

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA**



**“REHABILITACIÓN DE PRADERAS NATIVAS COMPACTADAS  
A TRAVÉS DE SISTEMAS DE LABRANZA EN UN ECOSISTEMA  
DEL ALTIPLANO PUNO”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ROGER ENRIQUE CÁCERES USCCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MENCIÓN: AMBIENTAL**

**PROMOCIÓN: 2017 - I**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA**



“REHABILITACIÓN DE PRADERAS NATIVAS COMPACTADAS A TRAVÉS DE SISTEMAS DE LABRANZA EN UN ECOSISTEMA DEL ALTIPLANO PUNO”

**TESIS PRESENTADO POR:**  
ROGER ENRIQUE CÁCERES USCCA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
INGENIERO AGRÓNOMO

**MENCIÓN:**  
GESTIÓN AMBIENTAL

**APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

**PRESIDENTE** : .....  
Ing. M. Sc. Juan LARICO VERA

**PRIMER MIEMBRO** : .....  
Dr. Sc. Luis Alfredo PALACIO ITURREGUI

**SEGUNDO MIEMBRO** : .....  
Ing. M. Sc. Jesús SANCHEZ MENDOZA

**DIRECTOR / ASESOR** : .....  
Ing. M. Sc. Julio Macario CHOQUE LAZARO

**Área** : Ciencias agrícolas

**Tema** : Manejo de pastizales y cultivos forrajeros

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 DE NOVIEMBRE DEL 2018

## DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y bendición, otorgándome la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy y alcanzar mis metas trazadas.

A mis amados padres Nicolasa Uscca Huisa y Enrique Camilo Cáceres Mamani, por haberme formado y crecer como persona e inculcado en mí el ímpetu para salir adelante y alcanzar mis metas, apoyándome incondicionalmente.

A mis hermanos Oscar y Rozmeri por su aliento, apoyo y comprensión que me brindaron. A los ingenieros del programa pastos y forrajes del INIA. A mis amigos y compañeros, por su ayuda que hicieron posible la realización de esta investigación.

Roger E.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ciencias Agrarias de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, por haberme recibido con las puertas abiertas y por haberme formado como profesional.

Agradezco al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Illpa, Puno y al programa Pastos y Forrajes por haberme brindado las facilidades durante la experimentación y obtención de datos para la ejecución de esta investigación.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA – Puno, quienes me brindaron sus sabias enseñanzas y experiencias, brindándome el conocimiento y el carácter para mi formación profesional.

Agradezco al Dr. Gregorio F. Argote Quispe, por la oportunidad que me brindo al pertenecer al Proyecto 096\_PI del Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA). Gracias por la ayuda y confianza depositada en mi.

Agradezco a mi director de tesis al M.Sc. Julio M. Choque Lázaro, por la asesoría brindada permitiendo un buen aprovechamiento en el trabajo realizado y que estas tesis llegara a buen termino.

A los miembros del jurado: M. Sc. Juan Larico Vera, Dr. Sc. Luis Alfredo Palao Iturregui y M. Sc. Jesús Sanchez Mendoza, por su rigurosidad, correcciones y comprensión en la evaluación durante la elaboración del presente estudio.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización de la presente investigación.

¡MUCHAS GRACIAS A TODOS!

## INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>16</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
2.1. Antecedentes .....	20
2.1.1. En el Perú .....	20
2.1.2. En la región Puno .....	20
2.2. Marco teórico .....	21
2.2.1. Pastizales naturales del mundo.....	21
2.2.2. Praderas naturales en el Perú.....	22
2.2.3. Pastos naturales alto andinos .....	24
2.2.4. Concepto de praderas nativas .....	24
2.2.5. Tipos de vegetación .....	24
2.2.5.1. Pajonales .....	25
2.2.5.2. Césped de puna .....	25
2.2.5.3. Bofedales .....	25
2.2.5.4. Tólares .....	26
2.2.5.5. Canllares .....	26
2.2.6. Concepto de sobrepastoreo .....	26
2.2.7. Erosión.....	27
2.2.8. Mejoramiento de pastizales .....	29
2.2.9. Restauración .....	29
2.2.10. Rehabilitación.....	30
2.2.11. Recuperación .....	30
2.2.12. Mecanización agrícola.....	30
2.2.13. Labranza .....	32
2.2.13.1. Labranza conservacionista.....	32
2.2.13.2. Labranza mínima .....	32
2.2.14. Arado de disco.....	33

2.2.15. Arado de cincel.....	33
2.2.16. Arado de cadena .....	33
2.2.17. Métodos de evaluación de variables.....	34
2.2.17.1. Compactación del suelo .....	34
2.2.17.2. Humedad del suelo.....	36
2.2.17.3. Densidad del suelo .....	37
2.2.17.4. Porosidad del suelo .....	37
2.2.17.5. Capacidad de infiltración .....	38
2.2.17.6. Composición florística.....	39
2.2.17.7. Cobertura vegetal.....	39
2.2.17.8. Altura de pasturas naturales .....	39
2.2.17.9. Rendimiento de biomasa.....	40
2.2.17.10. Carga animal .....	40
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>41</b>
3.1. Lugar experimental .....	41
3.2. Datos meteorológicos.....	41
3.3. Material experimental .....	43
3.3.1 Pradera nativa compactada elegida .....	43
3.3.2. Maquinaria agrícola.....	43
3.3.3. Labranza del suelo .....	43
3.3.3.1. Rastra de disco .....	43
3.3.3.2. Rastra de cincel o surcador .....	43
3.3.3.3. Rastra de cadena o púas .....	43
3.3.4. Materiales y equipos.....	44
3.3.4.1 Materiales de campo .....	44
3.3.4.2. Materiales y equipos de laboratorio.....	44
3.4. Tratamientos en estudio .....	44
3.5. Características del campo experimental.....	45
3.6. Diseño experimental, procesamiento de datos y análisis estadístico .....	46
3.7. Variables de respuesta y observaciones .....	47
3.8. Estrategia operativa y evaluación de variables .....	48
3.8.1. Elección de pradera nativa y demarcación de parcelas .....	48

3.8.2. Aplicación de sistemas de labranza .....	48
3.8.2.1. Labranza con “Rastra de disco” .....	48
3.8.2.2. Labranza con “Rastra de cincel” .....	48
3.8.2.3. Labranza con “Rastra de cadena” .....	48
3.8.2.4. Labranza cero “Testigo” .....	48
3.9. Evaluaciones realizadas .....	49
3.9.1. Compactación del suelo.....	49
3.9.2. Humedad del suelo .....	50
3.9.3. Densidad aparente del suelo .....	51
3.9.4. Porosidad del suelo.....	51
3.9.5. Prueba de infiltración .....	51
3.9.6. Composición florística.....	52
3.9.7. Cobertura vegetal.....	53
3.9.8. Altura de especies nativas dominantes .....	53
3.9.9. Rendimiento de materia verde.....	53
3.9.10. Determinación de carga animal optima .....	54
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>55</b>
4.1. Compactación del suelo .....	55
4.2. Profundidad efectiva del suelo .....	57
4.3. Humedad del suelo .....	60
4.4. Densidad aparente del suelo.....	63
4.5. Porosidad del suelo .....	64
4.6. Infiltración del agua en el suelo .....	66
4.7. Composición florística .....	68
4.8. Cobertura vegetal .....	72
4.9. Altura de especies nativas .....	74
4.9.1. Altura de especie dominante “ <i>Festuca dolichophylla</i> ” .....	74
4.9.2. Altura de especie dominante “ <i>Muhlenbergia fastigiata</i> ” .....	77
4.10. Rendimiento de materia verde y materia seca.....	80
4.10.1 Materia verde.....	80
4.10.2. Materia seca.....	83
4.11. Carga animal óptima estimada .....	85



<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS .....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>93</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Tres etapas de la erosión hídrica .....	28
<b>Figura 2.</b> Efecto del pisoteo sobre la estructura del suelo .....	35
<b>Figura 3.</b> Temperatura ambiental y precipitación pluvial registrada.....	42
<b>Figura 4.</b> Croquis aleatorizado de sistemas de labranza .....	45
<b>Figura 5.</b> Cuadrante codificado por colores (Psi) .....	49
<b>Figura 6.</b> Compactación del suelo (kg/cm <sup>2</sup> ) inicial y final, por efecto de sistemas de labranza.....	57
<b>Figura 7.</b> Profundidad del suelo (cm) inicial y final en la pradera nativa por efecto de sistemas de labranza.....	60
<b>Figura 8.</b> Humedad del suelo (%) por efecto de sistemas de labranza en función a los diferentes meses del año 2017 – 2018 .....	62
<b>Figura 9.</b> Densidad aparente del suelo (gr/cm <sup>3</sup> ), por efecto de sistemas de labranza....	64
<b>Figura 10.</b> Porosidad del suelo (%) en la pradera nativa por efecto de sistemas de labranza.....	66
<b>Figura 11.</b> Velocidad de infiltración acumulada.....	67
<b>Figura 12.</b> Velocidad de infiltración .....	68
<b>Figura 13.</b> Cobertura vegetal inicial y final (%), por efecto de sistemas de labranza ...	74
<b>Figura 14.</b> Altura de especie dominante “Festuca dolichophylla” inicial y final (cm), por efecto de sistemas de labranza.....	77
<b>Figura 15.</b> Altura de especie dominante “Muhlenbergia fastigiata”, inicial y final (cm), por efecto de sistemas de labranza.....	80
<b>Figura 16.</b> Materia verde inicial y final (kg/ha), por efecto de sistemas de labranza ....	82
<b>Figura 17.</b> Materia seca inicial y final (kg/ha), por efecto de sistemas de labranza .....	84
<b>Figura 18.</b> Instalación de los sistemas de labranza “rastra de disco” .....	110
<b>Figura 19.</b> Instalación de los sistemas de labranza “rastra de cincel” .....	110
<b>Figura 20.</b> Instalación de los sistemas de labranza “rastra de cadena”.....	110
<b>Figura 21.</b> Observación de la instalación del tratamiento 1 “rastra de disco” .....	111
<b>Figura 22.</b> Observación de la instalación del tratamiento 2 “rastra de cincel” .....	111
<b>Figura 23.</b> Observación de la instalación del tratamiento 3 “rastra de cadena” .....	111
<b>Figura 24.</b> Evaluación de compactación del suelo por efecto de sistemas de labranza al año de clausura.....	112

<b>Figura 25.</b> Evaluación de profundidad penetrada en el suelo por efecto de sistemas de labranza al año de clausura .....	112
<b>Figura 26.</b> Evaluación mensual de muestras para la humedad del suelo.....	113
<b>Figura 27.</b> Evaluación de humedad del suelo .....	113
<b>Figura 28.</b> Evaluación de densidad aparente y porosidad del suelo .....	113
<b>Figura 29.</b> Evaluación de infiltración de agua en el suelo.....	113
<b>Figura 30.</b> Evaluación composición florística .....	114
<b>Figura 31.</b> Lectura de composición florística .....	114
<b>Figura 32.</b> Evaluación de altura de especie dominante “chilligua” ( <i>Festuca dolichophylla</i> ), por efecto de sistemas de labranza .....	114
<b>Figura 33.</b> Evaluación de altura de especie dominante “chiji” ( <i>Muhlenbergia fastigiata</i> ) por efecto de sistemas de labranza.....	114
<b>Figura 34.</b> Cosecha de materia verde.....	115
<b>Figura 35.</b> Peso de materia verde.....	115
<b>Figura 36.</b> Secado de materia verde.....	115
<b>Figura 37.</b> Ubicación del área experimental con un GPS .....	115
<b>Figura 38.</b> Ubicación del área experimental .....	116

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Superficie de pastos naturales del Perú por departamentos .....	23
<b>Tabla 2.</b> Peso comparativo, área de apoyo y presión estática de animales en pastoreo. 36	36
<b>Tabla 3.</b> Valores críticos de densidad aparente en función de la textura.....	37
<b>Tabla 4.</b> Valores orientativos de la porosidad total de un suelo y su interpretación.....	38
<b>Tabla 5.</b> Rangos de velocidad de infiltración básica según textura del suelo.....	39
<b>Tabla 6.</b> Estimado de consumo de materia seca (MS) para especies de animales.....	40
<b>Tabla 7.</b> Temperatura (°C) y precipitación mensual (mm) de la campaña agrícola 2017– 2018 .....	41
<b>Tabla 8.</b> Distribución de tratamientos (sistemas de labranza) en estudio .....	44
<b>Tabla 9.</b> Análisis de variancia del experimento .....	47
<b>Tabla 10.</b> Análisis de variancia de compactación del suelo (kg/cm <sup>2</sup> ), por efecto de sistema de labranza .....	55
<b>Tabla 11.</b> Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para la compactación del suelo (kg/cm <sup>2</sup> ), por efecto de sistemas de labranza .....	55
<b>Tabla 12.</b> Cambio en la compactación inicial y final del suelo (kg/cm <sup>2</sup> ), por efecto de sistema de labranza .....	56
<b>Tabla 13.</b> Análisis de variancia de la profundidad efectiva del suelo (cm), por efecto de sistema de labranza .....	58
<b>Tabla 14.</b> Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) profundidad efectiva del suelo (cm), por efecto de sistemas de labranza.....	58
<b>Tabla 15.</b> Cambio en la profundidad efectiva inicial y final del suelo (cm), por efecto de sistema de labranza .....	59
<b>Tabla 16.</b> Análisis de variancia de humedad del suelo, por efecto de sistema de labranza .....	61
<b>Tabla 17.</b> Análisis de variancia de densidad aparente del suelo (gr/cm <sup>3</sup> ), por efecto de sistema de labranza .....	63
<b>Tabla 18.</b> Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para la densidad aparente del suelo (gr/cm <sup>3</sup> ), por efecto de sistemas de labranza.....	63
<b>Tabla 19.</b> Análisis de variancia de porosidad del suelo, por efecto de sistema de labranza.....	65

