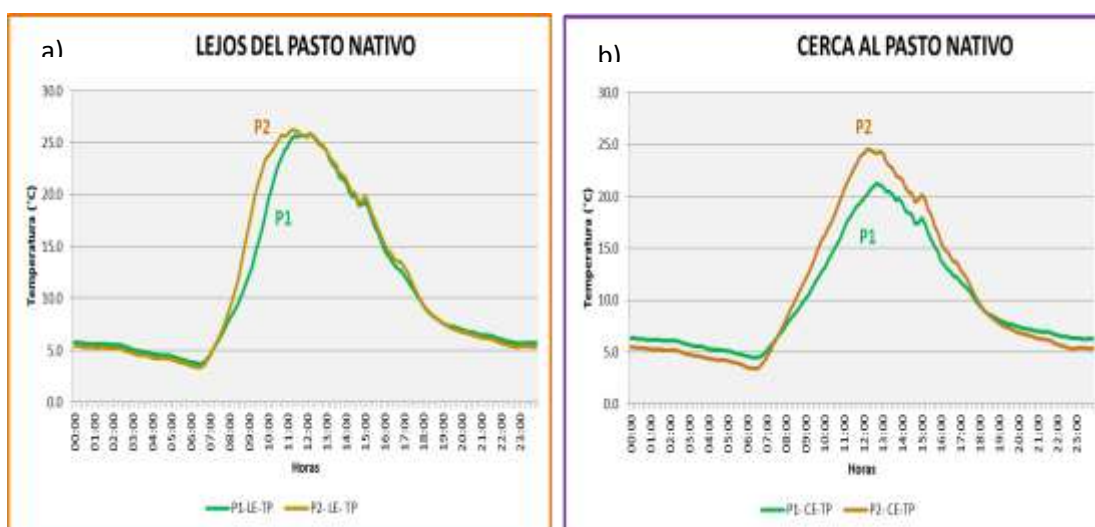


Figura 21. Parcela 1, dominada por *Festuca dolichophylla*.



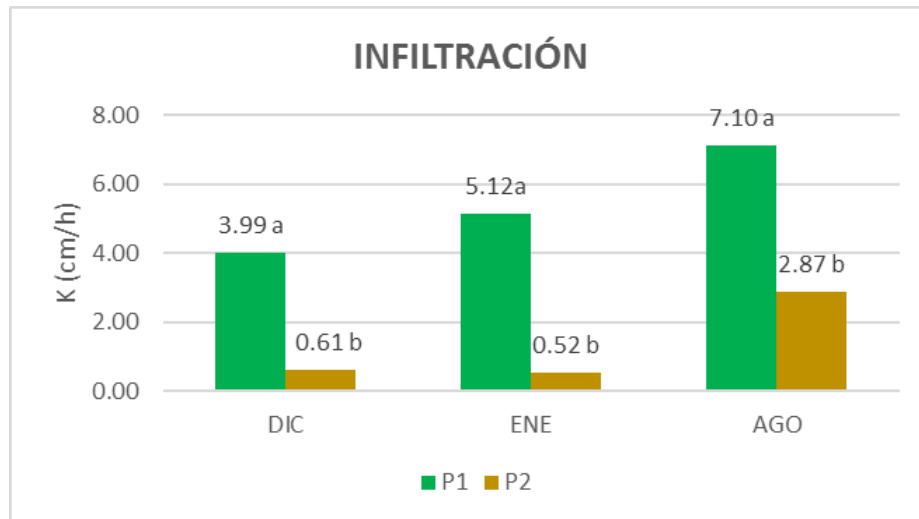
**Figura 22. Parcela 2, dominada por *Calamagrostis macrophylla*.**

Además, el tipo de pasto dominante en cada parcela genera diferentes microclimas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Mientras la temperatura máxima en espacios abiertos del pastizal (lejos del pasto nativo) es similar en ambas parcelas, cerca del pasto nativo se observan diferencias. La temperatura máxima en la parcela 1 (donde domina *Festuca loricata*) es menor que en la parcela 2 (donde domina *Calamagrostis macrophylla*) (aproximadamente 20 °C).



**Figura 23. Temperatura lejos (a) del pasto nativo y (b) cerca de las parcelas 1 y 2.**

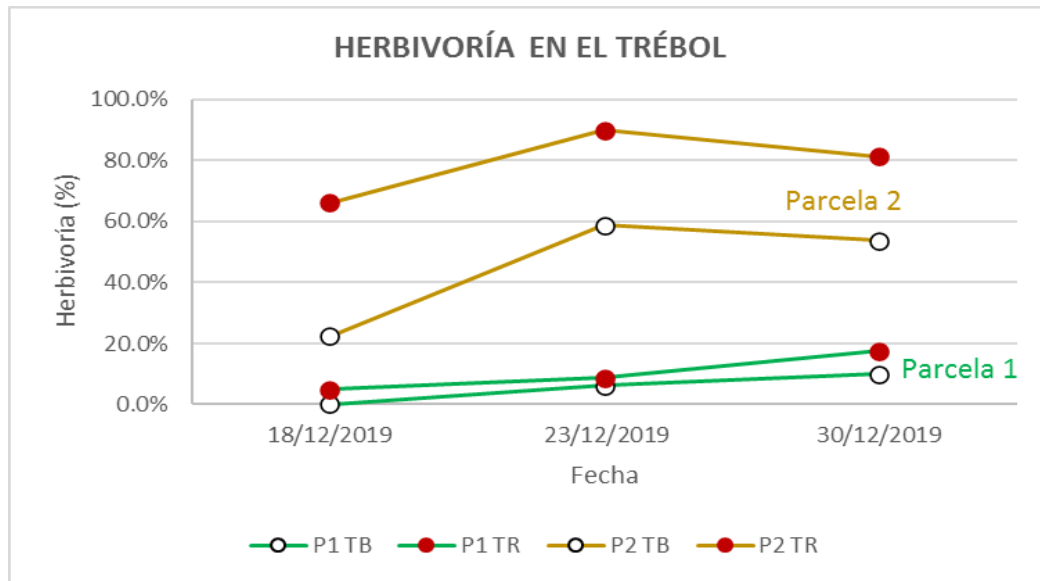
Otra diferencia entre las parcelas es la velocidad de infiltración del agua en suelo. A pesar de no haber encontrado diferencias en las características edáficas en la capa arable, en la parcela 1 hubo mayor infiltración en todas las fechas de evaluación, con un promedio de 5,44 centímetros por hora, en comparación con 1,16 centímetros por hora de la parcela 2.



**Figura 24. Variación de la infiltración del suelo en las dos parcelas.**

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

La herbivoría es algo que no se tenía previsto evaluar inicialmente, pero, por la incidencia que ocasionó en los tréboles, se evaluaron los impactos. Ello se observa en la figura 25, el 23 de diciembre de 2019, en la parcela 2. Así, más del 50% de los tréboles blancos y más del 80% de los tréboles rojos fueron afectados por la herbivoría. Eso explica también la alta mortalidad en la parcela 2



**Figura 25. Porcentaje de trébol afectado por la herbívora en las parcelas 1 y 2.**

Nota: P1TB: Parcela 1 con trébol blanco. P1TR: Parcela 1 con trébol rojo. P2TB: Parcela 2 con trébol blanco. P2TR: Parcela 2 con trébol rojo.

#### 4.1.3. Influencia del sitio en la sobrevivencia del trébol

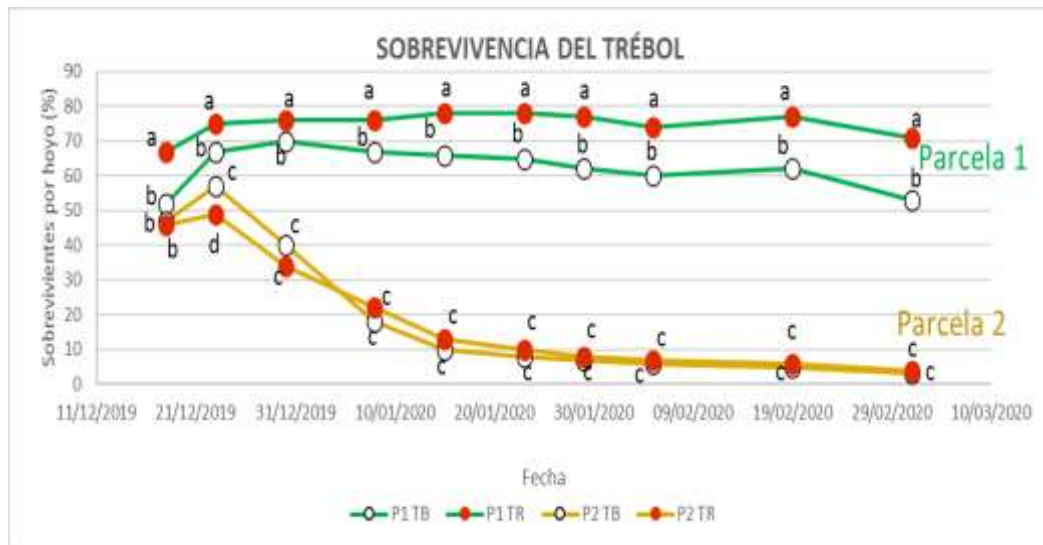
##### A. Sobrevivencia en base al porcentaje de tréboles vivos

Esta sobrevivencia nos muestra el porcentaje promedio por hoyo, de las semillas de trébol sembrados. Entre la primera y segunda evaluación (23 de diciembre de 2019), este porcentaje aumenta debido a que aún hay semillas en etapa de germinación. En la parcela 1, hubo mayor germinación que en la parcela 2. El porcentaje de germinación de cada especie depende del sitio. Así, el trébol rojo tuvo mayor porcentaje de germinación (67%) en la parcela 1 y el trébol blanco en la parcela 2 (57%).

La figura 26 nos muestra un evidente efecto de sitio en la sobrevivencia de los tréboles. Desde febrero, la parcela 1 tiene más del 50% de tréboles vivos. En cambio, en la parcela 2 se observa que sobreviven menos del 10% de las semillas sembradas.

Además, en la parcela 1 hay diferencias significativas entre las especies de trébol durante todo el periodo de evaluación. Así, se encontró mayor número de tréboles rojos vivos que tréboles blancos.

Esto nos indicaría que las condiciones descritas para la parcela 1 son condiciones más favorables para la sobrevivencia de las dos especies de trébol sembrados.



**Figura 26. Porcentaje de tréboles vivos por hoyo en función del sitio y la especie.**

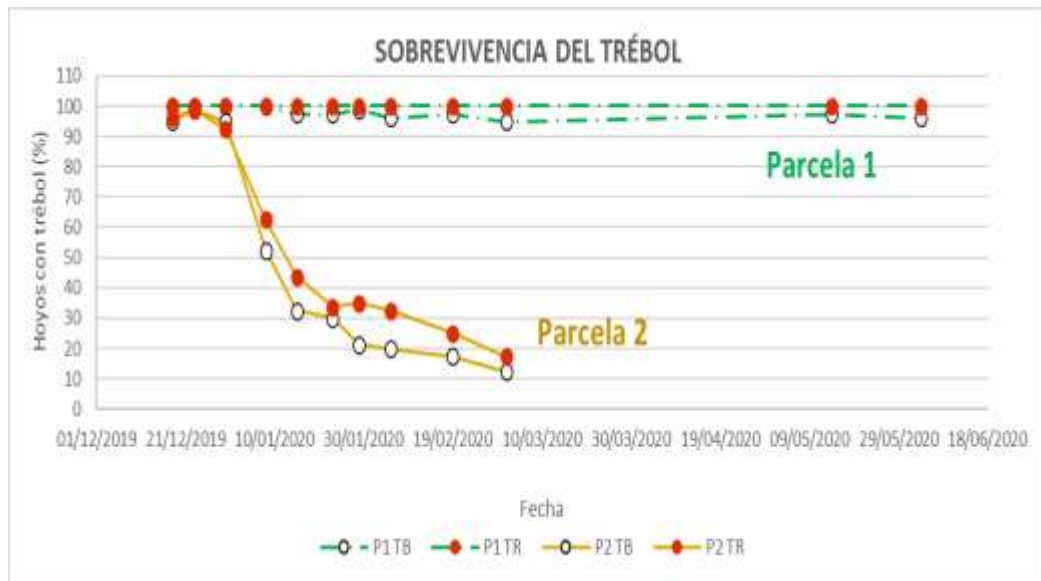
Nota 1: P1TB: Parcela 1 con trébol blanco. P1TR: Parcela 1 con trébol rojo. P2TB: Parcela 2 con trébol blanco. P2TR: Parcela 2 con trébol rojo.