<b>Tabla 20.</b> Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para la porosidad del suelo (%), por efecto de sistemas de labranza.....	65
<b>Tabla 21.</b> Análisis de varianza de infiltración básica (mm/hr), por efecto de sistema de labranza.....	67
<b>Tabla 22.</b> Composición florística inicial y final por efecto de sistemas de labranza.....	70
<b>Tabla 23.</b> Composición florística inicial y final (%), y cambio por efecto de sistemas de labranza.....	71
<b>Tabla 24.</b> Análisis de variancia de cobertura vegetal (%), por efecto de sistema de labranza.....	72
<b>Tabla 25.</b> Cobertura vegetal inicial y final (%), y cambio por efecto de sistemas de labranza.....	73
<b>Tabla 26.</b> Análisis de variancia de altura de especie dominante (cm), por efecto de sistema de labranza.....	75
<b>Tabla 27.</b> Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para la altura de especie dominante “Festuca dolichophylla” (cm), por efecto de sistemas de labranza.....	75
<b>Tabla 28.</b> Cambio en la altura de especie dominante “Festuca dolichophylla” inicial y final (cm), por efecto de sistemas de labranza.....	76
<b>Tabla 29.</b> Análisis de variancia de altura de especie dominante (cm), por efecto de sistema de labranza.....	78
<b>Tabla 30.</b> Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para la altura de especie dominante “Muhlenbergia fastigiata” (cm), por efecto de sistemas de labranza.....	78
<b>Tabla 31.</b> Cambio en la altura de especie dominante “Muhlenbergia fastigiata” inicial y final (cm), por efecto de sistemas de labranza.....	79
<b>Tabla 32.</b> Análisis de variancia de materia verde (kg/ha), por efecto de sistemas de labranza.....	81
<b>Tabla 33.</b> Rendimiento de materia verde inicial y final (kg/ha), y cambios por efecto de sistema de labranza.....	82
<b>Tabla 34.</b> Análisis de varianza de materia seca (kg/ha), por efecto de sistema de labranza.....	83
<b>Tabla 35.</b> Cambios en la materia seca inicial y final (kg/ha), por efecto de sistema de labranza.....	84
<b>Tabla 36.</b> Capacidad de carga inicial y final (UA/ha/año), por efecto de sistemas de labranza.....	86

<b>Tabla 37.</b> Evaluación de presión del suelo (Psi) y profundidad (Prof.) inicial de la pradera nativa compactada de condición pobre .....	93
<b>Tabla 38.</b> Promedio evaluación de presión y profundidad inicial de la pradera nativa compactada de condición pobre.....	93
<b>Tabla 39.</b> Evaluación de presión y profundidad del suelo final por efectos de sistemas de labranza al año de clausura .....	94
<b>Tabla 40.</b> Promedio de variables de presión del suelo final por efectos de sistemas de labranza al año de clausura .....	95
<b>Tabla 41.</b> Promedio de variables de profundidad del suelo final por efectos de sistemas de labranza al año de clausura .....	95
<b>Tabla 42.</b> Datos de humedad mensual del suelo 2017-2018.....	95
<b>Tabla 43.</b> Promedio anual de humedad del suelo, por efectos de sistema de labranza..	96
<b>Tabla 44.</b> Datos de densidad de participa, densidad aparente y porosidad del suelo ....	96
<b>Tabla 45.</b> Promedio de densidad aparente del suelo, por efectos de sistemas de labranza al año de clausura.....	96
<b>Tabla 46.</b> Promedio de porosidad del suelo, por efectos de sistemas de labranza al año de clausura .....	96
<b>Tabla 47.</b> Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque I, con rastra de disco .....	97
<b>Tabla 48.</b> Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque I, con rastra de cincel.....	98
<b>Tabla 49.</b> Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque I, con rastra de cadena .....	99
<b>Tabla 50.</b> Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque I, testigo.....	100
<b>Tabla 51.</b> Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque II, con rastra de disco .....	101
<b>Tabla 52.</b> Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque II, con rastra de cincel.....	102
<b>Tabla 53.</b> Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque II, con rastra de cadena .....	103
<b>Tabla 54.</b> Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque II, testigo .....	104
<b>Tabla 55.</b> Altura especies dominantes inicial en la pradera nativa .....	105
<b>Tabla 56.</b> Promedio de altura especies dominantes inicial en la pradera nativa.....	105

<b>Tabla 57.</b> Altura especies dominantes final por efectos de sistema de labranza al año de clausura .....	105
<b>Tabla 58.</b> Promedio de altura especies dominantes final por efectos de sistema de labranza al año de clausura .....	106
<b>Tabla 59.</b> Promedio de materia seca inicial en la pradera nativa compactada.....	106
<b>Tabla 60.</b> Materia verde final por efectos de sistema de labranza al año de clausura .	107
<b>Tabla 61.</b> Promedio de materia verde final por efectos de sistema de labranza al año de clausura .....	107
<b>Tabla 62.</b> Promedio de % de materia seca por efectos de sistema de labranza al año de clausura .....	108
<b>Tabla 63.</b> Materia seca por efectos de sistema de labranza al año de clausura.....	109
<b>Tabla 64.</b> Promedio de materia seca por efectos de sistema de labranza al año de clausura .....	109

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

\* = Es significativo

\*\* = Es altamente significativo

C.M.= Cuadrados medios

C.V. = Coeficiente de variación

F.V. = Fuente de variabilidad

Fc = F calculada

FEDO= *Festuca dolichophylla*

Ft = F tabular

MS= materia seca

MUFA= *Muhlenbergia fastigiata*

N.S. = No significativo

P= promedio

Rastra de cadena = Sistema de labranza con rastra de cadena o púas

Rastra de cincel = Sistema de labranza con rastra de cincel o surcador

Rastra de disco = Sistema de labranza con rastra de disco

S.C. = Suma de cuadrados

Testigo = Sin labranza sin el uso de rastra

U.A.A.= Unidad animal de alpaca

U.A.O.= Unidad animal de ovino

U.A.V.= Unidad animal de ganado vacuno.

## RESUMEN

El estudio se realizó en la Estación Experimental Agraria Illpa del Instituto Nacional de Innovación Agraria, ubicado a 3823 msnm, distrito de Paucarcolla, provincia y departamento de Puno. La problemática de la actividad ganadera en el altiplano de Puno, es el sobre pastoreo de las praderas naturales y compactación del suelo, afectando el crecimiento, propagación y producción de pastos naturales, en ese marco nos planteamos los siguientes objetivos: evaluar el cambio en la compactación del suelo; determinar contenido de humedad, densidad aparente, porosidad e infiltración de agua en el suelo; determinar el cambio de composición florística, cobertura vegetal, rendimiento de materia seca y en la carga animal de pastoreo. La evaluación se inició en enero 2017 y finalizó en abril 2018, utilizando un diseño de bloque completo al azar. Los resultados por efectos de sistemas de labranza la compactación del suelo disminuyó de 32.5 a 26.9 kg/cm<sup>2</sup> con rastra de disco; 25.7 kg/cm<sup>2</sup> con rastra de cincel; 29.8 kg/cm<sup>2</sup> con rastra de cadena y 31.3 kg/cm<sup>2</sup> testigo. Tanto en la parcela testigo y los sistemas de labranza rastra de cincel, disco y cadena la humedad del suelo aumentó de 15.5 a 17.9 %; densidad aparente varió de 1.37 a 1.32 gr/cm<sup>3</sup>, porosidad aumento de 23.6 a 27.5 %, en infiltración de agua en el suelo aumento de 3.39 a 10.74 mm/h. En la composición florística especies deseables varió de 57 a un promedio de 52.25 %. En la cobertura vegetal se incrementó de 63.3 a un promedio de 88.71 %. El rendimiento de materia seca se incrementó de 480 a 4319.4 kg/ha con rastra de disco, 4273.9 kg/ha con rastra de cincel, 3364.7 kg/ha con rastra de cadena y 2992 kg/ha testigo, con la consiguiente mejora significativa de la carga animal de 0.58 a un promedio de 4.88 unidades animal ovino por hectárea. Mostrando que el sistema de labranza con rastra de disco y cincel es una opción accesible para la rehabilitación de praderas nativas compactadas en menor tiempo y con menores recursos.

**Palabras clave:** Rehabilitación, pradera nativa, compactación, sistemas de labranza.



## ABSTRACT

The study was carried out in the Illpa Agricultural Experimental Station of the National Institute of Agrarian Innovation - Puno, located at 3823 meters above sea level, district of Paucarcolla, province and department of Puno. The main activity of the department of Puno is livestock and one of its problems is the overgrazing and compaction of the soil, affecting the growth, propagation and production of natural pastures, in this framework we set the following objectives: to evaluate the change in compaction of the soil, determine moisture content; apparent density; Porosity and infiltration of water into the soil, determine the change of floristic composition, plant cover, dry matter yield and optimal animal load, the evaluation began in January 2017 and ended in April 2018, using a randomized complete block design. The results for the effects of tillage systems on soil compaction decreased from 32.5 to 26.9 kg/cm<sup>2</sup> with disc harrow; 25.7 kg/cm<sup>2</sup> with chisel harrow; 29.8 kg/cm<sup>2</sup> with chain harrow and 31.3 kg/cm<sup>2</sup> control, between the control plot and the chisel, disc and chain harrow tillage systems the soil moisture increased from 15.5 to 17.9 %; apparent density varied from 1.37 to 1.32 gr/cm<sup>3</sup>, porosity increased from 23.6 to 27.5 %, in water infiltration in the soil increased from 3.39 to 10.74 mm/hr, in the floristic composition desirable species ranged from 57 to 60.7 % with harrow disk; 56.5 % with chisel harrow; 44 % with chain harrow and 47.8 % control, in undesirable species increased from 6.3 to 33.3 % with disc harrow; 38.3 % with chisel harrow; 39.5 % with chain harrow and 33.3 % control, plant cover increased from 63.3 to 94.3 % with disc harrow; 95.3 % with chisel harrow; 83.8 % with chain harrow and 81.3 % control, the yield of dry matter increased from 480 to 4319.4 kg/ha with disc harrow, 4273.9 kg/ha with chisel harrow, 3364.7 kg/ha with chain harrow and 2992 kg/ha witness

**Keywords:** Rehabilitation, native prairie, compaction, tillage systems.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

La ganadería en el altiplano peruano es una de las principales actividades económica del departamento de Puno, con menor riesgo a factores climatológicos que la agrícola y en altitudes de 3800 a 4500 m.s.n.m., donde la actividad agrícola no prospera por las condiciones climáticas adversas para el cultivo; por lo que la única actividad socioeconómica de importancia alimentaria y productiva es la pecuaria. (Francis 2014). Donde los pastizales proveen en promedio más del 80% de la alimentación de esta ganadería (Tapia N. y Flores O. 1984).

En la sierra Peruana albergan casi a la totalidad de la población ganadera nacional: 70% de vacunos, 97% de ovinos y el 100% de los camélidos sudamericanos, es decir, alpacas, llamas y vicuñas. (Francis 2014). Convirtiéndose en el sustento de muchas familias rurales en todo el altiplano, (Choque 2005). Las praderas naturales son áreas cubiertas de vegetación herbácea compuesta por especies de las familias: Poaceae, Fabáceas, Rosáceas, Ciperáceas, Juncáceas, entre otros (Choque y Astorga, 2007) y Mendoza (2011), que varían en su composición vegetal de acuerdo a la humedad del suelo, exposición y características edafológicas como textura y contenido de materia orgánica.

A pesar de reconocerse la importancia de los pastizales naturales, estos actualmente vienen siendo amenazadas por las inadecuadas prácticas de pastoreo, trae como resultado en una paulatina disminución de las especies deseables de mayor valor forrajero, pérdida de la cobertura vegetal del suelo, por lo cual su capacidad de carga animal se reduce considerablemente, con repercusiones importantes en la baja producción y productividad de la actividad ganadera (Florez y Malpartida 1987) mencionado también por (Choque, 2005).

Las pasturas naturales se encuentran en uso de 2 a 4 veces su capacidad de carga, ocasionando el desequilibrio ecológico (ONERN, 1985; Farfán y Durant, 1998). La degradación actual de los pastizales, muestra que el 60% de la vegetación nativa se encuentra en condición de pobre y solamente el 9.5 % se encuentra en buena condición (Flores, E. 1996), lo cual no garantiza la sostenibilidad de la producción ganadera en la sierra del Perú para los próximos 50 años (Alegría 2013). La intensificación del sobre pastoreo asociado con la compactación del suelo y la degradación estructural de los

suelos es considerado como uno de los principales problemas que afecta infiltración del agua de lluvias, el crecimiento y producción del área de pastos naturales y cultivados (FAO, 1996). La pérdida de suelo conlleva graves consecuencias económicas ya que se produce una disminución en su nivel de fertilidad además del arrastre de sedimentos, fertilizantes y fitosanitarios hacia masas de agua, González (2001). Debido a la situación actual de los pastizales, además de la importancia socioeconómica de la actividad pecuaria, se realizó el estudio de rehabilitación de praderas nativas compactadas.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el cambio en la compactación de la capa superficial del suelo en pradera nativa pobre, por efecto de sistemas de labranza.
- Determinar el contenido de humedad, densidad, porosidad e infiltración de agua en el suelo de pradera nativa por efecto de sistemas de labranza.
- Determinar el cambio de composición florística y cobertura vegetal en la pradera nativa, por efecto de sistemas de labranza.
- Determinar el cambio en el rendimiento de materia seca y carga animal en la pradera nativa, por efecto de sistemas de labranza.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. En el Perú

El presente estudio se realizó en la comunidad campesina Cordillera Blanca, Huaraz – Perú. “Influencia de técnicas de mejora de suelos sobre la función hídrica de pastos naturales alto andinos”; el objetivo fue estudiar la influencia de las técnicas de mejora (T) sobre el estado ecológico (Ee), recuperación hidrológica (H) y control de la erosión (Er) del pastizal de condición muy pobre. La investigación duró dos años, etapa en la cual se estudiaron el Ee (vegetación, biomasa y mantillo), H (infiltración, humedad y temperatura) y Er. Los resultados indicaron que a corto plazo la condición muy pobre del pastizal no cambia, pero si los demás parámetros. En época de lluvias del año dos, las parcelas con surcos alcanzaron mejor rendimiento vegetal que hoyos y uso comunal (biomasa aérea: 1 755, 1 562 y 1 067 kg ms/ha; mantillo: 402, 388 y 305 kg ms/ha, respectivamente). El mismo orden presentó la respuesta hidrológica a través del parámetro tasa de infiltración (0.120, 0.110 y 0.065 cm/min), contenido de humedad (20.8, 20.4 y 16.6%) y temperatura del suelo (11, 10.7 y 10°C). Los resultados sugieren que la mejora florística y función hidrológica habrían coadyuvado a controlar la erosión del suelo en parcelas tratadas con surcos y hoyos (36 y 45 ton/ha/2años) que el uso comunal (58 ton/ha/2años). Se concluye que la recuperación del pastizal pobre es lenta; la humedad, biomasa e infiltración es de alta sensibilidad; y la técnica de surcos y hoyos son opciones accesibles para la mejora del pastizal degradado. Se recomienda estudiar la interacción humedad del suelo con las especies vegetales claves para la mejora ecohidrológica de los tipos de pastos naturales altoandinos. (Oscanoa L. y Flores E. 2016).

##### 2.1.2. En la región Puno

El estudio se realizó en Puno – Perú. “Evaluación de pradera nativa (*Festuca Dolichophylla*) a la incorporación de abonos orgánicos y siembra de trebol blanco (*Trifolium Repens*) sin y con labranza mínima en Puno”; con el objetivo de determinar los cambios en la composición florística y la producción forrajera de la pradera chilliguar, con la incorporación de estiércol descompuesto de ovino, excreta de lombriz, Azotolam

y la siembra de *Trifolium repens* en sistemas sin y con labranza mínima; evaluar el contenido de elementos esenciales (Nitrógeno, Fósforo, Calcio y Magnesio), materia orgánica, humedad, temperatura del suelo y realizar el análisis económico. Los resultados obtenidos indican que, la pradera chilliguar (*Festuca dolichophylla*), muestra cambios entre sistemas de siembras; en la época lluviosa la mejora fue 31 % en parcelas sin labranza y de 26 % en la parcela con labranza mínima de especies deseables; fueron de 95 % con estiércol descompuesto y 90 % con Azotolam en sistema sin y con labranza respectivamente, en la época lluviosa; de 82 % en el sistema sin abono y con labranza, seguido por Azotolam con 69 %, en época seca; mejorándose la pradera de condición regular a buena. El rendimiento de materia verde con labranza mínima fue inferior (6.94 a 5.97 t ha<sup>-1</sup>) que con siembra sin labranza (8.21 a 6.92 t ha<sup>-1</sup>) y de materia seca con labranza mínima fue 3.34 t ha<sup>-1</sup> a 3.47 t ha<sup>-1</sup> inferior al de sistema sin labranza (3.96 a 4.59 t ha<sup>-1</sup>); la mayor disponibilidad de forraje se logró en el periodo de lluvias. El abono estiércol descompuesto, supera en aporte de materia orgánica (4.4 %), pero estadísticamente es similar a la excreta de lombriz (4.2 %); se incrementó en el suelo el contenido de Fosforo (25 ppm), Potasio (364 ppm) y Calcio (12m.e./100 g de suelo) y Magnesio (3 m.e./100 g de suelo). La temperatura del suelo se conservó mejor con el abono excreta de lombriz (10.4°C); la humedad con Azotolam (27 %) y mejor con la aplicación de abonos y con labranza mínima (25 %). El análisis C/8, en sin labranza y sin abono fue el más beneficioso, seguido por Azotolam con una relación de 5.4 y 2.4 respectivamente, que justifica plenamente la inversión y la aplicación de abonos orgánicos a la pradera chilliguar (*Festuca dolichophylla*); además, el índice se incrementa a mediano plazo por ser una pradera mejorada. (Mendoza, 2011).

## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. Pastizales naturales del mundo

Choque y Astorga (2007), señalan que la vegetación de los pastizales naturales como fuente de forraje más económica, seguirá siendo aprovechada por el hombre año tras año y de generación tras generación para la alimentación de los animales bajo pastoreo. Otro beneficio directo que proporcionan las cubiertas de pastos naturales en la formación y conservación de los suelos, aumentan la fertilidad y la capacidad de retención de agua en el suelo y sobre la resistencia de un suelo dado a los efectos de una erosión destructiva bajo las más diversas condiciones del medio. La alimentación de alrededor del 70% de

la población ganadera del mundo, depende de los pastos y hierbas que proporciona los pastizales naturales que ocupan el 47% de la superficie de los continentes. En la actualidad se reconoce el valor estético, recreativo, el múltiple uso de la vegetación de los pastizales y servicios a la sociedad.

Semple, A.T. (1974), señala que las tierras de pastoreo del mundo ocupan el 47 % de la superficie de los continentes y producen alrededor del 70 % del forraje necesario para la alimentación del ganado al pastoreo. Estas tierras de pastoreo comprenden prados naturales, praderas de gramíneas, algunos bosques, las sabanas, matorrales desérticos, estepa herbácea y estepa arbustiva útiles para el pastoreo de animales herbívoros domésticos y silvestres.

Tapia N. y Flores O. (1984), señala que las praderas naturales poseen una vegetación dominada primordialmente por gramíneas perennes, plantas parecidas a gramíneas, hierbas y algunos arbustos que, por su valor forrajero son explotados por el hombre por medio del pastoreo en todo los continentes del mundo, del total de 510 millones de Km<sup>2</sup> de la superficie de la planeta tierra (13.6 billones de hectáreas), los océanos ocupan el 71 % y los continentes ocupan el 29%, de la superficie de los continentes, el 47 % corresponde a tierras consideradas como pastizales, 28 % a bosques, el 10 % son tierras cultivadas y el 15 % son área cubiertas por hielo.

### **2.2.2. Praderas naturales en el Perú**

El sistema montañoso de los Andes del Perú representa el espacio geográfico donde se distribuyen latitudinalmente seis grandes pisos ecológicos desde los 500 hasta los 6760 msnm, y unidades hidrográficas llamadas micro cuencas con vertientes hacia los océanos pacífico y atlántico. Astorga (1987), sostiene que en el Perú las praderas naturales ocupan una superficie estimado de 19 millones de hectáreas distribuidas en las zonas altas de la sierra y costa norte; de esta extensión, más de 13 millones de hectáreas están en la parte sur del país.

El Programa Nacional de Pastos y Forrajes del Ministerio de Agricultura, indica que la superficie del país cubierta por pastos naturales llegan a cerca de 18.8 millones de hectáreas (15% de la superficie nacional), distribuidas en la Costa (3.3%), en la Sierra (94.5%) y en la Selva (2.2%). La mayor actividad ganadera del país que sustenta al 78.8% de ganado vacuno, el 96.2 % de ganado ovino, el 100% de camélidos sudamericanos

(llamas, alpacas, vicuñas y guanacos) (Ministerio de Agricultura D.G.P.A.- Crianzas (2000). Como se ve en la tabla 1.

**Tabla 1.** Superficie de pastos naturales del Perú por departamentos

Departamentos	Hectáreas	%
<b>Puno</b>	<b>4'000,000</b>	<b>21.28</b>
Cusco	2'220,000	11.81
Arequipa	2'200,000	11.7
Ayacucho	1'870,000	9.95
Apurímac	1'135,000	6.04
Junín	1'275,000	6.78
Huancavelica	1'180,000	6.27
Lima	1'050,000	5.58
Tacna	380,000	2.02
Huánuco	600,000	3.19
La Libertad	360,000	1.91
Moquegua	530,000	2.82
Ancash	980,000	5.21
Pasco	450,000	2.39
Cajamarca	430,000	2.29
Otros	140,000	0.74
<b>Total</b>	<b>18'800,000</b>	<b>100</b>

Fuente: ONERN, Los Recursos Naturales del Perú, (1985) y Ministerio de Agricultura D.G.P.A.- Crianzas (2000).

El pastizal además de fuente de alimento para la ganadería nacional del cual dependen muchas economías campesinas, los pastos naturales alto andinos son componente importante del micro cuencas hidrográficas por el importante rol que juega la cobertura vegetal y sistema radicular en evitar la erosión de los suelos, protegiéndolo contra el impacto de gotas de lluvia y granizada, favoreciendo la infiltración del agua y evitando la escorrentía superficial, su papel en la estabilización y regulación de los sistemas hidrológicos (almacenamiento y descarga del agua), de vital importancia para las poblaciones por su uso con fines doméstico, agrícola, energético e industrial; por ser

sustento de biodiversidad (flora y fauna silvestre) y por intervenir en los procesos de captura del carbono (cambio climático).

### **2.2.3. Pastos naturales alto andinos**

Tapia N. y Flores O. (1984), señala que las praderas naturales alto andinas tienen características propias y específicas que responden a condiciones del sector alto andino, cuyo relieve diverso va desde los 3800 hasta por encima de los 4500 msnm. La zona alto andina tiene un paisaje provisto de planicies y picos elevados, con un clima adverso para el desarrollo de una agricultura intensiva.

Se caracteriza por tener una temperatura fría que en los meses de invierno desciende bajo 0°C y también por la presencia de fuertes corrientes de aire seco que afectan visiblemente al suelo y las plantas, en los meses de verano las temperaturas oscilan entre los 15 y 18°C y se presentan precipitaciones pluviales acompañadas de granizadas y nevadas.

### **2.2.4. Concepto de praderas nativas**

Flórez y Malpartida (1987), definen a los pastos naturales o pastizales como las áreas cubiertas por una vegetación herbácea predominantemente de gramíneas, ciperáceas y rosáceas que varían en su composición de acuerdo a la humedad del suelo, exposición y características edafológicas como textura y contenido de materia orgánica.

Flórez, A. (2005), señala que la pradera nativa: está constituida por las tierras que producen forraje nativo para el consumo animal y que son revegetadas natural o artificialmente, para proveer una cubierta de forraje que se maneja como vegetación nativa.

Novoa, C. y Flores, A. (1991), señalan que la pradera es una área en la cual el potencial natural (clímax) de la comunidad de plantas presentes están compuestos principalmente de (gramíneas, graminoides, ciperáceas, juncáceas, etc.), hierbas y arbustos de valor para los animales, en una cantidad suficiente para justificar el pastoreo.

### **2.2.5. Tipos de vegetación**

Novoa, C. y Flores, A. (1991), señala que en los Andes Peruanos ha identificado cinco tipos de pastizales, las cuales forman comunidades o asociaciones de plantas en un sitio.



Alegría (2013), Francis (2014) y Guillén, (2015), señalan que se han identificado cinco grupos o tipos de pastizales: pajonales, césped de puna, bofedales, tólares y canllares.

#### **2.2.5.1. Pajonales**

Guillén (2015), Florez, A. (1993), Mendoza (2011) y Alegría, (2013). Señalan que este tipo de vegetación ocupa una mayor extensión de cobertura vegetal, sus elementos característicos son densas agrupaciones en matas de gramíneas altas de hojas duras, en algunos casos punzantes, conocidos con los nombres de "ichu" o paja en todo el territorio alto andino. Este tipo de vegetación está dominado por gramíneas altas de los géneros *Festuca*, *Calamagrostis* y *Stipa*, siendo las especies más frecuentes, según este tipo de vegetación está dominado por gramíneas altas o ichus, entre los que destacan la "chilligua" (*festuca dolichophylla*), el "iru ichu" (*festuca ortophylla*), "ichu" (*stipa ichu*), "hatun pork'e" (*calamagrostis antoniana*), y el "huaylla ichu" (*calamagrostis rígida*).

#### **2.2.5.2. Césped de puna**

Guillén (2015), Mendoza (2011) y Alegría (2013), Señalan que este tipo de vegetación se encuentra entre los 4300 a 5000 m.s.n.m. que es reconocida como región de pastizales de alpacas y está dominado por plantas pequeñas de porte almohadillado y arrosetado, entre las plantas que se encuentran en este tipo estan: "paqu paqu" (*Aciachne pulvinata*), "mula pilli" (*Liabum ovatum*), "pilli rosado" (*Werneria nubigena*), "ch'eca ch'eca" (*Pycnophyllum molle*), "pasto estrella" (*Azorella diapensioides*), y "thurpa" (*Nototriche longirostris*).

#### **2.2.5.3. Bofedales**

Mendoza (2011), señala que los bofedales son praderas nativas constituidas por especies vegetales propias de ambientes húmedos, de carácter permanente o temporal, esta vegetación constituye fuente de forraje durante periodos de sequía, generalmente se encuentran por encima de los 4,000 msnm; dominando en su estructura especies de porte almohadillado.

Guillén (2015), menciona que en este tipo de pastizal predominan las pseudogramíneas como la "kunkuna" (*Distichia muscoides*), están presentes también en buena proporción las hierbas como el "libro libro" (*Alchemilla diplophylla*), "sillu sillu" (*Alchemilla pinnata*), "pilli" (*Hypochaeris taraxacoides*) y "puna pilli" (*Wernería pygmaea*).

#### 2.2.5.4. Tólares

Alegría (2013) y Puma (2014), señalan que son comunidades dominadas por especies arbustivas de “tola” (*Parastrephia lepidophylla*) muchas veces acompañada por (*Baccharis microphylla*), (*Festuca orthophylla*), (*Stipa brachyphylla*), (*Festuca dolichophylla*) (*Parastrephia lepidophylla*), (*Miplosteghium tacurense*) y (*Diplosteghium tacurense*) entre otras.

#### 2.2.5.5. Canllares

Huisa (1996), Mendoza (2011), Guillén (2015) y Flores, A. (1993). Están de acuerdo en que los canllares están constituidos por especies de tipo semiarbusitivo de bajo valor forrajero, estas comunidades están dominadas por arbustos del género: *Margiricarpus* “china kanlli” (*Margiricarpus pinnatus*), “orq’o kanlli” (*Margiricarpus strictus*) y acompañados por otras especies como: “iro ichu” (*Festuca orthophylla*), “canlla quichca” (*Senecio spinosus*), “pinco pinco” (*Ephedra americana*) y “ichu” (*Stipa ichu*)

Esta clasificación se basa, en la presencia de una especie que está muy relacionada a las características agrológicas del suelo y así directamente a la producción de biomasa y la capacidad de carga de pastoreo.

#### 2.2.6. Concepto de sobrepastoreo

Choque y Astorga (2007), señalan que es una de las causas principales que origina el deterioro de las praderas alto andinas. Este fenómeno ocurre por la inadecuada aplicación de los principios del manejo de praderas al ser sometidas al intenso pastoreo sobrepasando la capacidad de carga que puedan soportar, causando descenso de la capacidad forrajera, baja cobertura vegetal y desaparición de pastos deseables, erosión por el agua y el viento.