Nota 2: Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

### **B. Sobrevivencia en base al porcentaje de hoyos con trébol**

Esta evaluación de sobrevivencia es complementaria. La usamos porque no se pudo continuar con la evaluación como estaba prevista debido a la pandemia. Así, se evaluó el porcentaje de hoyos que tienen tréboles vivos.

En la figura 27, se observa que el porcentaje de trébol vivo de la parcela 1 se mantiene constante desde marzo, antes de la pandemia, hasta la última evaluación (junio), en que más del 90% de los hoyos tienen tréboles rojo y blanco.



**Figura 27. Porcentaje de hoyos con tréboles vivos en función de la parcela y especie.**

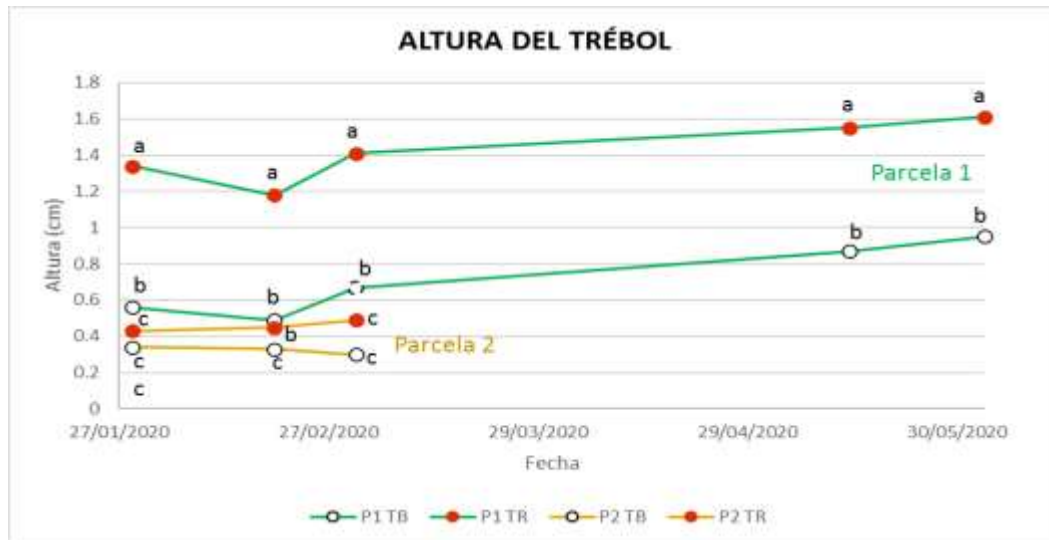
Nota: P1TB: Parcela 1 con trébol blanco. P1TR: Parcela 1 con trébol rojo. P2TB: Parcela 2 con trébol blanco. P2TR: Parcela 2 con trébol rojo

#### 4.1.4. Influencia del sitio en el crecimiento del trébol

##### A. Altura del trébol

Las condiciones del sitio influyeron también en el crecimiento del trébol. En la parcela 1, las dos especies de tréboles tienen una mayor altura que en la parcela 2. A mediados de marzo (96 días después de la siembra) encontramos que la altura del trébol rojo es mayor en la parcela 1 que en la parcela 2, con 0,9 centímetros más. En el caso del trébol blanco, también es mayor en la parcela 1, con 0,4 centímetros más. Después de marzo no se continuó con la evaluación en la parcela 2, debido a que había menor número de tréboles vivos y esto podría influir en el análisis estadístico.

Para el corto periodo de evaluación se encuentra, además, que en la parcela 1 sí hay diferencias significativas entre las especies. El trébol rojo tiene mayor altura que el trébol blanco, que tiene 0,95 centímetros. En cambio, en la parcela 2 no existe una diferencia significativa entre las especies.



**Figura 28. Altura del trébol en función del sitio y la especie.**

Nota 1: P1TB: Parcela 1 con trébol blanco. P1TR: Parcela 1 con trébol rojo. P2TB: Parcela 2 con trébol blanco. P2TR: Parcela 2 con trébol rojo.

Nota 2: Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

#### **4.2. La evaluación de la influencia del pasto nativo en la sobrevivencia y crecimiento del *Trifolium repens* y del *Trifolium pratense***

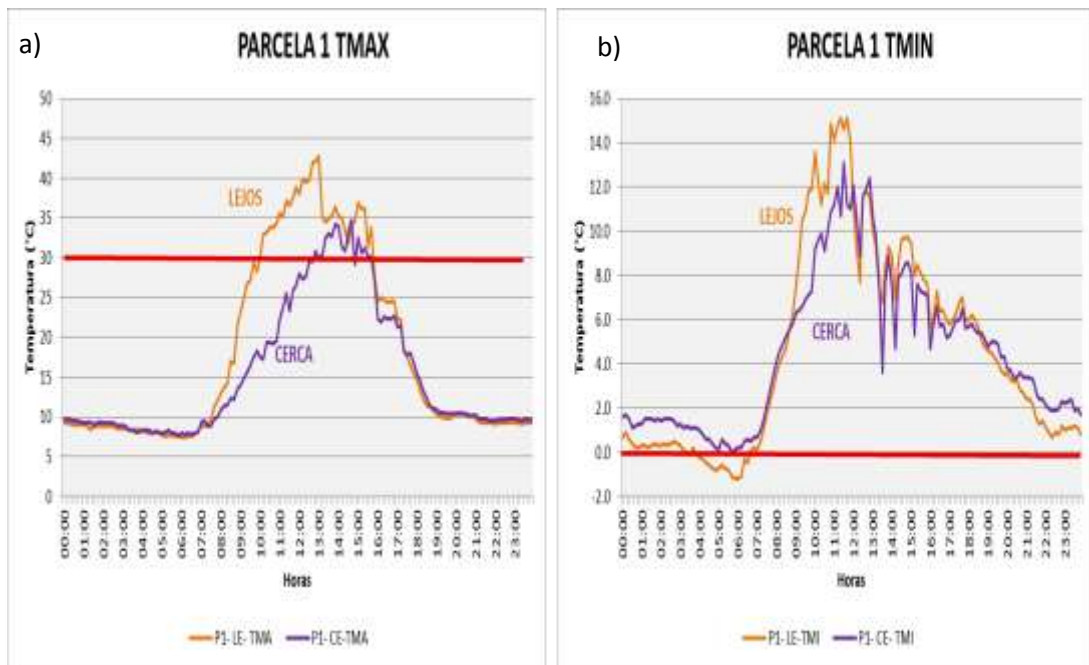
Para este objetivo, se usaron los datos de la parcela 1, pues en la parcela 2 no hubo una buena sobrevivencia de los tréboles, no hubo suficientes datos para comparaciones.

##### **4.2.1. Microclima cerca y lejos del pasto nativo**

En la figura 29, se observan diferencias tanto en la temperatura máxima como en la mínima, al comparar su comportamiento cerca y lejos al pasto nativo. Ello significa que el pasto sí genera un microclima.

El pasto nativo, en este caso *Festuca loricata*, ayuda a que las condiciones extremas se amortigüen. En el caso de la temperatura máxima, por ejemplo, se observa que durante el día el área cerca del pasto nativo solo supera durante tres horas aproximadamente los 30 °C, mientras que lejos del pasto nativo, en los espacios abiertos, se superan los 30 °C durante seis horas aproximadamente (Figura 29 - a). Esto refleja las condiciones que debe tolerar el trébol que fue sembrado en estos sitios.

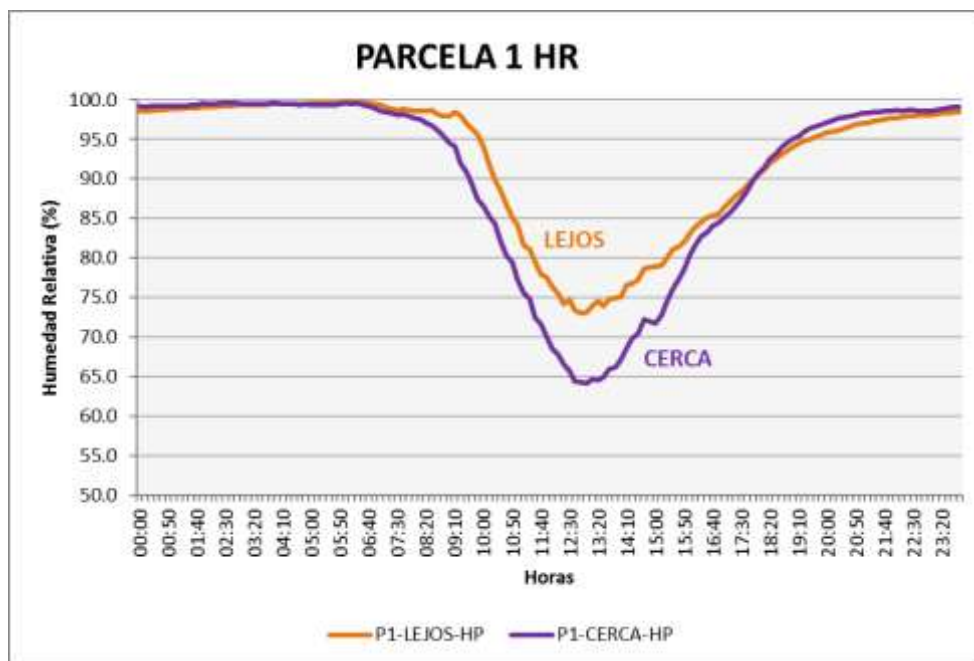
En la gráfica de temperaturas mínimas, se observa que, en las madrugadas, cerca del pasto nativo, la temperatura no baja de 0 °C, mientras que lejos del pasto nativo sí. Esto mostraría que el trébol que crece cerca de la *Festuca* está protegido de las heladas.



**Figura 29. Comparación de la temperatura máxima (a) y mínima (b), cerca y lejos del pasto nativo en la parcela 1.**

Nota: P1-LE-TMA: Temperatura máxima en la parcela 1 lejos del pasto nativo. P1-CE-TMA: Temperatura máxima en la parcela 1 cerca del pasto nativo. P1-LE-TMI: Temperatura mínima en la parcela 1 lejos del pasto nativo. P1-CE-TMI: Temperatura mínima en la parcela 1 cerca del pasto nativo.

Al comparar la humedad relativa promedio, observamos que, lejos del pasto nativo, hubo mayor humedad relativa que cerca de él (Figura 30). En ambos casos el sensor estuvo colocado a 5 centímetros de la superficie del suelo, por lo que este valor de humedad relativa es influenciado directamente por la cantidad de vapor de agua que se genera por la pérdida del agua en el suelo. Entonces, en este caso, nos indicaría que cerca del pasto nativo hay menor pérdida de agua del suelo que lejos. Esto se relacionaría con que, cerca del pasto nativo, las temperaturas máximas son menores.



**Figura 30. Variación de la humedad relativa promedio cerca y lejos del pasto nativo.**

Nota: P1-LEJOS-HP: Humedad relativa promedio en la parcela 1 lejos del pasto nativo. P1-CERCA-HP: Humedad relativa promedio en la parcela 1 cerca del pasto nativo.

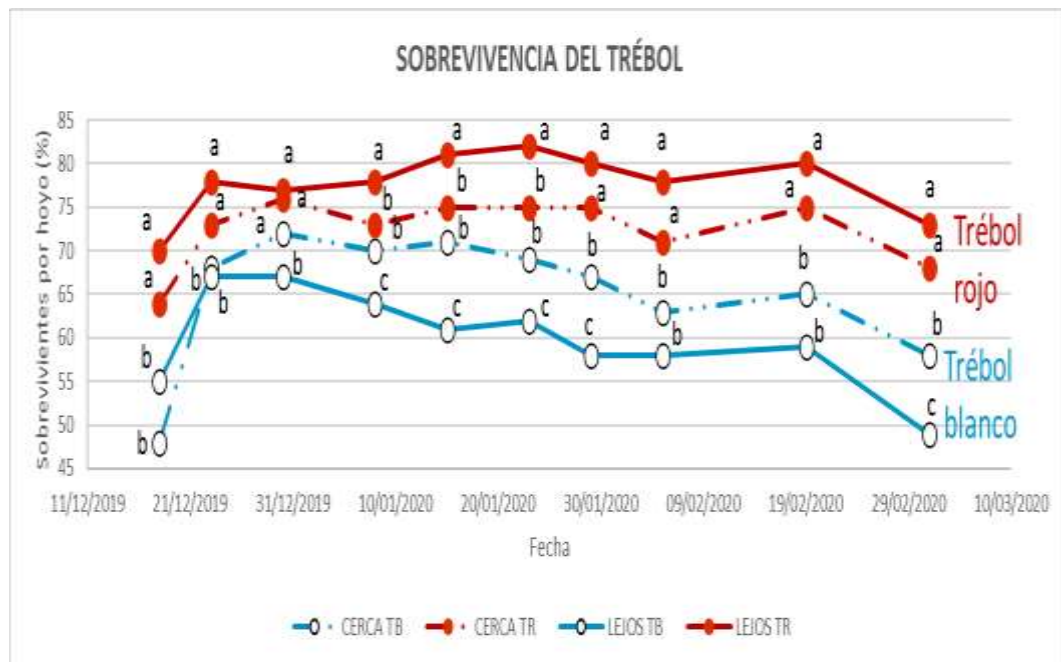
#### 4.2.2. Influencia del pasto nativo en la sobrevivencia del trébol

##### A. Sobrevivencia en base al porcentaje de tréboles vivos

Esta sobrevivencia nos muestra el porcentaje promedio por hoyo de las semillas de trébol sembrados. Se considera que la etapa de germinación duró 14 días, hasta el 23 de diciembre. El trébol rojo tuvo un mayor porcentaje de semillas germinadas, alcanzó el 80%, en comparación con el trébol blanco, que obtuvo menos del 70%. Estas diferencias entre especies se mantienen a lo largo de la evaluación.

En la investigación, se observa que el trébol sembrado cerca de *Festuca loricata* influye en la sobrevivencia del trébol blanco, pues se encontró mayor proporción de plantas vivas cerca del pasto nativo. En cambio, la cercanía al pasto nativo no influye en la sobrevivencia del trébol rojo, pues no hay diferencias en los valores cerca y lejos al pasto nativo (figura 31). Esto nos indicaría una mayor

tolerancia del trébol rojo a las condiciones ambientales en los espacios abiertos, lejos de *Festuca loricata*.



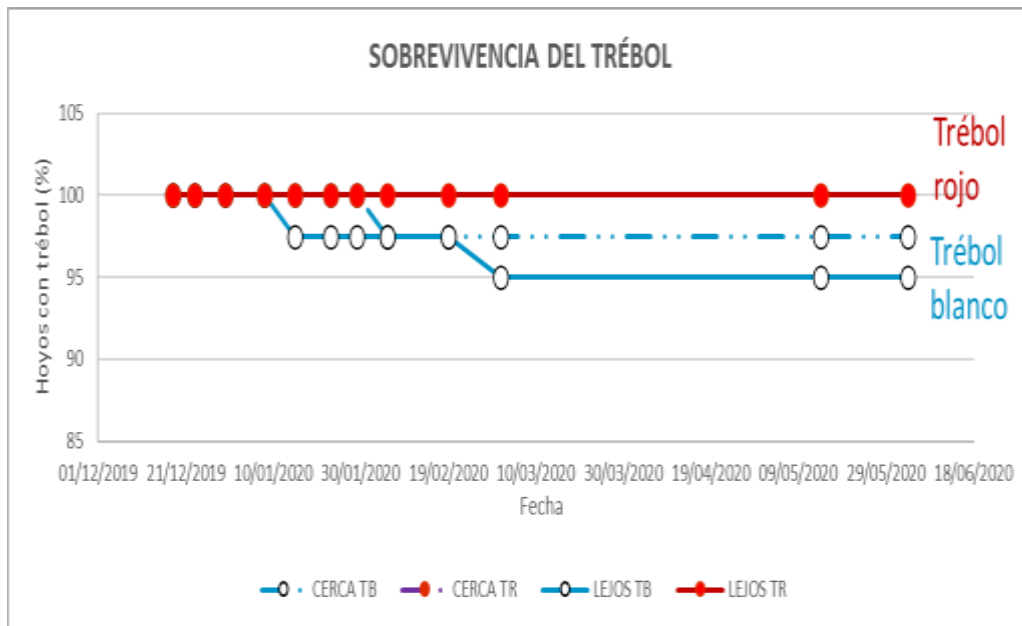
**Figura 31. Porcentaje de tréboles vivos por hoyo, en función del pasto nativo y la especie.**

Nota 1: Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Nota 2: CERCA TB: Trébol blanco cerca del pasto nativo. CERCA TR: Trébol rojo cerca del pasto nativo. LEJOS TB: Trébol blanco lejos del pasto nativo. LEJOS TR: Trébol rojo lejos del pasto nativo.

### **B. Sobrevivencia en base al porcentaje de hoyos con trébol**

En las dos últimas evaluaciones en campo, no se pudo obtener datos del porcentaje de sobrevivencia. Por ello, en la figura 32 se muestra a continuación el porcentaje de hoyos que tuvieron plantas vivas como un indicador complementario de sobrevivencia. Se encuentra una tendencia similar a la descrita. Se observa que el pasto nativo influye en la sobrevivencia del trébol blanco. Se encontró un mayor número de hoyos con trébol vivo cerca del pasto nativo que lejos. En cambio, en el trébol rojo no se encuentran diferencias, el 100% de los hoyos tenían tréboles tanto cerca del pasto nativo como lejos de él.



**Figura 32. Porcentaje de hoyos con tréboles vivos, en función del pasto nativo y la especie.**

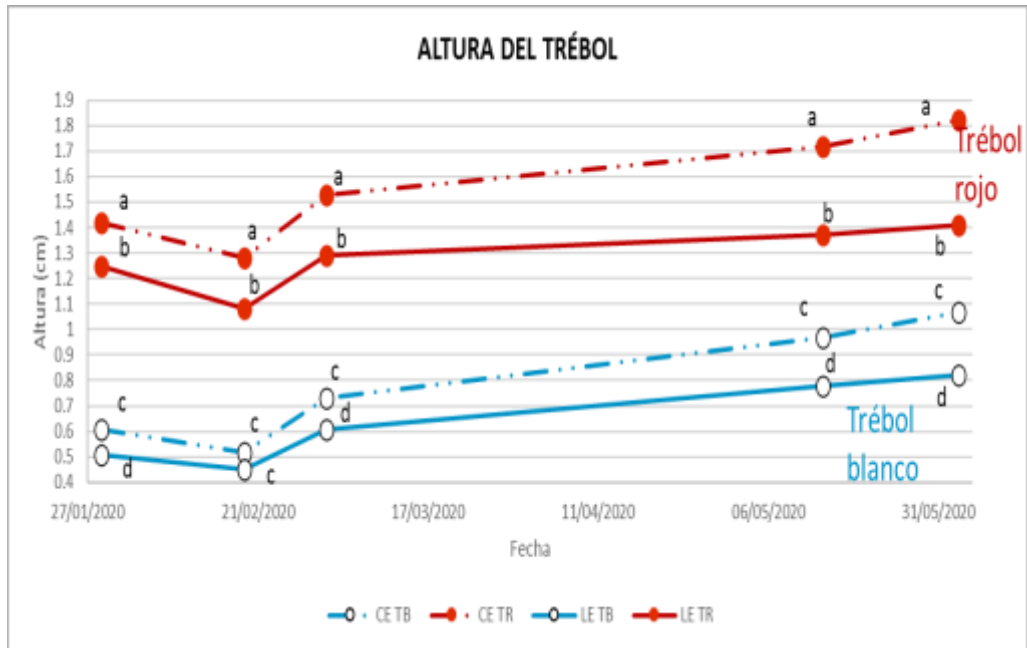
Nota: CERCA TB: Trébol blanco cerca del pasto nativo. CERCA TR: Trébol rojo cerca del pasto nativo. LEJOS TB: Trébol blanco lejos del pasto nativo. LEJOS TR: Trébol rojo lejos del pasto nativo.

#### 4.2.3. Influencia del pasto nativo en el crecimiento del trébol

##### A. Altura del trébol

La presencia del pasto nativo influye en el crecimiento en altura en las dos especies de trébol. En ambas especies, el trébol tiene una mayor altura cuando crece cerca del pasto nativo que cuando está lejos. En el trébol rojo, cerca del pasto nativo alcanza una altura promedio de 1,6 centímetros al final del estudio. En cambio, lejos, 1,2 centímetros. Para el trébol blanco, alcanza una altura promedio de 0,9 centímetros cerca del pasto nativo y 0,6 centímetros lejos del pasto nativo.

También existe una diferencia significativa entre las especies de tréboles, en que el trébol rojo tiene una mayor altura que el trébol blanco.



**Figura 33. Altura del trébol en función del pasto nativo y la especie.**

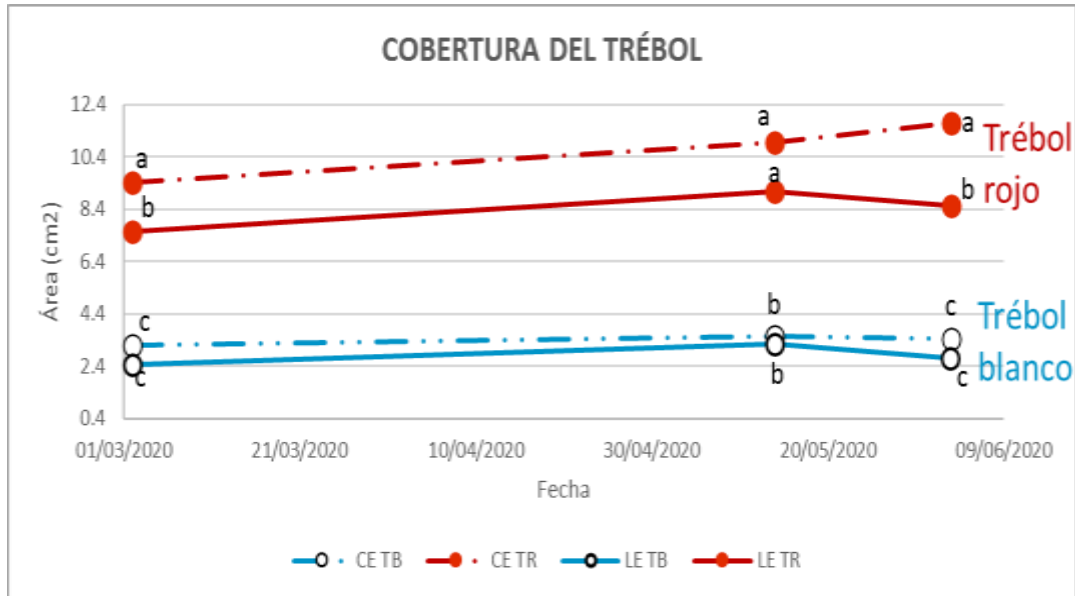
Nota 1: CE TB: Trébol blanco cerca del pasto nativo. CE TR: Trébol rojo cerca del pasto nativo, LE TB: Trébol blanco lejos del pasto nativo y LE TR: Trébol rojo lejos del pasto nativo.