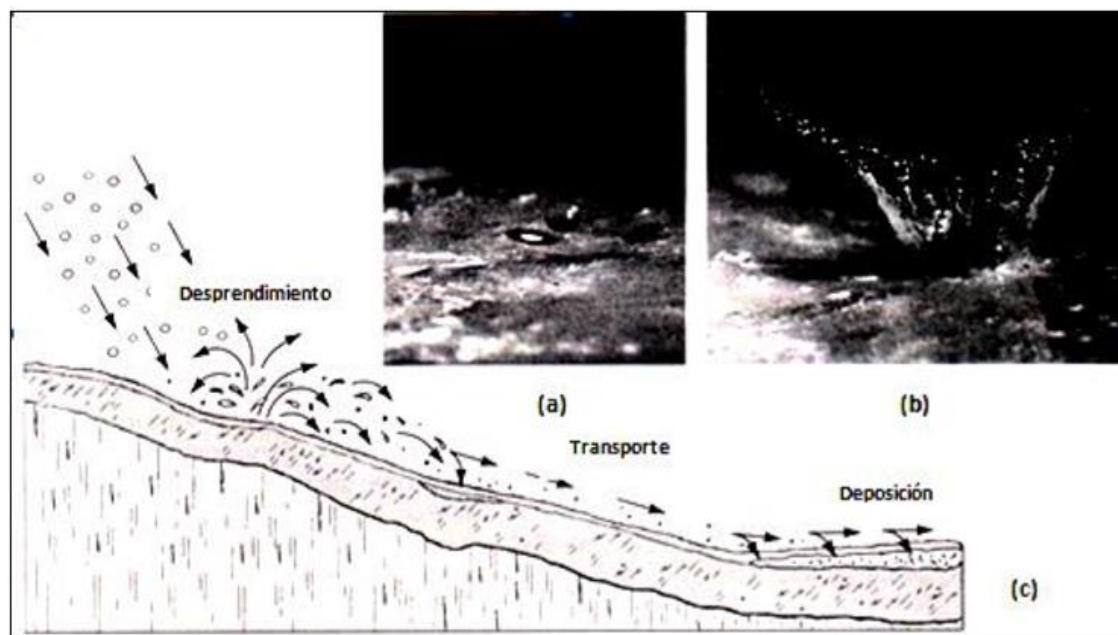
Francis (2014), señala que el excesivo pastoreo por gran número de ganado en una determinada área de pastizal, que causa el consumo total del pasto, y que en forma continuada impide su rebrote, lo cual provoca la desaparición de los pastos deseables, disminuye la población de plantas y deja el suelo expuesto a la erosión e invasión de plantas no forrajeras.

### 2.2.7. Erosión

Farfán, R. y Farfán E. (2012), señalan que la erosión de los suelos es resultado de la degradación de los pastizales, tiene como punto de partida la pérdida de cobertura vegetal por sobrepastoreo, pasando por la desaparición de especies forrajeras importantes que son reemplazadas por otras no deseables, y la pérdida de la capacidad de infiltración del agua que en su recorrido (escorrentía superficial) arrastra partículas de suelo, sobre todo en laderas. La condición de los pastos llega a ser muy pobre y pobre, por consiguiente la etapa final de la erosión es la degradación de tierras. La desaparición del suelo por acción del agua o del viento es un proceso conocido con el nombre de erosión. En la sierra Peruana, especialmente en los valles inter-andinos y zonas altiplánicas, la forma de erosión más frecuente es causada por la acción del agua, que se presenta en formas variadas, desde el lavado superficial del suelo (llamado erosión de manto o laminar), pasando por la erosión de zanja, hasta la formación profundas cárcavas.

#### **Erosión hídrica**

Farfán R. y Farfán E. (2012), señalan que la erosión hídrica es causada por la acción del agua de lluvia. El volumen del flujo líquido que se desliza sobre la tierra depende de su cantidad, intensidad y distribución; cuyo deslizamiento arrastra partículas de tierra en suspensión o cortando el suelo. Cuando la totalidad del agua no es absorbida rápidamente por el suelo, ésta empieza a correr sobre la superficie arrastrando las partículas más finas (arcilla) liberadas por las mismas gotas (escorrentía). El resultado de este fenómeno puede ser observado después de una fuerte lluvia, cuando el agua que escurre sobre las laderas y en las quebradas es de color café oscuro y/o rojizo. Paulatinamente, este fenómeno lava el suelo en su capa superficial y reduce su fertilidad. Finalmente, la roca madre queda totalmente expuesta, como se observa en la figura 1.



**Figura 1.** Tres etapas de la erosión hídrica

Fuente: Farfán R. y Farfán E. (2012), (a) Gota de lluvia, (b) Impacto de gota de lluvia, (c) Escorrentía

**a) Desprendimiento de las partículas de suelo, individualmente o en pequeños agregados.-** Se produce por acción de la energía cinética de las gotas de lluvia al entrar en contacto con la superficie del suelo, produciéndose salpicaduras que llevan consigo partículas de suelo y que pueden alcanzar una altura aproximada de 30 cm ó más. Las partículas desprendidas se desplazan según el ángulo con que fue golpeado por la gota de lluvia, además, influenciado por la acción del viento. Cuando las gotas caen verticalmente (en ausencia del viento) sobre un suelo a nivel y desnudo, las salpicaduras se esparcen por igual en todas direcciones. Si las gotas caen en diagonal, las salpicaduras saltan hacia delante más que hacia atrás.

**b) Transporte de las partículas del suelo.-** Cuando la cantidad de agua excede la capacidad de infiltración del suelo, fluye sobre la superficie constituyendo el agua de escorrentía, la cual arrastra partículas de suelo en cantidades variables, según sea su volumen y velocidad.

**c) Sedimentación y deposición.-** Las partículas se van asentando a medida que va disminuyendo la velocidad del agua y el escurrimiento hasta cesar completamente. Primero se van asentando las partículas más grandes, para luego continuar con las más

pequeñas. También puede ocurrir que el escurrimiento no cese hasta desembocar en un río, lago o mar.

### **Clases de erosión hídrica**

**a) Erosión laminar.-** Farfán R. y Farfán E. (2012), señala que la erosión laminar ocurre cuando aparecen capas delgadas de suelo más o menos uniformes en todo un área de terreno. Esta forma es la menos notable, pero a la vez más peligrosa. La erosión laminar se debe principalmente al desprendimiento de partículas de tierra ocasionado por el impacto de las gotas de lluvia sobre un suelo mal protegido y al arrastre posterior de dichas partículas por la escorrentía, por lo que se denomina erosión por impacto y/o erosión por arrastre.

**b) Erosión en surcos.-** Farfán R. y Farfán E. (2012), señala que la erosión en surcos ocurre cuando se presentan lluvias intensas y el relieve del terreno presenta irregularidades en la dirección de la pendiente. La escorrentía se concentra en algunos lugares para adquirir volumen y velocidad suficiente para hacer cortes y formar surcos. Las zanjas de pequeño tamaño formadas a lo largo de la pendiente indican las zonas de concentración de la escorrentía.

### **2.2.8. Mejoramiento de pastizales**

Ruiz y Tapia, (1987), señalan que los problemas principales que afrontan las praderas naturales están referidos básicamente a la presión que ejerce el animal sobre los pastos, son pocos los estudios que miden la gravedad del problema en el pastoreo.

Según Flores, E. (1999), expresa que se denomina estrategias de mejora al modo como el administrador de pastizales combina las diferentes prácticas de mejoramiento con el objeto de maximizar la producción de forraje, pero sin alterar el equilibrio y estabilidad del ecosistema.

### **2.2.9. Restauración**

Vargas (2007), señala que la restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad, el ecosistema que requiere restauración se ha degradado, dañado, transformado o totalmente destruido como resultado directo o indirecto de las actividades

del hombre. En algunos casos, estos impactos en los ecosistemas fueron causados o empeorados por causas naturales, tales como incendios, inundaciones, tormentas o erupciones volcánicas, hasta tal grado que el ecosistema no se puede restablecer por su cuenta al estado anterior a la alteración o a su trayectoria histórica de desarrollo. La restauración trata de retornar un ecosistema a su trayectoria histórica.

“La restauración ecológica es el proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido”.

#### **2.2.10. Rehabilitación**

Vargas (2007), señala que la rehabilitación es cualquier acto de mejoramiento desde un estado degradado, sin tener como objetivo final producir el ecosistema original. Es posible la recuperar la función eco sistémica, sin recuperar completamente su estructura, en este caso estamos hablando de una rehabilitación de la función ecosistemita, muchas veces incluso con un reemplazo de las especies que lo componen. Vanegas y Ospina (2015), menciona la rehabilitación enfatiza la reparación de los procesos, la productividad y los servicios de un ecosistema auto sostenible.

“Reparar la productividad y/o los servicios del ecosistema en relación con los atributos funcionales o estructurales”.

#### **2.2.11. Recuperación**

Ospina (2015), señala que la recuperación es retornar la utilidad del ecosistema para la prestación de servicios ambientales diferentes a los del ecosistema original, integrándolo ecológica y paisajísticamente a su entorno, usado en ecosistemas no son auto sostenible.

“Retornar la utilidad del ecosistema para la prestación de servicios ambientales diferentes a los del ecosistema original, integrándolo ecológica y paisajísticamente a su entorno”.

#### **2.2.12. Mecanización agrícola**

Alvarado 2006), explica que el mito de que la mecanización o preparación de los suelos, en forma mecánica, es el detonante del deterioro de los suelos por erosión sobre todo por erosión hídrica y en menor grado por erosión eólica. La erosión de los suelos puede ser de poca o de gran magnitud y no es la mecanización de los suelos lo que causa su

deterioro, sino el uso de implementos inapropiados, la época en que se realizan las labores, la falta de uso de técnicas de conservación, dependiendo de cuatro factores:

**a) El uso de implementos o aperos inapropiados para las condiciones del terreno y el tipo de cultivo por establecer.-** Se tiene que normalmente, o por costumbre, se hace un uso indiscriminado de implementos de discos, los implementos de discos cortan, vuelcan, mezclan y afinan el suelo, dejándolo susceptible a la erosión, sobre todo cuando existe una pendiente de magnitud considerable. Otro aspecto importante, que normalmente no es tomado en cuenta, es el grado de compactación que el terreno pueda tener antes de ser mecanizado; si un suelo está muy compactado, se tendrán problemas, tales como: un deficiente drenaje natural y muy baja infiltración, lo que trae como consecuencia dificultades para mecanizarlo, mucha escorrentía superficial, lo que ocasiona graves problemas de erosión.

**b) La mala escogencia de las épocas en que se realiza la pre labranza y la labranza primaria.-** Se nota que se realizan casi todas las labores cuando la época lluviosa ya se ha establecido. El problema que se presenta es que si se tiene un terreno compactado y el suelo está húmedo, ya la labor de descompactación es imposible de lograr; por otro lado, si las lluvias ya están establecidas y se hace uso de implementos de discos (como en la gran mayoría de los casos), lo que se hace es realizar una mala labor de preparación, además de la reproducción de la maleza.

**c) La falta de uso de técnicas de conservación de suelos, sobre todo en terrenos susceptibles a la erosión hídrica.-** En la mayor parte de los casos, a que los agricultores no creen en los métodos de conservación de suelos, o no les gusta aplicarlos porque dificultan el trabajo de campo mecanizado que se realiza posteriormente. Sin embargo, algunas personas ignoran que la misma maquinaria agrícola que usan para el trabajo rutinario, puede servirles para construir estructuras conservacionistas.

**d) La mecanización de terrenos que no son aptos para la agricultura mecanizada.-** La necesidad y la falta de asesoramiento, se siembra cultivos que hacen el suelo más susceptible a la erosión. Ya que debería reubicarse a los agricultores en terrenos aptos y reservar dichas tierras para el establecimiento de bosques.

### **2.2.13. Labranza**

Studdert (2001), sostiene que la labranza es la labor que incide mayormente en la degradación física de los suelos; desde el punto de vista económico es uno de los factores de mayor incidencia en el costo de producción, por los insumos involucrados como mano de obra, tiempo, energía y equipos mecánicos, es la labor que incide mayormente en la degradación física de los suelos, esta práctica en últimas determina la vigencia de una agricultura sostenible.

#### **2.2.13.1. Labranza conservacionista**

Studdert (2001), señala que la labranza conservacionista, internacionalmente se ha aceptado el criterio del ex Servicio de Conservación de Suelos de los EE. UU., definió al sistema de labranza conservacionista como todo aquel conjunto de operaciones de laboreo que, luego de la siembra del cultivo, ha dejado hasta un treinta por ciento del suelo cubierto por rastrojo.

Comprende tres posibilidades: la labranza reducida, es la reducción del número de operaciones de laboreo respecto a la labranza convencional, de esta manera es probable que quede una determinada cantidad de rastrojo sobre la superficie, la labranza es el mínimo laboreo indispensable para lograr una correcta implantación del cultivo, las ventajas fundamentales de los sistemas de labranza conservacionista se asocian a que deja cierta cantidad de rastrojo sobre la superficie, al haber menos o ninguna operación de laboreo, hay menos mineralización de materia orgánica, junto con la reducción del consumo de combustible, hace que se emita menos dióxido de carbono a la atmósfera contribuyendo a la reducción del efecto invernadero.

#### **2.2.13.2. Labranza mínima**

Studdert (2001), menciona que la labranza mínima, es la actividad de laboreo de suelo, sin dañar ni romper la relación suelo - planta, con ayuda de algunos implementos de labranza (arados, rastra, aporcadores, etc.) y herramientas agrícolas tradicionales, como raucana, picotas, arado de palo. Además de la labranza mínima es una práctica exitosa para reducir la pérdida del suelo por erosión y consiste en remover la menor cantidad posible de suelo, para crear las condiciones adecuadas para el enraizamiento de las pasturas. Esta práctica aumenta el almacenamiento de agua, mejora el control de malezas



e insectos del suelo, se reduce los costos por preparación del suelo, se mejora la estructura del suelo.

Oscanoa L. y Flores E. (2016), señalan que las zanjas de infiltración son una alternativa efectiva para el control de la erosión y la captación de agua de lluvia en laderas, pero estos aún con muy poca réplica a nivel del pequeño productor.

Proyecto Checua (2000), señala que la tasa de infiltración y la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo son superior reduciendo la evaporación del agua, creando condiciones adecuadas para la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas.

#### **2.2.14. Arado de disco**

Alvarado (2006), señala que la rastra de discos es una máquina agrícola empleada para realizar labranza secundaria o a veces también una primera labranza del suelo. Consta de un conjunto de casquetes esféricos de acero, de poca concavidad comparados con los del arado de discos, generalmente llamados discos o platos, montados sobre un eje común y solidarios con éste. También suelen realizar la primera labranza en un suelo con vegetación natural o desbroce, o desmonte de vegetación arbustiva.

#### **2.2.15. Arado de cincel**

Alvarado (2006), señala que el arado de cinceles es un arado de picos, ganchos o cinceles, que se introducen en el suelo, rompiéndolo sin voltearlo ni removerlo y dejando sobre la superficie del terreno los residuos de cosechas que ayudan a que la velocidad del agua sobre el suelo sea menor, disminuyendo con ello el peligro de erosión. La forma de mecanizar los suelos con un arado de cinceles es más flexible, ya que el operador puede acomodar más fácilmente el tractor con el apero en el campo y trabajar en cualquier sentido, porque al no voltear el suelo no se tiene que acomodar en el surco anteriormente arado.