Nota 2: Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

### **B. Cobertura del trébol**

Además, el pasto nativo influye en el crecimiento en cobertura o diámetro del trébol rojo. El trébol rojo que crece cerca del pasto nativo tuvo una mayor cobertura que lejos. Este efecto no se encuentra para el trébol blanco, pues la cobertura es similar en el trébol que crece cerca del pasto nativo o lejos de él.

En cuanto a las especies, el trébol rojo tiene una mayor cobertura o diámetro que el trébol blanco.



**Figura 34. Cobertura del trébol en función del pasto nativo y la especie.**

Nota 1: CE TB: Trébol blanco cerca del pasto nativo. CE TR: Trébol rojo cerca del pasto nativo. LE TB: Trébol blanco lejos del pasto nativo. LE TR: Trébol rojo lejos del pasto nativo.

Nota 2: Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

#### 4.3. La evaluación de la influencia de la densidad de siembra en la sobrevivencia y crecimiento del *Trifolium repens* y del *Trifolium pratense*.

Para este objetivo, se usaron los datos solo de la parcela 1, pues en la parcela 2 no hubo una buena sobrevivencia de los tréboles y no se tuvieron suficientes datos para hacer comparaciones.

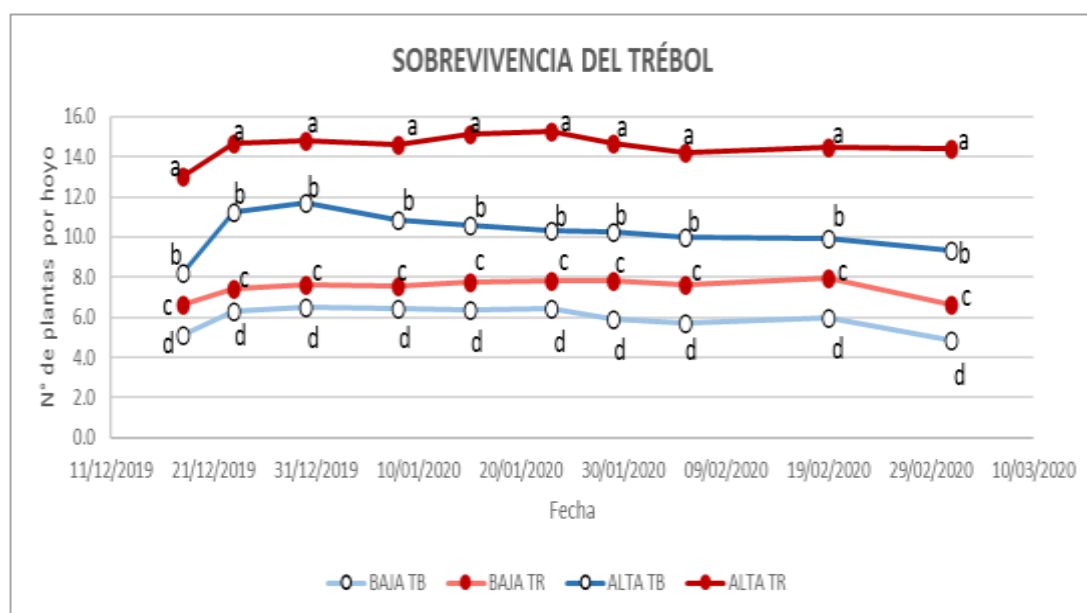
##### 4.3.1. Influencia de la densidad de siembra en la sobrevivencia del trébol

Para la densidad de siembra baja, se usaron 9 semillas de trébol blanco y 10 semilla de trébol rojo. Para la densidad alta, se emplearon 18 semillas de trébol blanco y 20 semillas de trébol rojo. Esta variación de la cantidad de semillas entre especies se basó en la estimación de la tasa de germinación realizada en el laboratorio, donde el trébol blanco tuvo mayor tasa de germinación (84,8%) que el trébol rojo (73,75%). También la tasa de germinación en laboratorio fue mayor que

la de campo, donde se obtuvo una germinación 71,8% para el trébol rojo y un 66,1% para el trébol blanco.

En las primeras fechas de evaluación, se compararon la cantidad promedio de plantas vivas por hoyo, para confirmar que una mayor densidad de siembra generó un mayor número de plantas.

Así, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. 35** se observa que, efectivamente, la que llamamos alta densidad de siembra para el trébol rojo y blanco genera, en promedio, un mayor número de plantas. Asimismo, observamos que la densidad inicial se mantuvo constante durante el tiempo de evaluación. Se mostró una buena sobrevivencia en todos los casos.



**Figura 35. Densidad de siembra en el transcurso del tiempo.**

Nota 1: CERCA TB: Trébol blanco cerca del pasto nativo. CERCA TR: Trébol rojo cerca del pasto nativo. LEJOS TB: Trébol blanco lejos del pasto nativo. LEJOS TR: Trébol rojo lejos del pasto nativo.

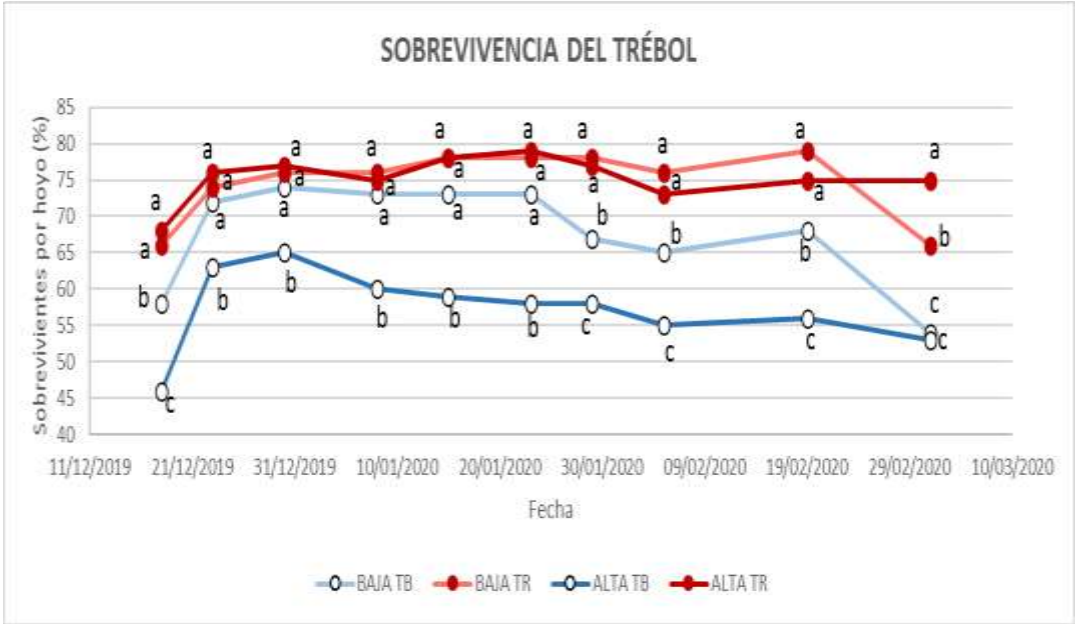
Nota 2: Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

### **A. Sobrevivencia en base al porcentaje de tréboles vivos**

Esta sobrevivencia nos muestra el porcentaje promedio por hoyo de las semillas de trébol sembrados. La densidad de siembra sí influye en la sobrevivencia del trébol blanco. El trébol blanco sembrado con densidad baja tiene mayor porcentaje de tréboles vivos durante la mayor parte del estudio, hasta el 2 de marzo

de 2020, 83 días En cambio, la densidad de siembra no influye significativamente en la sobrevivencia del trébol rojo, solo se encuentran diferencias en el porcentaje de tréboles vivos en la última fecha de evaluación, 2 de marzo de 2020.

En la figura 36, se observa que, en la fecha final de evaluación, se incrementa notoriamente la mortalidad de los tréboles en baja densidad. El trébol rojo cambia de 79 a 66% y el trébol blanco, de 68 a 54%, en comparación con los tréboles de alta densidad que mantienen valores de sobrevivencia similares.



**Figura 36. Porcentaje de tréboles vivos por hoyo en función de la densidad y la especie.**

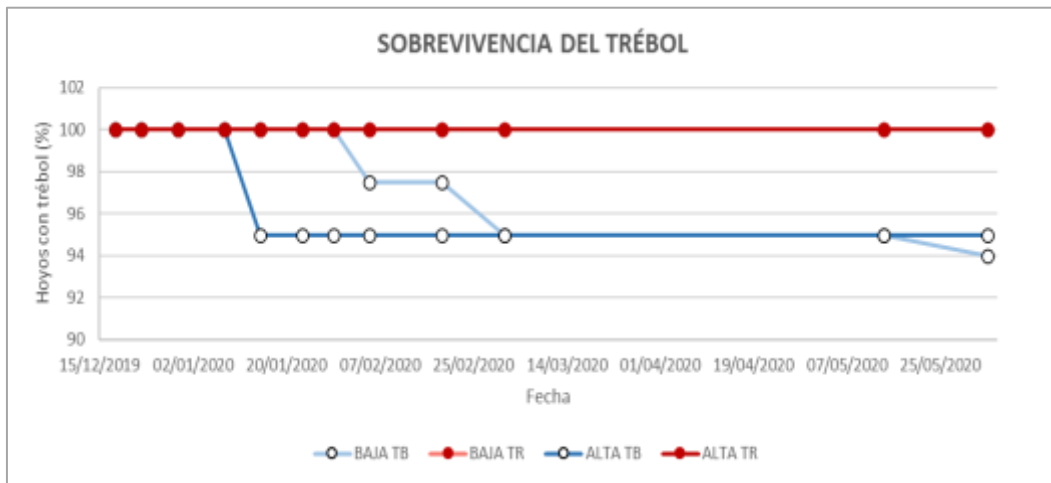
Nota 1: BAJA TB: Densidad baja de trébol blanco. BAJA TR: Densidad baja trébol rojo. ALTA TB: Densidad alta trébol blanco. ALTA TR: Densidad alta trébol rojo.

Nota 2: Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**B. Sobrevivencia en base al porcentaje de hoyos con trébol**

En las dos últimas evaluaciones en campo, no se pudo obtener datos del porcentaje de sobrevivencia. Por ello, en la figura 37 se muestra el porcentaje de hoyos que tuvieron plantas vivas, como un indicador complementario de sobrevivencia. Se encuentra que, desde la evaluación realizada en marzo hasta mayo, la densidad no ha influenciado en la sobrevivencia del trébol, pero en la

última fecha (3 de junio de 2020) se observa que hay un incremento en la mortalidad del trébol blanco de baja densidad.



**Figura 37. Porcentaje de hoyos con tréboles vivos en función de la densidad y la especie.**

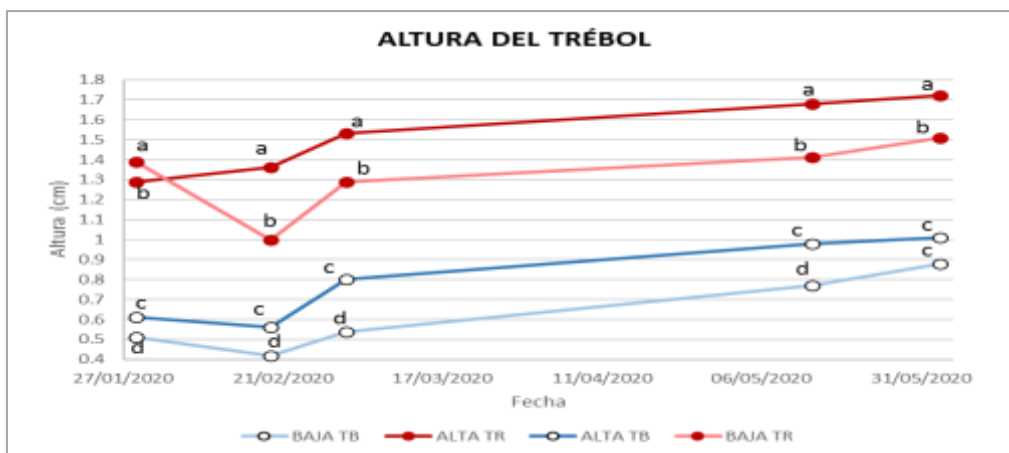
Nota: BAJA TB: Densidad baja de trébol blanco. BAJA TR: Densidad baja trébol rojo. ALTA TB: Densidad alta trébol blanco. ALTA TR: Densidad alta trébol rojo.

#### 4.3.2. Influencia de la densidad de siembra en el crecimiento del trébol

##### A. Altura del trébol

La densidad de siembra sí influye en la altura del trébol blanco y rojo. En ambas especies, se encuentra que las plantas tienen una mayor altura cuando la densidad es alta.

Además, el trébol rojo tiene una mayor altura que el trébol blanco durante todo el tiempo de evaluación.



**Figura 38. Altura del trébol en función de la densidad y la especie.**

Nota 1: BAJA TB: Densidad baja de trébol blanco. BAJA TR: Densidad baja trébol rojo. ALTA TB: Densidad alta trébol blanco. ALTA TR: Densidad alta trébol rojo.

Nota 2: Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

### B. Cobertura del trébol

Sí existe una influencia de la densidad de siembra en la cobertura del trébol, de manera similar a la de la altura. Para ambas especies, hay una mayor cobertura cuando la densidad de siembra fue alta

Además, entre las especies se observa que el trébol rojo tiene una mejor cobertura que el trébol blanco.

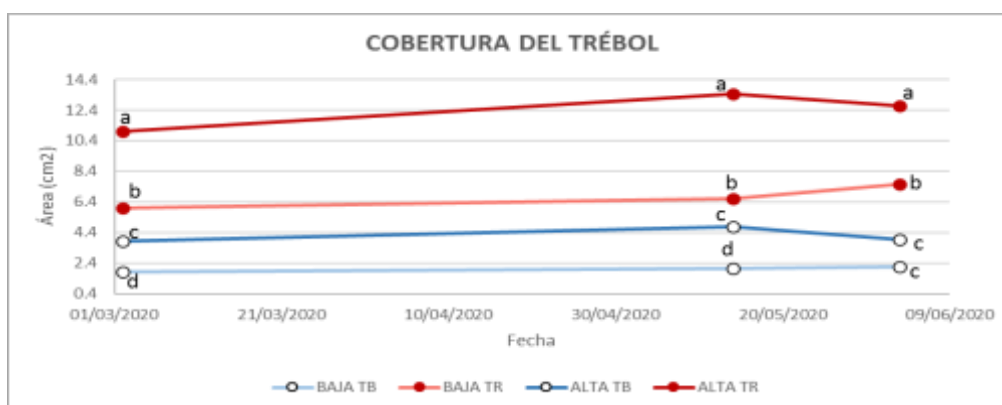


Figura 39. Cobertura del trébol en función de la densidad y la especie.

Nota 1: BAJA TB: Densidad baja de trébol blanco. BAJA TR: Densidad baja trébol rojo. ALTA TB: Densidad alta trébol blanco. ALTA TR: Densidad alta trébol rojo.

Nota 2: Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

### 4.4. Condiciones óptimas para el establecimiento y crecimiento del trébol

En la Tabla 5, se muestra un resumen de los resultados mostrados. Se puede apreciar que, en cuanto al sitio, ambas especies de trébol se establecen mejor en la parcela 1, pues las plantas de trébol tienen una mayor altura y sobrevivencia que en la parcela 2, debido a que la parcela 1 brinda condiciones

favorables como mayor cobertura vegetal, una velocidad de infiltración moderada y el pasto nativo que domina es la *Festuca loricata*.

Para la influencia del pasto nativo, en este caso *Festuca loricata*, se observa que ayuda a que las condiciones extremas se amortigüen. No se llega a temperaturas menores a 0 °C o temperaturas mayores a 30 °C. Hay menor pérdida de agua del suelo, lo que genera un mayor crecimiento en ambas especies de trébol, pero solo favorece la sobrevivencia del trébol blanco.

Finalmente, para la densidad de siembra, ambas especies de trébol tienen una mayor altura cuando crecen en una densidad alta. Para la sobrevivencia, el trébol blanco se establece mejor con una densidad baja, pero la densidad de siembra no influye en la sobrevivencia del trébol rojo.

**Tabla 5. Resumen de los resultados de cada factor según la variable respuesta**

Factor de variación	Número de semillas germinadas		Crecimiento				Sobrevivencia			
			Altura		Cobertura		Porcentaje de tréboles vivos		Porcentaje de hoyos con trébol	
<b>Especie</b>	TR	TB	TR	TB	TR	TB	TR	TB	TR	TB
<b>Sitio</b>	P1>P2	P1>P2	P1>P2	P1>P2	P1>P2-	P1>P2-	P1>P2	P1>P2	P1>P2	P1>P2
<b>Lugar de siembra</b>	CE=LE	CE=LE	CE>LE	CE>LE	CE>LE	CE=LE	CE=LE	CE>LE	CE=LE	CE>LE
<b>Densidad de siembra</b>	BA=AL	BA>AL	AL>BA	AL>BA	AL>BA	AL>BA	BA=AL	BA>AL	BA=AL	BA>AL

P1 = Parcela 1. P2 = Parcela 2. TR = Trébol rojo. TB = Trébol blanco. CE = Cerca del pasto nativo. LE = Lejos del pasto nativo. BA = Baja densidad. AL = Alta densidad.

Según estos resultados, podríamos sugerir que las mejores condiciones para realizar la siembra del trébol blanco en un pastizal natural son en sitios con menor porcentaje de suelo desnudo, mejor infiltración, cerca del pasto nativo, como *Festuca loricata*, que genera un microclima favorable. Si queremos tener mayor cantidad de tréboles vivos, será mejor una densidad de siembra baja (9 semillas por hoyo), pero si queremos tener tréboles con mayor altura, se debe usar una densidad alta (18 semillas por hoyo).

En el trébol rojo, se observa que es una especie más resistente a las condiciones de evaluación. Su desarrollo en todas las variables evaluadas es mejor que el del trébol blanco. Las mejores condiciones para realizar la siembra de esta especie son sitios que tengan menor porcentaje de suelo desnudo, mejor infiltración, cerca del pasto nativo y una densidad de siembra alta (20 semillas por hoyo). En general, tolera condiciones adversas mejor que el trébol blanco.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN**

La presente discusión se centrará en cuatro aspectos que influyen en el establecimiento de las especies de trébol sembradas en el pastizal nativo.

#### **5.1. Influencia de la velocidad de infiltración en el establecimiento del trébol**

Los resultados de la investigación muestran que ambas parcelas tienen condiciones similares en general. Los suelos son franco-arenosos, ácidos y, según la (OEA, 1963), muy superficiales, porque tienen valores menores a 15 centímetros. Las principales diferencias entre las parcelas son la velocidad de infiltración del agua, el tipo de cobertura vegetal, la especie dominante de pastos y los daños causados por la herbívora.

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2007) indica que la cobertura vegetal determina la capacidad del suelo para infiltrar agua. Así, mayor es la cobertura vegetal del terreno, menor es la cantidad de agua que escurre. También la cobertura genera espacios porosos que permite mejorar la infiltración (Assan y Gorosito, 2009). Esto coincide con los resultados obtenidos, pues en la parcela con mayor cobertura vegetal se tiene una mayor infiltración (parcela 1).

Asimismo, los valores de la infiltración de la parcela 2 representan una velocidad de muy baja a baja (Flores y Alcalá, 2010). Esto indicaría que el agua en la parcela 2 se filtra muy lentamente. Además, esta tiene un suelo franco arenoso y muy superficial que influenciará a tener una capacidad de retención baja. Por ello, el agua se perderá rápidamente por evaporación. En comparación con la parcela

1, donde el agua ingresa fácilmente (infiltración de moderada a moderadamente rápida), se puede reabastecer la capacidad de retención de agua y satisfacer las necesidades de transpiración de las plantas que crecen en este suelo (FAO, 2005), a pesar de ser también un suelo muy superficial.

A estas diferencias en la capacidad de infiltración del agua en el suelo, se suma el efecto diferencial que genera la especie de pasto nativo dominante en cada parcela.

## **5.2. Influencia del pasto nativo en el establecimiento del trébol**

Los resultados de este trabajo muestran diferencias asociadas con la presencia e identidad de los pastos nativos dominantes. Como se ha dicho, en la parcela 1 dominó la *Festuca loricata*, gramínea alta que provee un microclima y condiciones favorables para la presencia del trébol. Esto se puede deber a que tiene un crecimiento más erecto y una copa rala que no afectaría en competencia por la luz. Además, los datos de esta investigación muestran que los tréboles que crecen lejos de la *Festuca loricata* soportan temperaturas bajo cero y los que crecen cerca no llegan a temperaturas menores de 0 °C. Entonces, la *Festuca* reduce el riesgo de que los tréboles se hielan, en especial en ciertos tipos de climas. En la parcela 2, domina el *Calamagrostis macrophylla*, que tiene un crecimiento casi erecto y tiene una copa densa, la cual genera sombra y evita que el trébol pueda desarrollarse, pues el trébol necesita de grandes intensidades de luz (Lima Molina, 2016).

En un estudio de Tacuna (2015), se observa que donde domina la *Festuca humilior* se encontraron mayor tasa de infiltración (0,15 centímetros por minuto) y humedad (15,7%). En cambio, donde domina el *Calamagrostis macrophylla* los valores fueron menores de infiltración (0,12 centímetros por minuto) y humedad (13,8%). Nuestros resultados lo comprueban, pues en la parcela 1, donde domina la *Festuca loricata*, hay mejor tasa de infiltración que en la parcela 2, donde domina el *Calamagrostis macrophylla*. Entonces, las condiciones edáficas influyen en el establecimiento y la producción de los forrajes. Presentan respuestas diferentes según la localidad de evaluación (Vargas Martínez et al., 2018).