#### **2.2.16. Arado de cadena**

Alvarado (2006), señala que la rastra de cadena o púas, son implementos para la labranza secundaria usada para nivelar áreas después del área después de la rastra de disco.

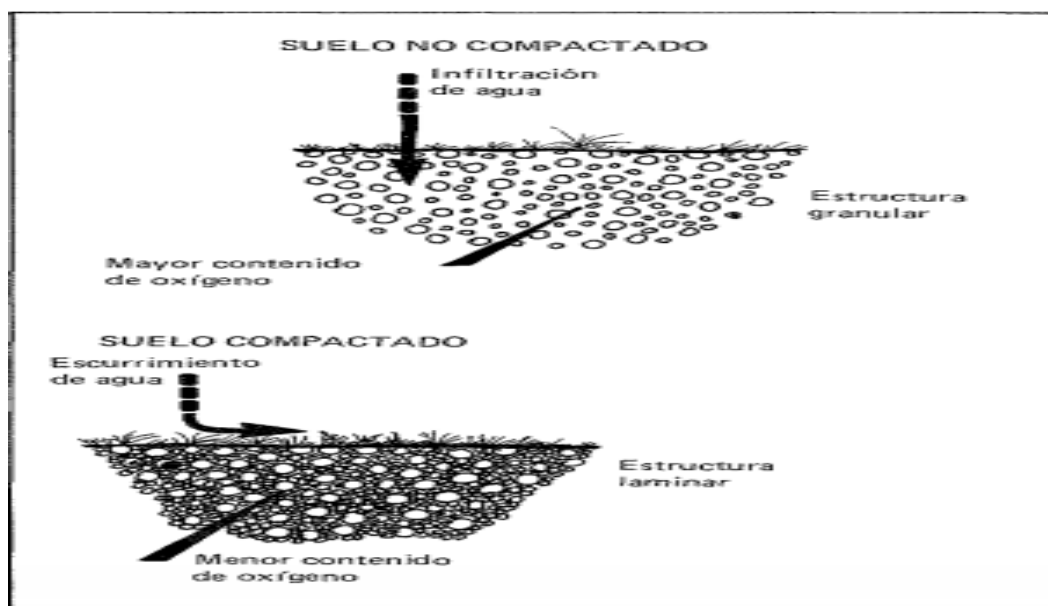
### **2.2.17. Métodos de evaluación de variables**

Farfán y Durant (1998), señala que cuando se habla de métodos de evaluación, se refieren a los atributos de la vegetación que pueden ser medidos cuantitativa y cualitativamente por ser de utilidad al usuario, los principales parámetros en estudio de los pastizales naturales en el Perú son: frecuencia, cobertura, peso de materia vegetal, composición botánica, altura, entre otros.

Según, Mendoza (2011), muy pocas son las experiencias que demuestran que en una pradera natural y la incorporación de sistemas de labranza, es una operación económicamente conveniente. Los métodos de monitoreo de los indicadores de respuesta de la vegetación son los siguientes:

#### **2.2.17.1. Compactación del suelo**

Horacio (1987), señala que el efecto inmediato la compactación es la reducción de la cantidad de poros (principalmente macro poros), cambiando la estructura del suelo de granular a laminar. Este fenómeno es mayor en suelos pesados -arcillosos y de textura fina- con cargas animales altas y con pastoreo continuo (Figura 2), como consecuencia de lo anterior, las plantas disminuyen su crecimiento debido a que se produce una menor disponibilidad de agua, producto de una lenta infiltración, de un mayor escurrimiento superficial y de una pérdida de capacidad de retención de agua del suelo. En la zona central se produce una disminución en la eficiencia de riego. Al mismo tiempo, la disminución del tamaño de los poros causa un mayor desnivel entre el oxígeno del suelo y el atmosférico. Cuando un suelo ha sido pastoreado intensamente por un largo período, es lógico suponer que se ha compactado. Para la implantación de una nueva pastura o un cultivo, es conveniente usar previamente un arado cincel que permita recobrar la estructura porosa original, mejorando la capacidad de retención de agua y la oxigenación.



**Figura 2.** Efecto del pisoteo sobre la estructura del suelo

La relación de los animales con la pastura no es mutuamente beneficiosa, como generalmente se presume, ya que un uso descuidado puede deteriorarla y no obtener la producción esperada con el ganado mencionado por Horacio López T. (1987).

Taboada (2007), señala que los efectos causados por el tránsito y el pisoteo de hacienda afectan primordialmente a la estructura del suelo pastoreado (tabla 3), esta estructura es el resultado neto de la acción competitiva entre fuerzas degradantes y fuerzas regenerativas. Las que están reguladas por la estabilidad estructural del suelo. Así también con la presión de compactación efecto del tránsito animal está relacionado con las presiones ejercidas sobre el suelo, lo cual es función de la masa del animal, el tamaño de su pezuña y la energía cinética, debe considerarse que estas presiones aumentan durante el pastoreo, pues al caminar los animales sólo apoyan dos o tres de sus pezuñas. Por otra parte, la cantidad de tránsito dependerá mucho de la disponibilidad de forraje, y la distancia a los bebederos. Sin embargo, debe considerarse que la unidad animal puede estar transitando hasta unas 8 – 13 horas por día y que el peso del animal empieza a compactar a una profundidad de 10 a 15 cm de profundidad del suelo.

**Tabla 2.** Peso comparativo, área de apoyo y presión estática de animales en pastoreo

Animal	Masa kg	Área total superficial cm <sup>2</sup>	Presión estática kg/ cm <sup>2</sup>
Ovino	40 – 54	55 – 84	0.489 - 0.846
Vacuno	306 – 612	264 – 460	0.999 - 1.959
Equino	400 – 700	736	0.551 - 0.969

Fuente: Taboada 2007.

Taboada (2007), señala que la respuesta del suelo al tránsito por animales depende del contenido hídrico que posee cuando es pastoreado. Esta influencia del pisoteo es principalmente de tipo físico-mecánico, pues afecta el estado de compactación de los primeros centímetros del suelo, cuando el suelo está más seco, el tránsito y pisoteo causan compactación del suelo, asociada con una pérdida de macro porosidad. Así como los procesos de compactación, cuando el suelo está próximo a la sequedad, su capacidad portante es máxima, y de este modo, la probabilidad de que sufra daño estructural. En cambio, cuando el suelo está húmedo, su capacidad portante es menor, y se vuelve propenso a sufrir compactación superficial. Esto no es otra cosa que la deformación del suelo superficial para soportar el peso del animal. Esta deformación se hace a expensas del espacio de macro poros. Debido a ello, todo daño por compactación implica necesariamente la ocurrencia simultánea de aumentos de densidad aparente y de resistencia superficial y descensos de macro porosidad y de infiltración y conductividad hidráulica saturada. La acción mecánica de la pezuña animal causa la pulverización de los agregados del suelo, causando a menudo también pérdidas de estabilidad estructural. El pisoteo afecta principalmente los macro poros de mayor diámetro, precisamente aquellos responsables de la vida de la fauna y los hongos del suelo y los lugares preferenciales de las raíces de los pastos.

#### 2.2.17.2. Humedad del suelo

Tapia N. y Flores O. (1984), señalan que los pastos naturales para su desarrollo dependen de la humedad del suelo y del contenido de nutrientes. Las praderas naturales, que normalmente se encuentran por encima de los 3800 m de altitud hasta los 4400m.

Ruiz y Tapia, (1987), señalan que el clima influye en la variación de la productividad primaria neta del pastizal que trasciende en aumento de biomasa durante la época húmeda y disminución en épocas áridas.

### 2.2.17.3. Densidad del suelo

Luque (1989), señalan que la organización de las partículas individuales del suelo en unidades mayores hace que el suelo sea un medio poroso, lo que permite establecer dos tipos de densidades, la densidad de las partículas (minerales y orgánicas) o densidad real y la del suelo en su conjunto o densidad de volumen o aparente.

#### 2.2.17.3.1. Densidad real o densidad de partícula

Luque (1989), señala que puesto que la materia orgánica pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales, la cantidad de ese constituyente en un suelo afecta marcadamente a la densidad de las partículas.

#### 2.2.17.3.2. Densidad aparente

La densidad aparente refleja la masa de una unidad de volumen de suelo seco y no perturbado, para que incluya tanto a la fase sólida como a la gaseosa englobada en ella (Tabla 3). Si el suelo es compacto, la densidad sube mencionado por Luque (1989).

**Tabla 3.** Valores críticos de densidad aparente en función de la textura

Textura	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )
Arenoso	1.50 – 1.80
Franco arenoso	1.40 - 1.60
Franco	1.30 – 1.50
Franco arcilloso	1.30 – 1.40
Arcilloso	1.20 – 1.30

Fuente: Luque (1989),

### 2.2.17.4. Porosidad del suelo

Luque (1989), señala que la porosidad son los huecos que dejan entre sí las partículas sólidas del suelo son poros, huecos que dejan las partículas y los agregados (Tabla 4).

Tienen contornos irregulares y están conectados entre ellos, lo que favorece la circulación de agua y aire, la clasificación de los poros del suelo son:

- a) **Micro poros.** Son los poros de menor tamaño, capaces de retener agua.
- b) **Macro poros.** Son los poros de mayor tamaño, por los que el agua circula pero no es retenida. Normalmente los macro poros están ocupados por aire, excepto cuando el agua está circulando por ellos.

**Tabla 4.** Valores orientativos de la porosidad total de un suelo y su interpretación

Interpretación de la porosidad del suelo	Porosidad total (%)
Muy baja	< 30
Baja	30 – 40
Media	40 – 50
Alta	50 – 60
Muy alta	> 60

Fuente: Castro y Amezquita (1991)

#### 2.2.17.5. Capacidad de infiltración

Delgadillo y Pérez (2016), medición de la infiltración del agua en el suelo, se realizó con el “método del doble anillo”. Esta es definida por el SCS del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (Tabla 5).

- **Lamina acumulada:** Es cantidad de agua expresada en centímetros que se percola en el suelo durante un tiempo determinado contado desde el momento de su aplicación. Si graficamos en escala aritmética los diferentes valores de lámina infiltrada en los diferentes espacios de tiempo obtendremos una curva ascendente, una recta en caso que graficamos utilizando escala logarítmica.
- **Velocidad de infiltración:** Es la relación entre la lámina que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo. Se expresa en cm/hr o en cm/min. La capacidad de infiltración está relacionado al tipo de suelo y compactación.

**Tabla 5.** Rangos de velocidad de infiltración básica según textura del suelo

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Velocidad de infiltración básica (mm/hr)</b>
Arenoso	Más de 30
Franco arenoso	20-30
Franco	10 a 20
Franco arcilloso	5 a 10
Arcillo	1-5

Fuente: Delgadillo y Pérez (2016)

La infiltración es el proceso de movimiento de agua en el suelo, por ello es importante para el diseño de un sistema de riego, debido a que varía con el tiempo y espacio.

#### **2.2.17.6. Composición florística**

Condori y Choquehuanca (2001), señala que la composición florística es el inventario o lista de especies presentes en unidades vegetales que se estudian se elaboran, mediante listas florísticas en parcelas de muestreo.

Farfán y Durant (1998), señalan que el objetivo de la medición es obtener el número de plantas de la misma especie por unidad de área de pradera nativa, las especies de gramíneas, gramínoideas y hierbas presentes en una pradera se agrupan en especies valiosas en especies deseables, poco deseables e indeseables al ganado.

#### **2.2.17.7. Cobertura vegetal**

Farfán y Durant (1998), señalan que la cobertura expresa la proporción de la superficie del suelo protegida por la vegetación u ocupada por una especie de planta. Puma (2014), señala que los métodos de cuadrante y transacción al paso, no cuenta con diferencia estadísticamente significativa.

#### **2.2.17.8. Altura de pasturas naturales**

Tapia N. y Flores O. (1984), señala que esta evaluación es recomendable evaluar antes y después de la instalación de los tratamientos con un año de clausura, se podrá observar un control de variación de existencia por tratamiento. La altura especies de pastizales, se determina para tres o cuatro especies, las más importantes y comunes del terreno, se mide

la máxima longitud foliar de las especies seleccionadas, con un mínimo de diez mediciones tomadas al azar.

#### 2.2.17.9. Rendimiento de biomasa

Astorga (1987), señala que los métodos utilizados para estimar la disponibilidad forrajera en pastizales, es más preciso y objetivo el “método de la cosecha”, permitiendo tomar decisiones más adecuadas respecto a la forma de uso del pastizal.

Choque (2012), señala que la hectárea es agrónomicamente la unidad preferida de producción sobre otras de difusión local, principalmente porque corresponde a una expresión de la escala decimal (10.000 veces un metro cuadrado).

#### 2.2.17.10. Carga animal

Flores, E. (1992), señala la carga animal óptima es el factor de manejo más importante, que determina la producción de la pradera y la productividad por animal, ya que cualquiera sea el sistema de pastoreo, funcionará mejor con una carga adecuada, para calcular la carga adecuada se debe de conocer la producción de pasto en la materia seca (MS) por hectárea, el grado de uso recomendable y la cantidad de materia seca para alimentar durante el año.

Choque (2012), señala que en pastoreo ideal los animales consuman el 50% de la producción total de materia verde de una pradera nativa, siendo 0.50 el factor de uso apropiado. El consumo de materia seca por ganado el vacuno consume en promedio 2.4 a 3 % de su peso vivo en materia seca, la alpaca consume 1.8 y 2.8 % de su peso vivo en materia seca, el ovino mejorado consume el 3.2 % de materia seca de su peso corporal. (Tabla 6).

**Tabla 6.** Estimado de consumo de materia seca (MS) para especies de animales

Especie animal	N° de U.A	Peso vivo (kg)	Consumo de materia seca kg./UA/día	Consumo de materia seca kg./UA/año
Vacunos	1.00	400.00	12.00	4380.00
Ovinos	1.00	35.00	1.12	408.80
Alpacas	1.00	55.00	1.27	463.55

Fuente: Choque (2012)



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar experimental

El presente proyecto fue desarrollado en la Estación Experimental Agraria Illpa INIA – Puno, ubicado en la parte noroeste de la ciudad de Puno a 19 Km aproximadamente de la vía Puno - Juliaca, se encuentra ubicado en el Distrito de Paucarcolla, Provincia de Puno, del Departamento de Puno - Perú, está comprendida en la región natural Suni, coordenadas UTM X: 384320 y Y: 8264980 a una altitud 3823 m.s.n.m., con una precipitación de 616 mm/año, el presente trabajo de investigación tuvo una duración de 15 meses entre: enero de 2017 a abril del 2018, para evaluar los parámetros establecidos en los objetivos, la ubicación se muestra Figura 38 del Anexo.

#### 3.2. Datos meteorológicos

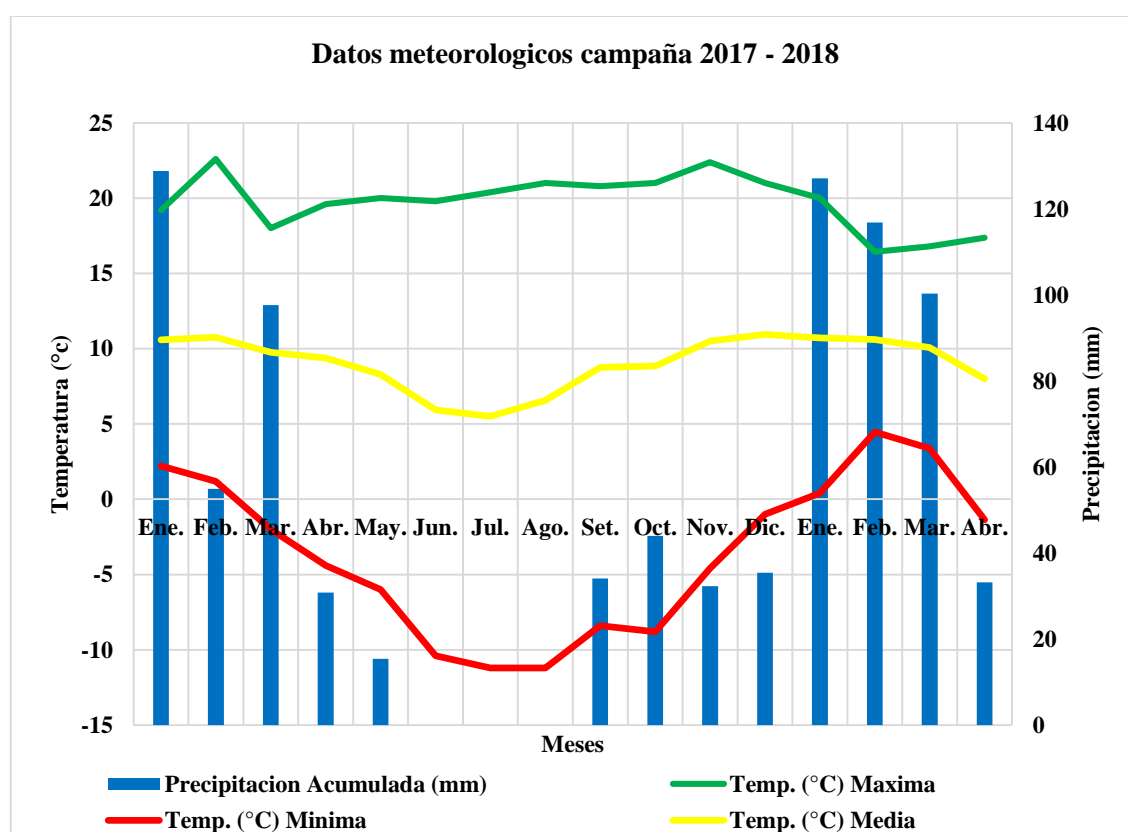
La temperatura ambiental y precipitación se aprecia en la Tabla 7, del periodo experimental (campaña agrícola 2017 – 2018), fueron obtenidos de la estación meteorológica INIA – Illpa, Puno, cuya representación se observa en la Figura 3.

**Tabla 7.** Temperatura (°C) y precipitación mensual (mm), campaña agrícola 2017– 2018

Meses	Temp. (°C) Máx.	Temp. (°C) Mín.	Temp. (°C) Media	Precipitación Acumulada (mm)
Enero	19.2	2.2	10.59	128.8
Febrero	22.6	1.2	10.75	54.9
Marzo	18	-2	9.76	97.6
Abril	19.6	-4.4	9.38	30.8
Mayo	20	-6	8.29	15.4
Junio	19.8	-10.4	5.93	0
Julio	20.4	-11.2	5.51	0
Agosto	21	-11.2	6.56	0
Setiembre	20.8	-8.4	8.76	34.1
Octubre	21	-8.8	8.85	44
Noviembre	22.4	-4.6	10.5	32.3
Diciembre	21	-1	10.95	35.4
Enero	20	0.4	10.72	127.1
Febrero	16.43	4.46	10.6	116.8
Marzo	16.79	3.37	10.08	100.3
Abril	17.37	-1.37	8	33.2

Fuente: Estación Experimental Agraria INIA – Illpa, 2018.

De acuerdo a los datos presentados en la tabla anterior, en los meses de Febrero 2017 a Abril del 2018 se registró el promedio temperaturas mínimas más bajas en plena campaña agrícola con -11.20 correspondientes a los meses de julio y agosto del 2017; mientras que las temperaturas máximas más extremas llegándose a registrar 22.40, 22.60 °C correspondientes a los meses noviembre y febrero del 2017 respectivamente. También se llegó a registrar temperaturas medias más altas en febrero del 2017 y enero del 2018 con 10.75 y 10.72 °C. Además podemos ver el comportamiento de la precipitación siendo los meses de enero del 2017 y enero del 2018 con 128.8 y 127.10 mm, Mientras que entre los meses de junio, julio y agosto no se presentaron precipitaciones.



**Figura 3.** Temperatura ambiental y precipitación pluvial registrada

De acuerdo a los datos anteriores nos muestra que hubo 850.7 mm de precipitación total de enero del 2017 a abril del 2018.

### **3.3. Material experimental**

#### **3.3.1 Pradera nativa compactada elegida**

La pradera nativa elegida fue de una condición muy pobre (sobre pastoreada y compactada) con las siguientes especies nativas dominantes por gramíneas “chilligua” (*Festuca dolichophylla*), “chiji” (*Muhlenbergia fastigiata*), grama salada (*Distichlis humilis*) y con una disponibilidad del materia seca muy baja.

#### **3.3.2. Maquinaria agrícola**

Se utilizó un tractor agrícola de propiedad de la Estación Experimental Agraria Illpa INIA - Puno.

#### **3.3.3. Labranza del suelo**

Para las respectivas labranzas se requirió rastras de propiedad de la Estación Experimental Agraria Illpa INIA - Puno.

##### **3.3.3.1. Rastra de disco**

Para la respectiva labranza se utilizó una rastra de discos o grada de discos con 12 unidades de discos.

##### **3.3.3.2. Rastra de cincel o surcador**

Para la respectiva labranza se empleó una rastra de cincel o surcador con 4 unidades de uñas.

##### **3.3.3.3. Rastra de cadena o púas**

Para la respectiva labranza se requirió una rastra de cadena o púas con 24 unidades de mini uñas.

### 3.3.4. Materiales y equipos

#### 3.3.4.1 Materiales de campo

Se usó barreno de mano, pico, cilindro biselado, cinta métrica, cinta métrica de 50 metros, anillo metálico, tijeras, cuadrante de 0.5 m x 1.0 m, bolsas de plástico, etiquetas, cuaderno de campo, bolígrafo y lápiz.

#### 3.3.4.2. Materiales y equipos de laboratorio

Se acudió al uso de los materiales y equipos del Programa Pastos y Forrajes de la Estación Experimental Agraria Illpa INIA – Puno; para la determinación compactación, humedad, densidad aparente, porosidad del suelo e infiltración del agua en el suelo así como la composición florística y producción de forraje.

### 3.4. Tratamientos en estudio

En el presente trabajo de investigación se estudió tres sistemas de labranza en una pradera nativa compactada de condición muy pobre cuyos tratamientos se enumeran a continuación:

- Tratamiento 1: Labranza con una rastra de discos.
- Tratamiento 2: Labranza con una rastra de cincel o surcador,
- Tratamiento 3: Labranza con una rastra de cadena o púas.
- Tratamiento 4: Labranza cero (testigo).

**Tabla 8.** Distribución de tratamientos (sistemas de labranza) en estudio

N°	Tratamientos de labranza	Tipo de labranza	Implemento de labranza	Código
1	Mecánica	Con labranza	Con rastra de disco	Rastra de disco
2	Mecánica	Con labranza	Con rastra de cincel o surcador	Rastra de cincel
3	Mecánica	Con labranza	Con rastra de cadena o púas	Rastra de cadena
4	Sin mecanización	Sin labranza	Sin el uso de rastra	Testigo

### 3.5. Características del campo experimental

#### a) Bloque

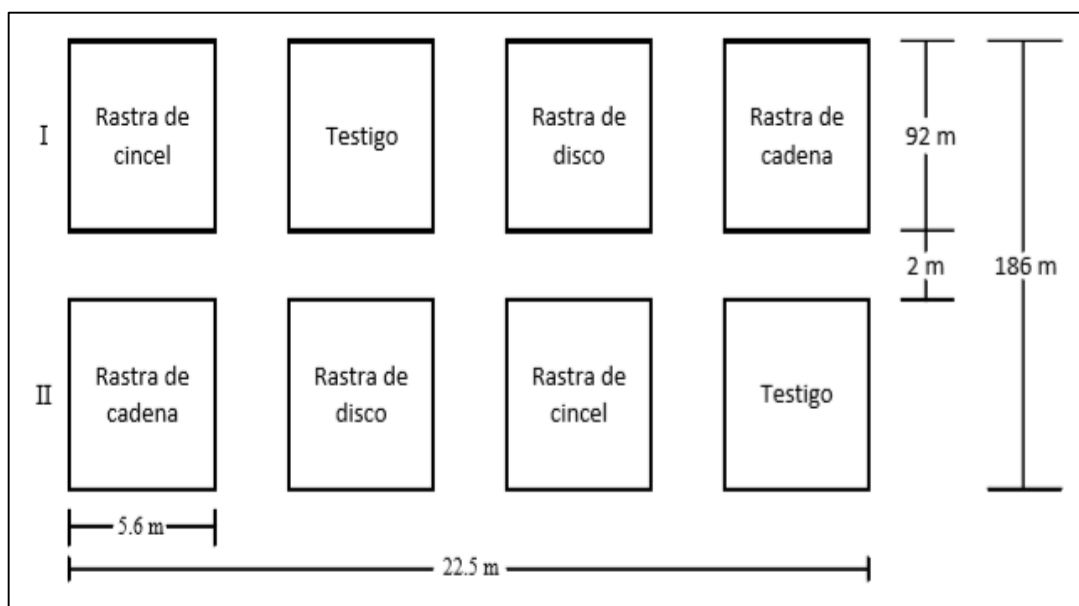
- Número de bloques : 2
- Largo : 92 m
- Ancho : 22.5 m
- Área : 2070 m<sup>2</sup>
- Distancia entre bloques : 2.0 m

#### b) Parcela

- Número de parcelas : 8
- Largo : 92 m
- Ancho : 5.6 m
- Área : 515.2 m<sup>2</sup>
- Distancia entre parcelas : 0 m

#### c) Área experimental

- Largo del campo experimental : 186 m
- Ancho del campo experimental : 22.5 m
- Área total del campo experimental : 4186 m<sup>2</sup>



**Figura 4.** Croquis aleatorizado de sistemas de labranza

### 3.6. Diseño experimental, procesamiento de datos y análisis estadístico

Para la distribución de los tratamientos en estudio dentro del campo experimental y para procesar la base de datos, se utilizó un diseño de con bloque completo al azar (DBCA), con sistemas de labranza con 4 tratamientos y dos repeticiones, haciendo un total de 8 unidades experimentales.

El procesamiento y análisis de datos se realizó a través de los siguientes pasos:

- Recopilación de datos en registros y la elaboración de base de datos en hoja de cálculo Excel.
- Análisis de datos para el diseño de bloque completo al azar.
- Interpretación de la información estadística obtenida.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con dos bloques y cuatro tratamientos constituidos por los sistemas de labranza.

#### a) Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta observada o medida en el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo bloque.

$\mu$  = media general de la variable de respuesta

$\beta_j$  = efecto j-esimo bloque siendo, numero de bloques.

$\alpha_i$  = efecto de i-esimo tratamiento siendo.

$\varepsilon_{ij}$  = error asociado a la ij-ésima unidad experimental.

#### b) Transformación de datos

Los valores expresados en porcentaje, como es el caso del contenido de humedad del suelo, composición florística, cobertura vegetal y prueba de porosidad, se han

transformado en valores angulares arco seno ( $Y = \arcseno\sqrt{\text{porcentaje}}$ ), para realizar el análisis de variancia.

### c) Análisis de variancia

Los datos de las variables de respuesta se sometieron al análisis de variancia, cuyos fuentes de variación se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 9.** Análisis de variancia del experimento

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Bloques	$b - 1 = 2 - 1 = 1$
Tratamientos	$t - 1 = 4 - 1 = 3$
Error experimental	$(b - 1) * (t - 1) = (2 - 1) * (4 - 1) = 3$
Total	$(b * t) - 1 = (2 * 4) - 1 = 7$

### 3.7. Variables de respuesta y observaciones

Los variables de respuesta y observaciones que se evaluaron momentos antes de los diferentes sistemas de labranza y a un año de clausura fueron:

- Compactación del suelo inicial y final ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- Humedad del suelo (%)
- Temperatura del suelo ( $^{\circ}\text{C}$ )
- Densidad del suelo ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
- Prueba de porosidad (%)
- Prueba de infiltración ( $\text{mm}/\text{hr}$ )
- Composición florística inicial y final (%)
- Cobertura vegetal inicial y final (%)
- Altura de planta inicial y final (cm)
- Rendimiento de materia verde inicial y final ( $\text{kg}/\text{ha}$ )
- Carga animal optima inicial y final ( $\text{UA}/\text{ha}$ )

### **3.8. Estrategia operativa y evaluación de variables**

#### **3.8.1. Elección de pradera nativa y demarcación de parcelas**

Se coordinó con el personal del Programa Pastos y Forrajes - Puno, una vez seleccionado el área sobre pastoreada y compactada en la Estación Experimental Agraria Illpa INIA - Puno. Se marcaron los bloques y parcelas con su respectiva calle se realizó con la ayuda de una cinta métrica, cordel, yeso y estacas.