Así, *Festuca loricata* parece actuar como planta nodriza. Este pasto nativo influye en las características microclimáticas y edáficas, favorece el establecimiento

y supervivencia de otras especies de plantas. Estos resultados se relacionan con la investigación realizada por IAMRA (2017), que realizó muestreo bajo los arbustos y espacios abiertos, cuantificó el número de especies debajo del dosel. También midió las condiciones de temperatura, la humedad relativa del aire y la composición química del suelo. Así, afirma que, en la sombra de una planta nodriza, las temperaturas del aire y del suelo son más bajas, y el contenido del agua de las capas superficiales del suelo tienden a permanecer más altas. También se encontró mayor número de plántulas debajo del dosel de las plantas nodrizas, las cuales ayudan a mantener la diversidad de los ecosistemas.

Los factores ambientales que más afecta la producción del trébol en un pastizal es el déficit hídrico y la temperatura (Hilario, 2011). Por ello, se obtienen mejores resultados en lugares que tengan humedad y estén algo protegidos (Choque, 2008). Entonces, el *Trifolium repens* y el *Trifolium pratense* se establecen mejor en la parcela 1, pues cumple con las características mencionadas: infiltración moderada, lo cual ayuda a que el suelo este húmedo, y mayor cobertura vegetal, que regula la temperatura y protege a los tréboles.

### **5.3. Densidad de siembra**

Los resultados nos muestran que la densidad de siembra influye en la sobrevivencia del trébol blanco, pero no en el trébol rojo, pues el trébol blanco es menos resistente. Hay mayor porcentaje de tréboles blancos vivos cuando la densidad es baja. Entonces, al haber menor número de plantas por golpe, hay mayor espacio para la fotosíntesis y menor competencia por la nutrición de las plantas (Pauca Medina, 2015).

La densidad alta de siembra favorece el crecimiento de los tréboles blanco y rojo. Estos resultados coinciden con un estudio realizado por Lima Molina (2016), en que los tréboles blancos sembrados con una densidad alta registraron mayor altura y cobertura que los cultivados en densidad baja. Este hecho sugiere que, más que una competencia entre las plantas nativas y el trébol, hay una complementariedad (Lima Molina, 2016).

La variación en la densidad de siembra provoca cambios en el microclima de los cultivos (Campos Arias, 2015). Así, al aumentar la densidad de siembra, se produce mayor sombra entre las plantas.

Gracias a un estudio realizado en Cuba, a 19,01 metros sobre el nivel del mar, se observó que, tras sembrarse *Jatropha curcas*, las plantas establecidas a menor densidad de siembra crecen aproximadamente 31% menos que las establecidas a mayor densidad. Estos resultados pueden relacionarse con el efecto de sombra que favorece en el crecimiento de las plantas (Leyva y Martín, 2018). Ello coincide también con los resultados obtenidos por Cortés Rojas et al. (2013), en que el mayor crecimiento de romero se tuvo al usar una densidad alta. Esto coincide con nuestro estudio, en que las dos especies de trébol tienen mayor crecimiento cuando se emplea densidad alta.

Un factor importante a tener en cuenta, cuando se siembra plantas, es la herbivoría, pues genera un efecto negativo en el crecimiento de las plantas. Una porción de hoja consumida puede representar una sustracción significativa de la energía fotosintética necesaria para mantener las funciones vitales y el crecimiento de las plantas (Ruiz, 2012). Este factor afectó también al establecimiento inicial de las dos especies de trébol que fueron sembradas en la parcela 1.

#### **5.4. Comparación entre especies**

El trébol rojo tuvo una mejor altura que el trébol blanco porque el trébol rojo presenta un hábito de crecimiento erecto. Así, lo hace más alto respecto del blanco, que tiene un crecimiento rastrero (Miranda Choque, 2008). También el trébol rojo tiene una mayor cobertura porque el área máxima de una sola hoja fue aproximadamente tres veces mayor que el trébol blanco (Black, 2009).

El trébol blanco es una especie más exigente en las condiciones de pH, suelo y agua. Por ello, es sensible a la sequía, quizá por sus raíces superficiales. Tiene una menor supervivencia y establecimiento en general (Vargas-Martínez et al., 2018). Los tréboles rojos presentan mayor tolerancia a pH bajos, tienen un crecimiento erecto y buena tolerancia a periodos de estrés hídrico (Demagnet Filippi, 2002). Por eso, el trébol rojo tiene mayor sobrevivencia y un mejor crecimiento.

Existe un estudio que tiene resultados similares al nuestro. Fue realizado por Vargas y Sierra (2018) en el alto colombiano, en una zona plana (Mosquera) y en ladera (Tuta), donde el trébol rojo tuvo mayor altura, cobertura y grado de adaptación respecto al trébol blanco. También el trébol rojo presentó una mayor

tolerancia a pH bajos, respecto al trébol blanco, en que el pH edáfico bajo limita el crecimiento del trébol blanco (Vargas-Martínez et al., 2018).

Aunque nuestra evaluación duró solo siete meses, es importante, porque identificamos algunas características que debe tener un sitio para que los tréboles puedan establecerse. También identificamos que no todos los pastos nativos brindan condiciones óptimas para el establecimiento del trébol y que una densidad alta nos permite tener un crecimiento mejor del trébol.

Es importante el establecimiento de especies de tréboles blanco y rojo en pastizales naturales. Estas especies son exóticas, pero no son competitivamente fuertes y no tienen capacidad de ser invasivas, pues son sensibles (Cucho, 2003). Son importantes porque ayudarán a mejorar la fertilidad del suelo mediante la fijación de nitrógeno y, con la *Festuca*, brindarán una mejor calidad nutritiva y una alimentación balanceada para los animales, proteínas y carbohidratos. Así, se espera mejorar los productos derivados de estos animales y el nivel socioeconómico de los pobladores que viven en estas zonas (Mendoza Palomino, 2011). Sería importante generar experimento de este tipo con especies de leguminosas nativas.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

- En esta tesis se evaluó el efecto del sitio en la sobrevivencia y el crecimiento del *Trifolium repens* y del *Trifolium pratense*. Así, las condiciones de sitio influyen en el establecimiento del trébol. Sitios con mayor cobertura vegetal y con infiltración moderada generan condiciones edáficas adecuadas, como la retención de agua en el suelo (suelo húmedo) que influyen en la sobrevivencia y crecimiento de los tréboles.

- El pasto nativo influye en la sobrevivencia y el crecimiento del *Trifolium repens* y del *Trifolium pratense*. Los pastos nativos generan microclimas. Además, el pasto *Festuca loricata* ayuda en la regulación de la temperatura. Así, no se alcanzan temperaturas extremas (mayores a 30 °C y menores a 0 °C). Existe menor pérdida de agua del suelo por la evaporación. Este microclima que genera beneficia mejor a la especie de trébol blanco, tanto en la sobrevivencia como en el crecimiento. Finalmente, se evidenció que la *Festuca loricata* provee mejores condiciones climáticas que el *Calamagrostis macrophylla*.

- El *Trifolium repens* tuvo una mejor sobrevivencia, cuando se utilizó una densidad baja (9 semillas por hoyo), y un mejor crecimiento, cuando se utilizó densidades altas (18 semillas por hoyo), en comparación con el *Trifolium pratense*, cuya densidad de siembra no influyó en la sobrevivencia, pero sí se tuvo un mejor crecimiento cuando se utilizó una densidad alta (20 semillas por hoyo).

- La especie de trébol que se ha establecido mejor es el trébol rojo, pues tuvo mayor crecimiento y número de tréboles vivos, en comparación con el trébol

blanco. Así, es más resistente que el trébol blanco en condiciones edafoclimáticas críticas.

## **6.2. Recomendaciones**

- Realizar la siembra de trébol con algún repelente natural, para evitar la herbívora, que podría afectar el trabajo de investigación que se está desarrollando.

- Sembrar trébol en más especies de pastos nativos. Así, se identifica que pastos nativos generan condiciones óptimas para que el trébol pueda establecerse.

- Evaluar la concentración de nitrógenos fijados en el suelo y el pasto nativos, a medida que van desarrollándose las especies de tréboles, para saber si existe una relación en el mejoramiento de los pastizales altoandinos.

- Evaluar la capacidad adaptativa de las especies de tréboles según las variaciones altitudinales, para identificar si estas son también condiciones que influenciarán en el establecimiento de estas especies de tréboles.

- Hacer estudios de comparación de más densidades de siembra, para saber cuál es la densidad óptima de siembra de trébol en densidades de semillas por hoyo.

- Hacer este mismo estudio, pero con leguminosas nativas deseables para el ganado, como el *Trifolium amabile*, pues esta especie podría ser también utilizada en áreas conservadas. Por otro lado, para este estudio hay que considerar una selección de semillas y la época adecuada.

- Evaluar el crecimiento y número de sobrevivientes de tréboles por periodos más prolongados a esta tesis, para observar si los resultados iniciales se mantienen constantes o cambian.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allpoc, M. A. (2019). «Servicios ecosistémicos: Minam». Obtenido del Ministerio del Ambiente (Minam): [www.gob.pe/uploads/document/file/322949/DGEFA\\_-\\_SE\\_Cusco.pdf](http://www.gob.pe/uploads/document/file/322949/DGEFA_-_SE_Cusco.pdf)
- Arbitto, N. (2011). «Evaluación de la producción de pastos mediante la siembra de Ray grass inglés (*Lolium perenne*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*) en un predio establecido de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), en suelos con pendiente de riesgo, comparado con la aplicación». Universidad Politécnica Salesiana (UPS), Sede Cuenca, Ecuador.
- Asociación para la Investigación y Conservación de la Naturaleza (Conatura) (2004). «Manual de gestión ambiental de la vicuña». Arequipa (Perú): Asociación para la Investigación y Conservación de la Naturaleza.
- Assan, M. M. y Gorosito, S. M. (2019). «Relación agua-suelo-planta (2). Infiltración». Huamachuco: Universidad Nacional Ciro Alegria.
- Balocchi, O. y Mansilla, J. (1990). «Regeneración de una pradera permanente con trébol blanco (*Trifolium repens*) con diferentes niveles de competencia de la vegetación residente». *Agricultura Técnica*, número 4, páginas 319-325.
- Black (2009). «Comparative growth and management of white and red clovers». *Irish Journal of Agricultura and Food Research*, páginas 149-166.
- Campos Arias, J. I. (2015). «Influencia de la densidad de siembra en el rendimiento del chicharo muela (*Lathyrus sativus L.*)». Jauja (Perú): Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Choque, F. M. (2008). «Influencia del mejoramiento del piso forrajero en la producción de leche en vacunos en la microcuenca San José-Azángaro-Puno». Puno (Perú): Universidad Nacional del Altiplano.
- Cortés Rojas, M. E.; Cañón Angarita, F. A.; Rodríguez Caicedo, D. y Pérez Trujillo, M. M. (2013). «Efecto de la densidad de siembra y el ambiente de cultivo sobre el rendimiento y la calidad de tallos de los cultivares de romero (*Rosmarinus officinalis L.*) crespo e israelí». Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Cucho, H. (2003). «Ecología del trébol blanco (*Trifolium repens*) en la zona de transición del Parque Nacional Huascarán». Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Delgado, I. (1985). «La asociación festuca alta-trébol blanco en la cuenca media del Ebro. II. Incidencia del tipo de trébol blanco sobre la asociación». Lima: Servicio de Investigación Agraria, número 15, páginas 115-124.
- Demagnet, R. (2002). *Leguminosas forrajeras*. Temuco (Chile): Universidad de La Frontera.
- Echavarría, F.; Santos, J.; Gutiérrez, R. y Medina, G. (2015). «Validación de una estrategia metodológica para la evaluación cualitativa de un pastizal mediano abierto del estado de Zacatecas». *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, páginas 171-191.
- Estrada, A.; Cárdenas, J.; Ñaupari, V. y Gregorio, J. (2018). «Capacidad de carga de pastos de puna húmeda en un contexto de cambio climático». *High Andean Research*, 20(3), páginas 361-368. <https://doi.org/2306-8682>