#### **3.8.2. Aplicación de sistemas de labranza**

Se establecieron 4 sistemas de labranza que imponían diferentes grados de perturbación sobre el suelo. La instalación del campo experimental se realizó con un tractor agrícola con una potencia de 110HP. Esta labor se realizó con el jefe de equipo de maquinaria de la Estación Experimental Agraria Illpa Puno.

##### **3.8.2.1. Labranza con “Rastra de disco”**

Para la instalación de tratamiento 1 en el campo experimental se realizó la instalación de la rastra de disco al tractor para la respectiva labranza, esta se realizó con una profundidad de 5 a 8 cm del suelo con una rastra de 12 discos.

##### **3.8.2.2. Labranza con “Rastra de cincel”**

Para la instalación de tratamiento 2 en el campo experimental se realizó la instalación de la rastra de cincel, en el tractor para la respectiva labranza, esta labranza se realizó con una profundidad de 8 a 10 cm del suelo con una rastra de 4 uñas.

##### **3.8.2.3. Labranza con “Rastra de cadena”**

Para la instalación de tratamiento 3 en el campo experimental se realizó la instalación de la rastra de cadena, en el tractor para la respectiva labranza, esta labranza se realizó con una profundidad de 1 a 3 cm del suelo,

##### **3.8.2.4. Labranza cero “Testigo”**

No se realizó ninguna labranza, debido a que es una labranza cero, testigo.



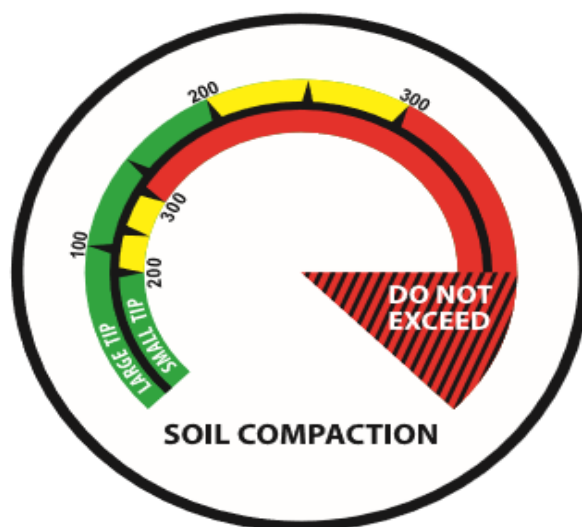
### 3.9. Evaluaciones realizadas

Las evaluaciones iniciales fueron proporcionadas por el Informe Técnico Financiero (ITF) II y III semestre 2017 del Proyecto 096\_PI del Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA) en la Estación Experimental Agraria Illpa INIA – Puno.

La metodología del experimento y el procedimiento que se empleó para medir y evaluar las variables de respuesta en el presente trabajo de investigación fueron los siguientes:

#### 3.9.1. Compactación del suelo

El medidor de compactación de los suelos es un penetró metro que mide la compactación del suelo y se basa en el estándar ASAE S313.3. El medidor se suministra con dos puntas: una punta pequeña ( $1/2'' = 1,25$  cm de diámetro) para utilizar en suelos firmes y una punta grande ( $3/4'' = 1,90$  cm de diámetro) para usar en suelos blandos, el cuadrante tiene dos escalas (una para cada punta) que se calibran en lbs, por pulgada cuadrada (psi, por su abreviatura en inglés) del área base de la punta en forma de cono, (figura 5).



**Figura 5.** Cuadrante codificado por colores (Psi)

El cuadrante es codificado con colores: Verde (0 a 200 psi. 0 a 13,61 atmósferas) buenas condiciones para el cultivo Amarillo (200 a 300 psi. 13,61 a 20,41 atmósferas) condiciones regulares para el cultivo Rojo (300 psi y más alto. 20,41 atmósferas y más alto) malas condiciones para el cultivo. Estos son datos: pounds – forcé per squareinch (Psi) = (lb/pulg<sup>2</sup>) la unidad de aparición en el sistema anglosajón como se convirtió de lb/pulg<sup>2</sup> a kg/cm<sup>2</sup>

$$X \text{ Psi} = X \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lb}} * \frac{1^2 \text{ pulg}^2}{2.54^2 \text{ cm}^2}$$

$$\text{Psi} = \frac{\text{kg}}{14.2 \text{ cm}^2}$$

El penetrometro (Soil Compaction Tester), fue proporcionado por el Programa de Pastos y Forrajes de la Estación Experimental Agraria Illpa INIA – Puno, el penetrometro, identifica la profundidad en la cual se encuentra la capa endurecida del suelo, por medio de una presión constante en el suelo, nos ayuda a identificar la capa endurecida del suelo (kg/cm<sup>2</sup>) y a que profundidad del suelo ejerce mayor resistencia a la penetración (cm), se realizaron 2 evaluaciones, inicial y final, la primera antes de los efectos de sistemas de labranza (enero de 2017) y la segunda al año de clausura (mayo 2018), esta evaluación se realizó aleatoriamente obteniendo 20 datos dentro de cada parcela experimental.

### 3.9.2. Humedad del suelo

Las muestras de suelo se obtuvieron con el uso de un pico o barreno, a una profundidad de 15 a 20 cm, cada día 30 de cada mes en horario de 7.30 am, las muestras se pusieron en una bolsa plástica con su respectiva etiqueta, obteniendo 5 muestras dentro de cada parcela experimental, se evaluaciones se realizaron desde el mes de febrero del año 2017 hasta el mes de abril del año 2018, para la obtención de promedio de anual de humedad, estas muestras recién extraídas del suelo se pesaron con una balanza analítica para obtener el peso de muestra de suelo húmedo (PSH), en el Laboratorio del Programa Pastos y Forrajes de la Estación Experimental Agraria Illpa INIA - Puno, luego se procedió al secado de las muestras en una estufa eléctrica a una temperatura de 105°C por un tiempo de 24 horas, para obtener el peso de muestra de suelo seco (PSS), pasado este tiempo se retiraron las muestras y se pesaron inmediatamente, luego por diferencia del peso de muestra de suelo húmedo y seco, se determinó el porcentaje de humedad del suelo (H %), mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad del suelo (\%)} = \frac{\text{Peso de suelo húmedo} - \text{Peso de suelo seco}}{\text{Peso de suelo seco}} * 100$$

### 3.9.3. Densidad aparente del suelo

Las muestras de suelo para la densidad aparente del suelo con un pico, martillo, cuchillo y un cilindro biselado de (95.42 cm<sup>3</sup>) a una profundidad de 0 a 20 cm, las muestras obtenidas se pusieron en una bola plástica con su respectiva etiqueta, obteniendo una muestra dentro de cada parcela experimental, estas muestras recién extraídas del suelo se pesaron con una balanza analítica en el Laboratorio del Programa Pastos y Forrajes de la Estación Experimental Illpa INIA - Puno, para la obtención de la densidad real o de partícula (Dr), luego se procedió al secado de las muestras en una estufa eléctrica a una temperatura de 105 °C por un tiempo de 24 horas, hasta obtener la muestra de suelo seco, pasado este tiempo se retiraron las muestras y se pesaron inmediatamente para la obtención de la densidad aparente (Da), mediante la fórmula:

$$\text{Densidad de partícula (gr/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de suelo humedo}}{\text{Volumen del cilindro}}$$

$$\text{Densidad aparente (gr/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de suelo seco}}{\text{Volumen del cilindro}}$$

### 3.9.4. Porosidad del suelo

Esta evaluación se realizó al año de clausura por efecto de sistemas de labranza en mayo del 2018. Para la obtención de la porosidad del suelo se requiere los datos de densidad real o de partícula (Dr) y la densidad aparente (Da) con la siguiente formula:

$$\text{Porosidad (\%)} = \frac{\text{Densidad de partícula} - \text{Densidad aparente}}{\text{Densidad de partícula}} * 100$$

### 3.9.5. Prueba de infiltración

Para la evaluación de infiltración de suelo se realizó el “método de doble anillo”, en cada parcela de estudio se seleccionó un área con el uso de una comba y bloque de madera se introdujo el infiltró metro doble anillo hasta una profundidad aproximada de 10 cm, el infiltró es de 2 mm de espesor fue fabricado en material metálico de medidas de 40 cm

de altura con 40 cm de diámetro (anillo externo) y 40 cm de altura con 30 cm de diámetro (anillo interno), luego de fijarse los anillos en el suelo se cubrió la parte interna con una capa de plástico con el objeto de amortiguar el golpe del agua al momento del vaciado del agua, se enrazó el nivel de agua hasta una medida conocida y se dio inicio a la lectura inmediatamente después de liberar el plástico de amortiguación, esta evaluación se realizó al año de clausura por efecto de sistemas de labranza (mayo 2018), las lecturas fueron realizadas en cm/min hasta encontrar la constancia de las dos últimas lecturas, para la obtención de infiltración acumulada ( $I_{cum}$ ) y la velocidad de infiltración básica ( $I_b$ ) se requieren las siguientes formulas:

$$I = at^b; I_{cum} = At^B; \quad t_b = -10b.$$

Donde:

$t_b$  = Es el tiempo en horas para alcanzar la infiltración básica.  $I_b = a^*(t_b)^b$ .

Infiltración instantánea, los datos de A y B, son obtenidos con la ayuda del programa Excel.

$$B = b + 1; b = B - 1; A = a/B; a = A*B.$$

### 3.9.6. Composición florística

Para determinar la composición florística de la pradera se usó el método de transecto al paso, que consiste en: estirar una cinta métrica de 30 metros de largo y censo de la vegetación con anillo metálico (3/4) de pul (22.5 mm). La evaluación se realizó cada 30 cm cuidando de colocar el anillo censador siempre por el mismo lado de la cinta métrica estirada obtenido 100 observaciones, las anotaciones se registraron en un formulario especial llamado formato de transecto al paso, describiendo cada especie con una clave, efectuando 3 transectos dentro de cada parcela experimental para obtener un promedio en porcentaje (%), se realizaron 2 evaluaciones, inicial y final, la primera antes de los efectos de sistemas de labranza (enero de 2017) y la segunda al año de clausura (abril 2018), para cada evaluación se lleva a tener tantas hojas como número de transectos efectuados, con la información obtenida con los registros de campo, se realizó el conteo, con el programa, Excel, cuántas veces se repite una especie vegetal, clasificando así los pastos por: deseables, poco deseables, indeseables y sin valor forrajero, luego

relacionándolas al 100 %. Se determinó la composición florística (CF) utilizando la siguiente fórmula:

$$CF (\%) = \frac{\text{N}^\circ \text{ Total de individuos de una especie}}{\text{Total numero de toques del anillo}} * 100$$

### 3.9.7. Cobertura vegetal

El porcentaje de la cobertura vegetal se estimó por el método de los puntos en línea, considerando la suma de especies deseables, poco deseables e indeseables, se realizaron 2 evaluaciones, inicial y final, la primera antes de la aplicación de sistemas de labranza (enero de 2017) y la segunda al año de clausura (abril 2018). Se determinó la cobertura vegetal utilizando la siguiente fórmula:

$$CV (\%) = \frac{\text{Suma total de especies deseables, poco deseables e indeseables}}{\text{Total de numero de toques}} * 100$$

### 3.9.8. Altura de especies nativas dominantes

La altura de los pastos naturales por tratamiento en estudio se midió con una cinta métrica desde el ras de la superficie del suelo hasta la parte terminal del tallo donde se inserta la inflorescencia, efectuando la evaluación al azar midiendo 10 pastizales nativos dentro de cada parcela experimental, se realizaron 2 evaluaciones, inicial y final, la primera antes de los efectos de sistemas de labranza (enero de 2017) y la segunda al año de clausura (abril 2018), para obtener un promedio en centímetros, los pastos nativos evaluados son: las especies dominantes fueron: “chilligua” (*Festuca dolichophylla*) y “chiji” (*Muhlenbergia fastigiata*).

### 3.9.9. Rendimiento de materia verde

Para el rendimiento de materia verde de la pradera nativa, se realizó con el método de cosecha, con el instrumento denominado marco rectangular de m<sup>2</sup> (1.0 m x 0.5 m); sugerida por Farfán y Durant (1998), se realizó la cosecha al ras del suelo con una tijeras, cúter y una hoz las muestras de cosecha se pusieron en bolsas plásticas con su respectivas etiquetas, obteniendo 3 muestras dentro de cada parcela experimental, las muestras son

llevadas al invernadero de Programa Pastos y Forrajes de la Estación Experimental Agraria Illpa – Puno, en la que se separó las especies de gramíneas, graminoides, hierbas y senescencia, luego se pesó el forraje verde cosechado, con estos datos se procede al cálculo de los rendimientos de materia verde expresados en kg/ha, se realizaron 2 evaluaciones, inicial y final, la primera antes de los efectos de sistemas de labranza (enero de 2017) y la segunda al año de clausura (abril 2018), las muestras de forraje verde que se obtuvieron por cada parcela experimental, se secaron en una estufa eléctrica a una temperatura de 65°C por un tiempo de 48 horas, hasta obtener un peso constante, pasado este tiempo se retiraron las muestras y se pesaron inmediatamente, luego por diferencia del peso en materia verde y materia seca, se determinó el porcentaje de humedad (H) y porcentaje de materia seca (MS), para los cálculos se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$H (\%) = \frac{\text{Peso de materia verde} - \text{Peso de materia seca}}{\text{Peso de materia verde}} * 100$$

$$MS (\%) = 100 - H (\%)$$

### 3.9.10. Determinación de carga animal óptima

Se realizaron 2 evaluaciones, inicial y final, la primera antes de sistemas de labranza (enero de 2017) y la segunda al año de clausura (abril 2018). Para la determinación de carga animal óptima (CAO) se midió la disponibilidad de materia seca de por hectárea año (DMSH), también conocer el factor de uso apropiado para praderas nativas (50 %) y el consumo de materia seca por unidad animal kg MS/año (Tabla 7), se determinó la capacidad de carga animal utilizando la siguiente fórmula:

$$CAO = \frac{(DMSH) * \text{Factor de uso apropiado}}{\text{Consumo de unidad animal MS kg/año}}$$

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Compactación del suelo

En el análisis de variancia para la compactación del suelo por efectos de sistema de labranza (Tabla 10), no existe diferencia estadística para los bloques, para los tratamientos (sistema de labranza) con rastras de disco, cincel, cadena y testigo existe una diferencia significativa estadísticamente. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad (C.V.) fue 3.1 %, indicando que el experimento ha sido conducido en forma confiable, D.A.N.E (2005).