- Farfán, R. y Farfán, E. (2012). «Producción de pasturas cultivadas y manejo de pastos naturales altoandinos». Lima: INIA (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria), 1-249.
- Flores, E.; Cruz, J. y Ñaupari, J. (2006). «Utilización de praderas cultivadas en seco y praderas naturales para la producción lechera». 27.
- Flores, E. R. (2017). «Cambio climático: pastizal altoandino y seguridad alimentaria». *Revista de Glaciares y Ecosistema de Montaña*, páginas 73-80.
- Flores Delgadillo, L. y Alcalá Martínez, J. R. (2014). «Manual de procedimientos analíticos». Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Flórez, A. (2005). «Manual de pastos y forrajes altoandinos». Oikos.
- Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (Foncodes) (2014). «Siembra y manejo de pastos cultivados para familias rurales». Lima: Foncodes.
- Forratec (2017). «Forratec». Obtenido de Forratec: [https://forratec.com.ar/newsletter/\\_2017/fls-2017-10-28.html](https://forratec.com.ar/newsletter/_2017/fls-2017-10-28.html)
- Fuentealba, B.; Villacaqui, D.; Mendoza, Á. y Armas, L. (2018). «Efecto de la estacionalidad climática y sus implicancias para el manejo de un pastizal de puna de la cordillera Blanca, Áncash, Perú». *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña*, número 5, páginas 43-56.
- García, R. y Monroy, A. (2005). «Micrositios del pasto navajita (*Bouteloua gracilis*) en comunidades de pastizal y de matorral del altiplano mexicano». *Revista Especializada en Ciencias Químicas-Biológicas*, número 2, páginas 61-70.
- Guerra, P. J.; Saucedo, R. A.; Raúl, C.; Nieto, M.; Salvador, M. M.; Pobre, P. C.; Enrique, L. I. C.; Martínez, M. Y.; Luis, L. I. C. y Gutiérrez, C. (2013). «Almacén y captura de carbono en pastizales y matorrales de Chihuahua».
- Hensel, R. (1923). «Recent studies on the effect of burning on grassland vegetation». *Ecological Society of America*, páginas 183-188.
- Hilario, M. P. (2011). «Evaluación de pradera nativa (*Festuca dolichophylla*) a la incorporación de abonos orgánicos y siembra de trébol blanco (*Trifolium repens*) sin y con labranza mínima en Puno». Puno (Perú): Universidad Nacional del Altiplano.
- Hinostroza, C. (2004). «Instalación y establecimiento de pasturas cultivadas en la sierra central del Perú». Lima: INIA (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria), 33.
- Instituto de Ambiente (2017). «Argentina investiga». Obtenido de Argentina Investiga: [http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=rol\\_de\\_los\\_arbustos\\_como\\_plantas\\_nodrizas&id=3120](http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=rol_de_los_arbustos_como_plantas_nodrizas&id=3120).
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (Inecc). (2007). «Reforestación». Obtenido de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: [www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/21/reforest.html](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/21/reforest.html).
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) (2012). «Práctica de labranza mínima y trébol blanco para mejorar la calidad nutritiva de pastos naturales». Lima: Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri).
- Krogh, S. N.; Zeisset, M. S.; Jackson, E. y Whitford, W. G. (2002). «Presence/absence of a keystone species as an indicator of rangeland health». *Journal of Arid Environments*, número 50, páginas 513-519. <https://doi.org/10.1006/jare.2001.0900>.

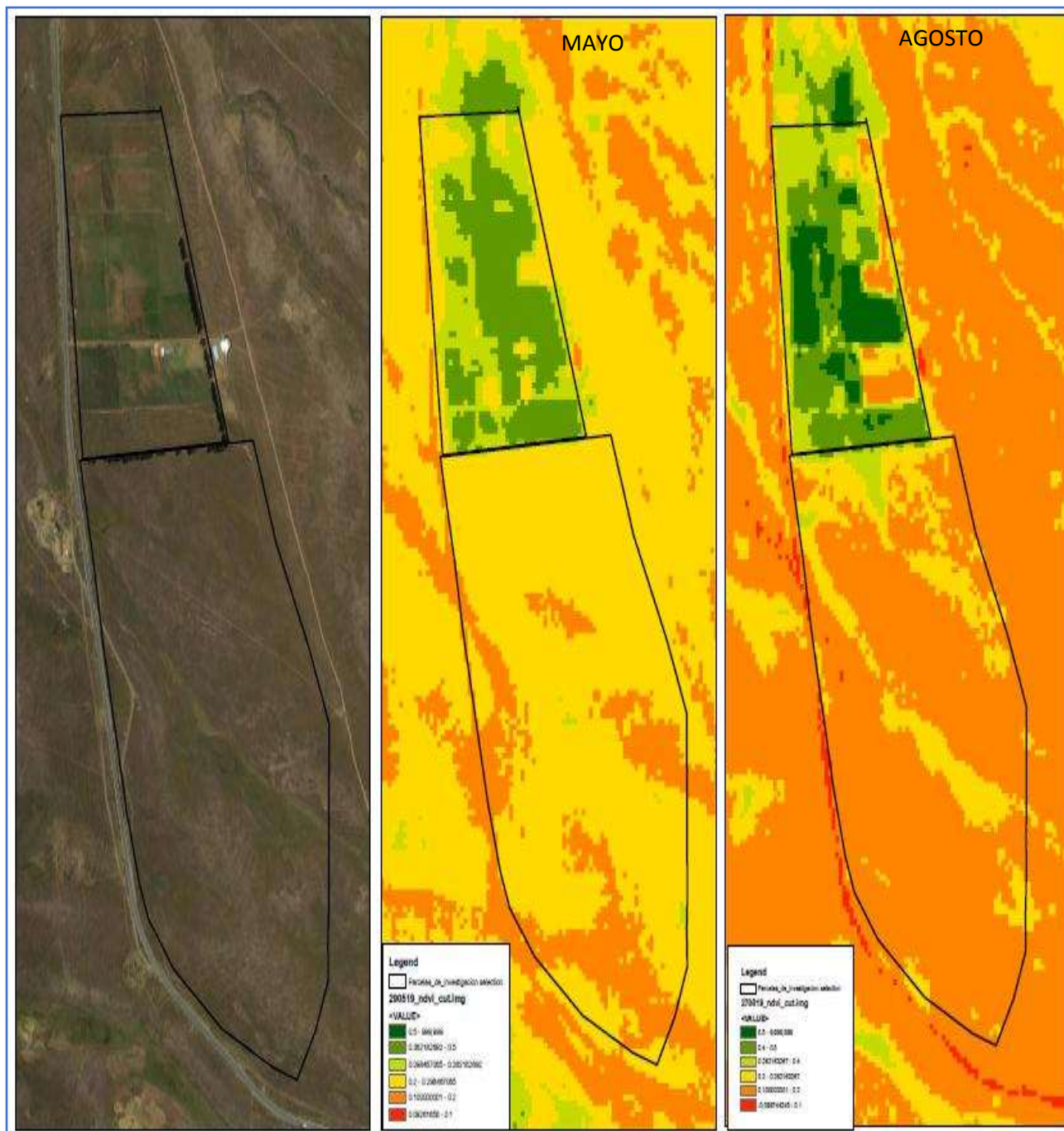
- Leyva, Y. N. y Martín, G. J. (2018). «Efecto de la densidad de siembra en caracteres morfoproductivos de *Jatropha curcas* intercaladas con cultivos alimenticios». *Pastos y Forrajes*, páginas 97-105.
- Lima Molina, N. (2016). «Mejorando praderas nativas a través de la introducción de trébol blanco (*Trifolium repens*): efecto de la dosis de fósforo y distanciamiento entre golpes». Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Mamani, G.; García, A. y Durand, F. (2013). «Manejo y utilización de praderas naturales en la zona altoandina». Lima: INIA (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria), volumen 1.
- Mamani, G.; Villantoy, A. y Parian, A. (2011). «Producción de pasturas en los valles interandinos». Lima: INIA (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria), 64.
- Martín, Y. N. (2007). «Nota técnica: Influencia de la densidad de plantación en el establecimiento de la morera». *Pastos y Forrajes*, páginas 431-436.
- Mendoza, H. (2011). «Evaluación de praderas nativas (*Festuca dolichoplylla*) a la incorporación de abonos orgánicos y siembra de trébol blanco (*Trifolium repens*) sin y con labranza mínima en Puno». Puno (Perú): Universidad Nacional del Altiplano.
- Ministerio del Ambiente (Minam) (2016). «Guía complementaria para la compensación ambiental: ecosistemas altoandinos». Volumen 1. Lima: Ministerio del Ambiente (Minam).
- (2018). «Mapa nacional de ecosistemas del Perú: memoria descriptiva». Lima: Ministerio del Ambiente (Minam).
- Miranda, F. y Ccana, E. (2014). «Manejo de praderas altoandinas y cosecha de agua». R. Montero, D. Mamani y P. Suxo (editores). *Soluciones prácticas*.
- Miranda Choque, F. (2008). «Influencia del mejoramiento del piso forrajero en la producción de leche en vacunos en la microcuenca San José-Azangaro-Puno. Puno (Perú): Universidad Nacional del Altiplano.
- Núñez, E.; De La Cruz, H. y Proaño, R. (2018). «Buenas prácticas para la recuperación de pastizales de altura». Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (Condesan).
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2005). «Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo». Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Organización de los Estados Americanos (OEA) (1963). «Plan integral de desarrollo de los recursos hídricos de la provincia de Loja». Loja (Ecuador): Organización de los Estados Americanos.
- Padilla, C.; Crespo, G. y Sardiñas, Y. (2009). «Degradación y recuperación de pastizales». *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, número 43, páginas 351-354.
- Paredes, G. (1987). «Producción y mejoramiento de los pastos altoandinos con la incorporación de leguminosas». Juliaca (Puno): Impresiones Zenit.
- Pauca Medina, D. B. (2015). «Densidad de siembra en chíá (*Salvia hispánica L.*) en condiciones de la irrigación majes». Arequipa (Perú): Universidad Nacional de San Agustín.
- Pritchett, W. (1991). *Suelo forestal: propiedades, conservación y mejoramiento*. Ciudad de México: Noriega Editores.

- Pulver, C.; Dong, S. y Wen, L. (2013). «Variation of botanical composition, forage production and nutrient values along a grassland degradation gradient in the alpine region of Qinghai-Tibet Plateau». *Phyton, International Journal of Experimental Botany*, número 82, páginas 45-54.
- Quiroga, E.; Blanco, L. y Oriente, E. (2009). «Evaluación de estrategias de rehabilitación de pastizales áridos». *Ecología Austral*, 19(4705), páginas 107-117.
- Quispe, A. (1999). «Respuesta de la producción primaria, composición florística y valor nutritivo a la quema prescrita en pastizales dominados por *Calamagrostis antoniana* y *Festuca dolichophylla*». Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Quispe, G. A. y Castelo, W. A. (2006). «Guía práctica de pastos cultivados». Lima: Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INAI), 051, 20.
- Ruiz, J. (2012). «Efecto de la herbivoría foliar en el crecimiento y mortalidad de plántulas de *Vochysia ferruginea* (Vochysiaceae) en un bosque en regeneración pos-huracán». Managua: Department of Ecology and Evolutionary Biology. The University of Michigan.
- Tácuna, R., Aguirre, L. y Flores, E. (2015). «Influencia de la revegetación con especies nativas y la incorporación de materia orgánica en la recuperación de pastizales degradados». *Ecología Aplicada*, 14(2), páginas 191-200.
- Taparello, G. (2011). «Siembra directa, un sistema nuevo para el viejo mundo». *Dossier*, páginas 628-630.
- Urrutia, R. (2013). «Efecto de la fertilización fosfatada en la implementación de *Trifolium repens* y *Trifolium pratense* en un mejoramiento de cobertura sobre campo natural». Montevideo: Universidad de la República.
- Vargas Martínez, J.; Sierra-Alarcón, A.; Benavidez-Cruz, J.; Avellaneda-Avellaneda, Y. y Ariza-Nieto, C. (2018). «Establecimiento y producción de raigrás y tréboles en dos regiones del trópico alto colombiano». *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 177. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.28077>
- Yaranga, R.; Custodio, M.; Chanamé, F. y Pantoja, R. (2018). «Floristic diversity in grasslands according to plant formation in the Shullcas river sub-basin, Junin, Peru». *Scientia Agropecuaria*, 9(4), páginas 511-517. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.06>
- Zarria, M. (2015). «Inventario y estrategias de mejora de los pastizales de los sistemas de producción de alpacas en la sierra central». Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Zhou, W., Gang, C., Zhou, L., Chen, Y., Li, J. y Ju, W. (2014). «Dynamic of grassland vegetation degradation and its quantitative assessment in the northwest China». *International Journal of Ecology. Acta Oecologica*, número 55, páginas 86-96. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2013.12.006>.

## ANEXOS

### Anexo 1: Mapa de índice de vegetación de diferencia normalizada

Estos mapas son de mayo y agosto. Los valores bajos son de color naranja oscuro, que indica que el pastizal no está en buenas condiciones.



### Anexo 2: Vegetación y cobertura del suelo en las parcelas de investigación

### 1. Listas de especies encontradas en las parcelas de investigación

Parcela 1	Parcela 2
<i>Agrostis glomerata</i>	<i>Agrostis glomerata</i>
<i>Alchimilla pinnata</i>	<i>Calamagrostis macrophylla</i>
<i>Calamagrostis macrophylla</i>	<i>Galium sp</i>
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	<i>Hypericum brevistylum Choisy</i>
<i>Felo</i>	<i>Hypericum brevistylum Choisy0</i>
<i>Festuca loricata</i>	<i>Hypericum brevistylum Choisy1</i>
<i>Galium sp</i>	<i>Hypericum brevistylum Choisy2</i>
<i>Hypericum brevistylum Choisy</i>	<i>Liquen</i>
<i>Muglo</i>	<i>Muhlenbergia angustata</i>
<i>Muhlenbergia ligularis</i>	<i>Musgo</i>
<i>Muhlenbergia peruviana</i>	<i>Werneria nubigena</i>
<i>Rumex acetosella L.</i>	
<i>Scirpus rigidus Boeckeler</i>	

### 2. Altura de los pastos nativos dominantes

Fecha	Código	Vegetación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
26/11/2019	P2	CAMA	55	44	30	33	37	36	31	48	38	36	38,8
26/11/2019	P1	FELO	27	35	44	33	21	40	42	38	33	47	36

### 3. Cobertura del suelo en las parcelas de investigación

<b>P1</b>	<b>Vegetación</b>	<b>Suelo desnudo</b>	<b>Roca</b>	<b>Mantillo</b>
C1 (7,5)	79	5	8	8
C2 (15)	71,5	3	1.5	24
C3 (22,5)	49	40	4	7
Promedio cuadrante	66,50	16	4,5	13
Transecto	61	18	2	19
Promedio método	63,75	17	3.25	16
<b>P2</b>	<b>Vegetación</b>	<b>Suelo desnudo</b>	<b>Roca</b>	<b>Mantillo</b>
C1 (7,5)	31	63	1	5
C2 (15)	28	57	4	11
C3 (22,5)	36	57	1	6
Promedio cuadrante	31,67	59	2	7,33
Transecto	69	9	3	19
Promedio método	50	34	3	13

## Anexo 3: Caracterización del suelo de las parcelas de investigación

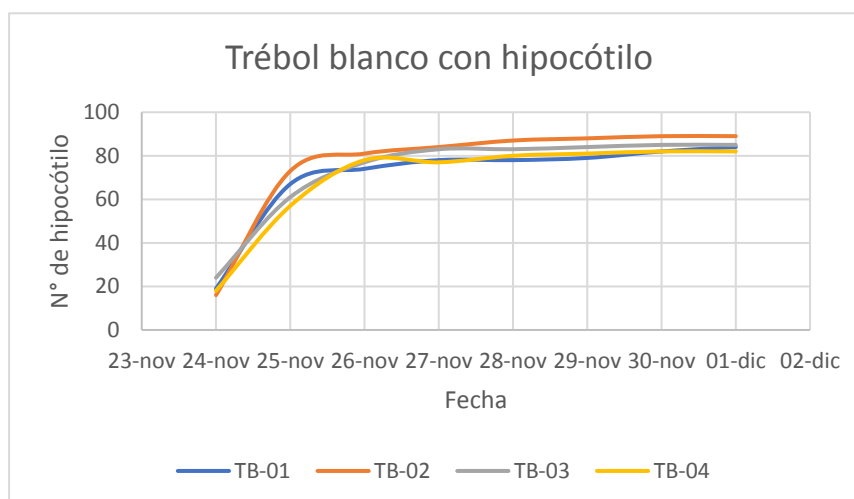
### 1. Caracterización de la fertilidad del suelo

Parcelas de investigación	pH	C.E.	CaCO <sub>3</sub>	M.O.	P	K	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
		(1:1)					Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
	(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%	meq/100g									
P1	4.50	0.03	0.00	3.72	2.8	68	64	30	6	Fr.A.	9.12	1.06	0.25	0.06	0.15	0.90	2.41	1.51	17
P2	4.88	0.05	0.00	3.72	3.4	44	72	22	6	Fr.A.	7.52	1.84	0.23	0.05	0.14	0.20	2.46	2.26	30

## 2. Humedad del suelo

### A. Trébol blanco

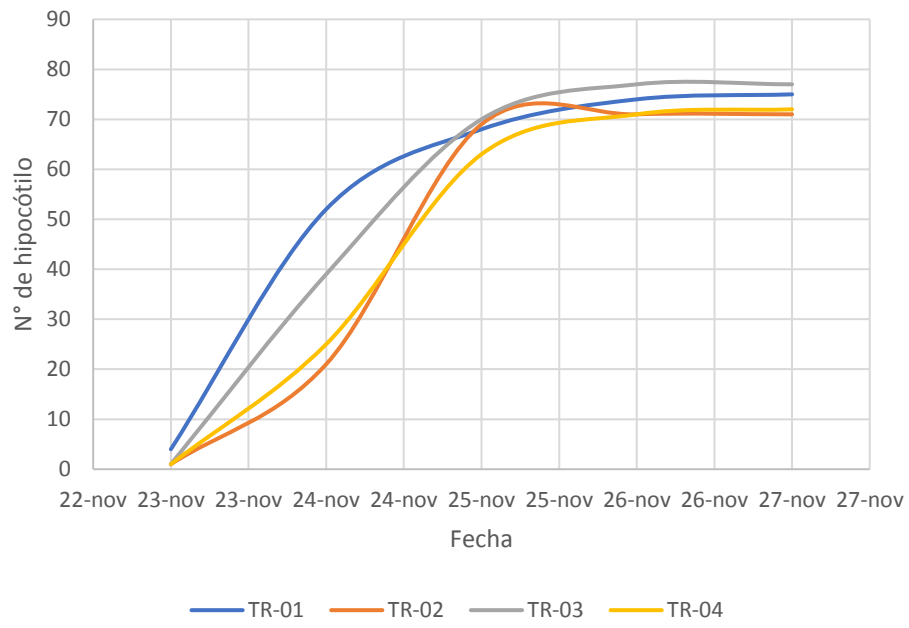
Trébol blanco con hipocótilo				
Fecha	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04
24 de noviembre	19	16	24	18
25 de noviembre	67	73	61	57
26 de noviembre	74	81	77	78
27 de noviembre	78	84	83	77
28 de noviembre	78	87	83	80
29 de noviembre	79	88	84	81
30 de noviembre	82	89	85	82
1 de diciembre	84	89	85	82
<b>Promedio</b>	<b>85</b>			



### B. Trébol rojo

Trébol rojo con hipocótilo				
Fecha	TR-01	TR-02	TR-03	TR-04
23 de noviembre	4	1	1	1
24 de noviembre	52	21	39	25
25 de noviembre	68	69	70	63
26 de noviembre	74	71	77	71
27 de noviembre	75	71	77	72
<b>Promedio</b>	<b>73,75</b>			

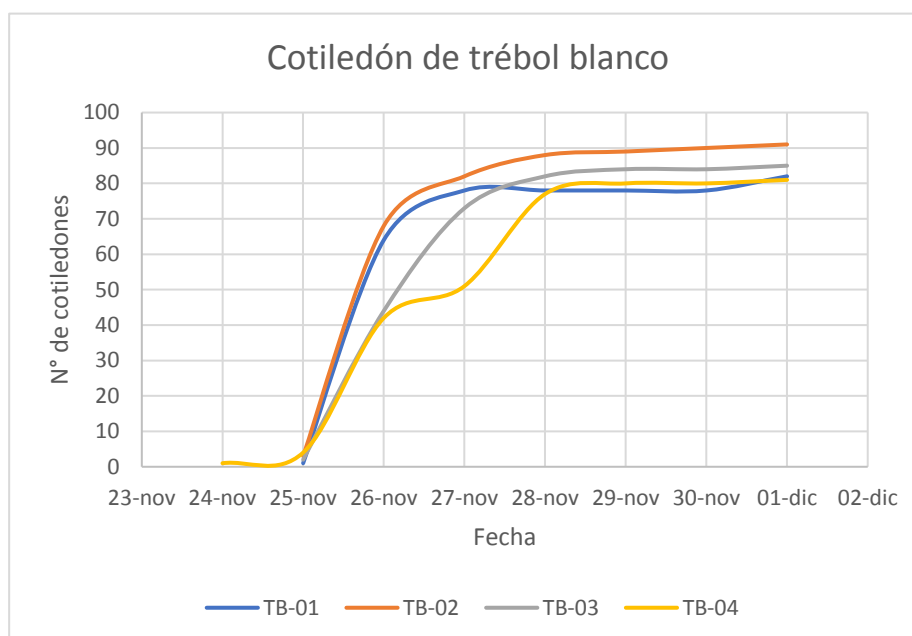
### Trébol rojo con hipocótilo



### 3. Germinación en la etapa cotiledón

#### A. Trébol blanco

Cotiledón de trébol blanco				
Fecha	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04
24 de noviembre				1
25 de noviembre	1	3	2	4
26 de noviembre	64	68	44	42
27 de noviembre	78	82	73	51
28 de noviembre	78	88	82	77
29 de noviembre	78	89	84	80
30 de noviembre	78	90	84	80
1 de diciembre	82	91	85	81
<b>Promedio</b>	<b>84,75</b>			



#### B. Trébol rojo

Cotiledón de trébol rojo				
Fecha	TR-01	TR-02	TR-03	TR-04
24 de noviembre	2	0	1	0
25 de noviembre	45	40	52	36
26 de noviembre	74	67	69	67
27 de noviembre	75	70	77	72
28 de noviembre	75	71	77	72
<b>Promedio</b>	<b>73,75</b>			

### Cotiledón de trébol rojo