**Tabla 10.** Análisis de variancia de compactación del suelo ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), por efecto de sistema de labranza

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	1	0.02	0.02	0.03	10.128	34.116	N.S.
Tratamientos	3	39.34	13.11	16.40	9.277	29.460	*
Error experimental	3	2.40	0.80				
Total	7	41.76	5.97				
C.V.= 3.1 %		$\bar{X}=28.44 \text{ kg}/\text{cm}^2$					

En la Tabla 11, se muestra la prueba de comparación de Duncan ( $P \leq 0.05$ ), donde se aprecia que la mayor compactación del suelo corresponde al testigo  $31.30 \text{ kg}/\text{cm}^2$  y rastra de cadena  $29.81 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , siendo ambos estadísticamente similares y superan a las labranzas con rastra de disco  $26.92 \text{ kg}/\text{cm}^2$  y rastra de cincel  $25.74 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , es evidente que estos sistema de labranza redujeron el nivel compactación del suelo con respecto a la labranza cero testigo.

**Tabla 11.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para la compactación del suelo ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), por efecto de sistemas de labranza

Orden de merito	Sistema de labranza	Compactación del suelo ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
Primero	Testigo	31.30 a
Segundo	Rastra de cadena	29.81 a
Tercero	Rastra de disco	26.92 b
Cuarto	Rastra de cincel	25.74 b

En la Tabla 12, la evaluación inicial de la compactación del suelo fue de 32.5 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando que la pradera nativa estaba muy compactada ejerciendo una resistencia a la penetración, la diferencia de la compactación inicial y final muestra una gran diferencia por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de cincel 6.76 kg/cm<sup>2</sup>, rastra de disco 5.58 kg/cm<sup>2</sup>, rastra de cadena 2.69 kg/cm<sup>2</sup> y con respecto testigo 1.2 kg/cm<sup>2</sup>. El cambio muestra una disminución de compactación por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de cincel en 20.80 %, rastra de disco en 17.17 % y rastra de cadena en 8.28 % y testigo en 3.69 %, estos datos nos muestran que el nivel de compactación disminuye y lo hace un buen recurso en lugares sobre pastoreados y compactados.

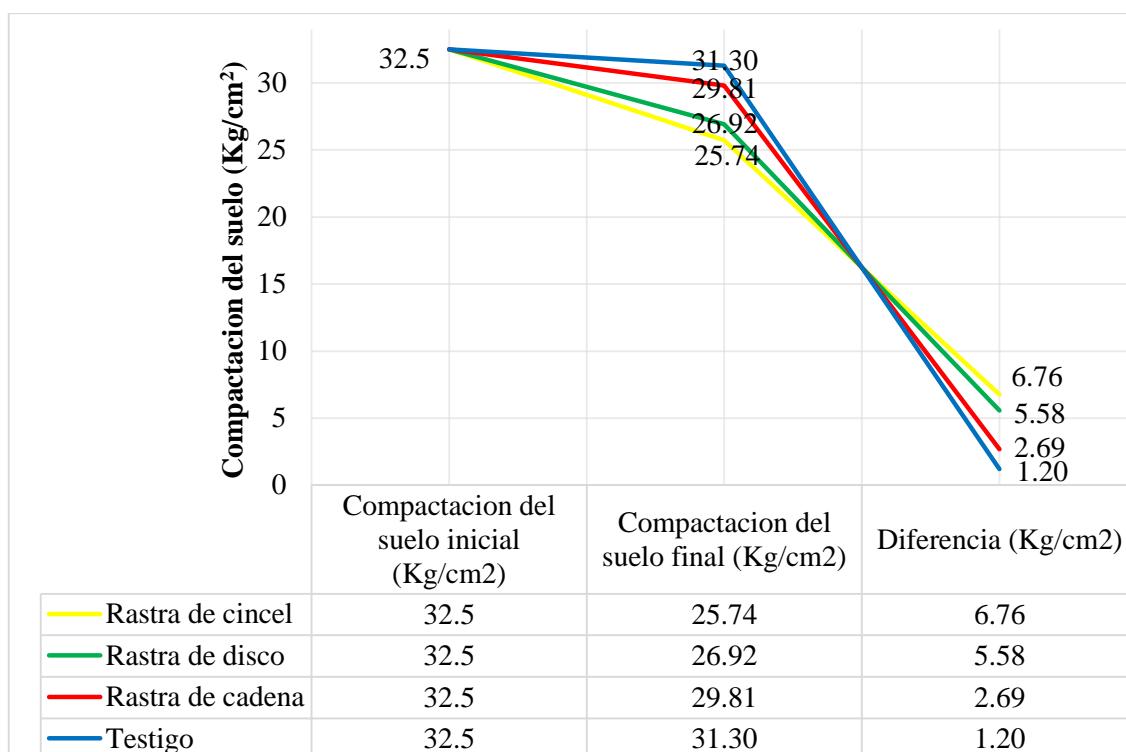
**Tabla 12.** Cambio en la compactación inicial y final del suelo (kg/cm<sup>2</sup>), por efecto de sistema de labranza

Sistema de labranza	Compactación inicial (kg/cm <sup>2</sup> )	Compactación final (kg/cm <sup>2</sup> )	Diferencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Cambio (%)
Rastra de cincel	32.5	25.74	6.76	-20.80
Rastra de disco	32.5	26.92	5.58	-17.17
Rastra de cadena	32.5	29.81	2.69	-8.28
Testigo	32.5	31.3	1.2	-3.69

Fuente: Evaluación inicial en base a la información obtenida en censos de vegetación en la Unidad Experimental EEA-Illpa. Proyecto 96 (PNIA).

En la figura 6, se observa el comparativo de la compactación inicial y final. Claramente disminuyen su compactación por los efectos de sistema de labranza a un año de clausura, en donde el sistema de labranza con rastra de cincel obtuvo una mejor des compactación con 6.76 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que con rastra de disco tubo una des compactación de 5.58 kg/cm<sup>2</sup>, la rastra de cadena muestra una descompactacion de 2.69 kg/cm<sup>2</sup> y con respecto al testigo muestra una des compactación de 1.2 kg/cm<sup>2</sup>, estos resultados muestran que el sistema de labranza mínima con rastra de cincel y disco alcanzo la mayor niveles de des compactación en el suelo.





**Figura 6.** Compactación del suelo (kg/cm<sup>2</sup>) inicial y final, por efecto de sistemas de labranza

Estos resultados de compactación del suelo son superiores a la evaluación inicial, lo cual es respaldado por Taboada (2007), que señala que el efecto causado por el tránsito y el pisoteo afectan primordialmente a la estructura del suelo pastoreado esta estructura es el resultado neto de la acción competitiva entre fuerzas degradantes y fuerzas regenerativas. Además el proyecto Checua (2000), muestra que con la implementación de sistemas de labranza, tiene varios efectos positivos en el suelo, aumenta la retención de agua, la estabilidad de los agregados y la importancia de menor pérdida de carbono en forma de CO<sub>2</sub>, esto se pudo comprobar que el testigo cuenta con una des compactación muy lenta al año de clausura, pero la disminución de compactación de suelo a un año de clausura por el efecto de sistemas de labranza mínima es mayor facilitando la profundidad efectiva del suelo. Poco se sabe de la compactación que ejerce los animales en pastoreo en las praderas nativas naturales y sería muy conveniente estudiar el desarrollo de la compactación de ganado vacuno, ovino y camélido sudamericano.

**4.2. Profundidad efectiva del suelo**

En el análisis de varianza para la profundidad efectiva del suelo por efectos de sistema de labranza (Tabla 13), se encontró diferencia significativa para los bloques, para los

tratamientos (sistema de labranza), con rastras de disco, cincel, cadena y testigo existe una diferencia altamente significativa estadísticamente. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad (C.V.) es 5.7 %, indicando que el experimento ha sido conducido en forma confiable, D.A.N.E (2005).

**Tabla 13.** Análisis de variancia de la profundidad efectiva del suelo (cm), por efecto de sistema de labranza

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	1	4.98	4.98	29.19	10.128	34.116	*
Tratamientos	3	95.38	31.79	186.19	9.277	29.460	**
Error experimental	3	0.51	0.17				
Total	7	100.88	14.41				

C.V.= 5.7 %       $\bar{X}$ = 7.19 cm

En la Tabla 14, se muestra la prueba de comparación de Duncan ( $P \leq 0.05$ ), donde se aprecia que la mayor profundidad efectiva del suelo corresponde a la rastra de cincel 10.79 cm y rastra de disco 10.50 cm, siendo ambos estadísticamente similares y superan a las labranzas con rastra de cadena 3.84 cm y labranza cero (testigo) 3.65 cm, es evidente que estos sistema de labranza aumenta la profundidad efectiva del suelo con respecto a la labranza cero testigo.

**Tabla 14.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) profundidad efectiva del suelo (cm), por efecto de sistemas de labranza

Orden de merito	Sistema de labranza	Profundidad del suelo (cm)
Primero	Rastra de cincel	10.79 a
Segundo	Rastra de disco	10.50 a
Tercero	Rastra de cadena	3.84 b
Cuarto	Testigo	3.65 b

En la Tabla 15, la evaluación inicial muestra la profundidad efectiva del suelo llega a 3 cm, ejerce una resistencia a la penetración, la diferencia de penetración del suelo inicial y final muestra una gran diferencia de evaluaciones del efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de cincel (7.79 cm), rastra de disco (7.5 cm) y rastra de cadena (0.84 cm). El cambio muestra un aumento en la penetración del suelo, por efecto de

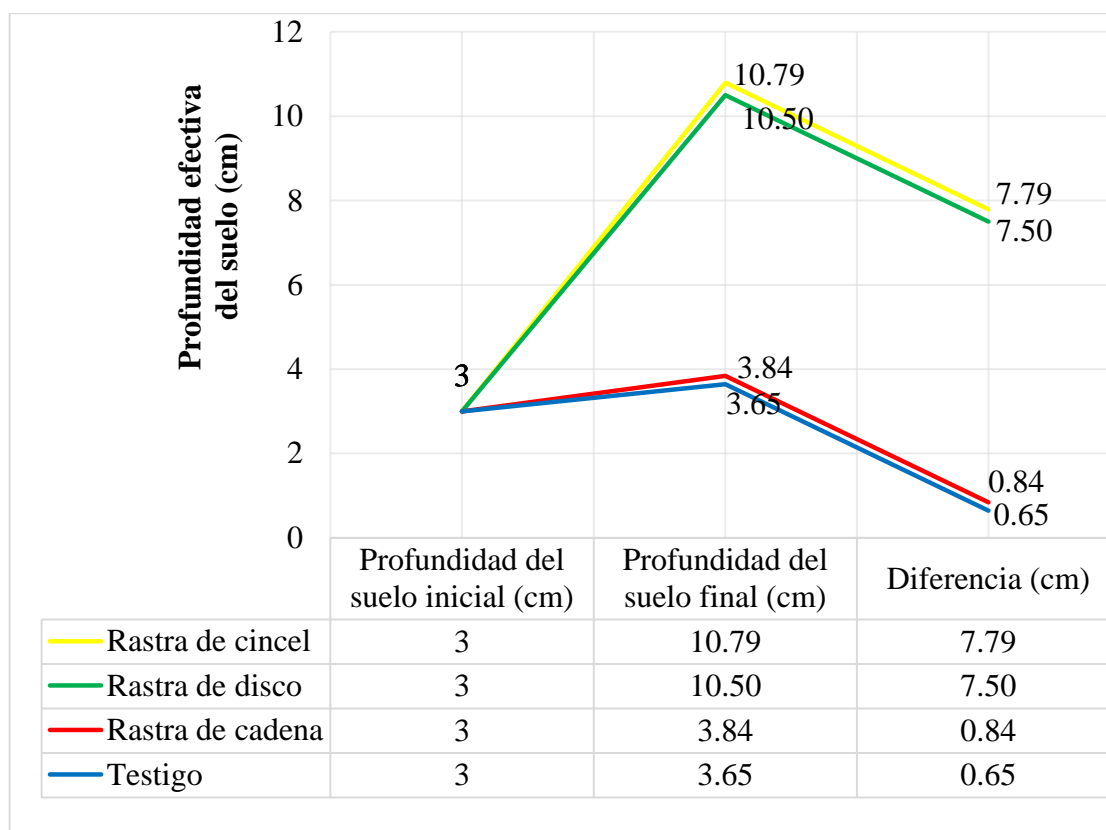
sistemas de labranza mecanizada con rastra de cincel 259.67 %, rastra de disco 250.00 %, rastra de cadena 28.00 % y con respecto al testigo 21.33 %, estos datos indican que el nivel de penetración aumenta con los sistemas de labranza.

**Tabla 15.** Cambio en la profundidad efectiva inicial y final del suelo (cm), por efecto de sistema de labranza

<b>Sistema de labranza</b>	<b>Profundidad del suelo inicial (cm)</b>	<b>Profundidad del suelo final (cm)</b>	<b>Diferencia (cm)</b>	<b>Cambio (%)</b>
Rastra de cincel	3	10.79	7.79	259.67
Rastra de disco	3	10.5	7.5	250.00
Rastra de cadena	3	3.84	0.84	28.00
Testigo	3	3.65	0.65	21.33

Fuente: Evaluación inicial en base a la información obtenida en censos de vegetación en la Unidad Experimental EEA-Illpa. Proyecto 96 (PNIA).

En la figura 7, se observa el comparativo de la profundidad efectiva del suelo inicial y final. Claramente aumentando la penetración en el suelo por los efectos de sistema de labranza a un año de clausura, en donde el sistema de labranza con rastra de cincel obtuvo una mejor profundidad de 7.79 cm, mientras que con rastra de disco tubo una profundidad de 7.5 cm, la rastra de cadena muestra una profundidad de 0.84 cm y el testigo muestra una profundidad de 0.65 cm, estos resultados muestran una que la rastra de cincel alcanzo una mayor profundidad efectiva en el suelo.



**Figura 7.** Profundidad del suelo (cm) inicial y final en la pradera nativa por efecto de sistemas de labranza

Estos resultados de profundidad efectiva del suelo son superiores a la evaluación inicial, lo cual es respaldado por Oscanoa L. y Flores E. (2016), quienes atribuye que el uso de sistemas de labranza mejora el enraizamiento de semillas nativas, la aireación, humedad y temperatura del suelo es proporcional a la producción de forraje, al contar con una mejor aireación la profundidad efectiva del suelo es mayor, esto se pudo comprobar ya que hay un aumentando la profundidad efectiva del suelo a un año de clausura por el efecto de sistemas de labranza mínima.

### 4.3. Humedad del suelo

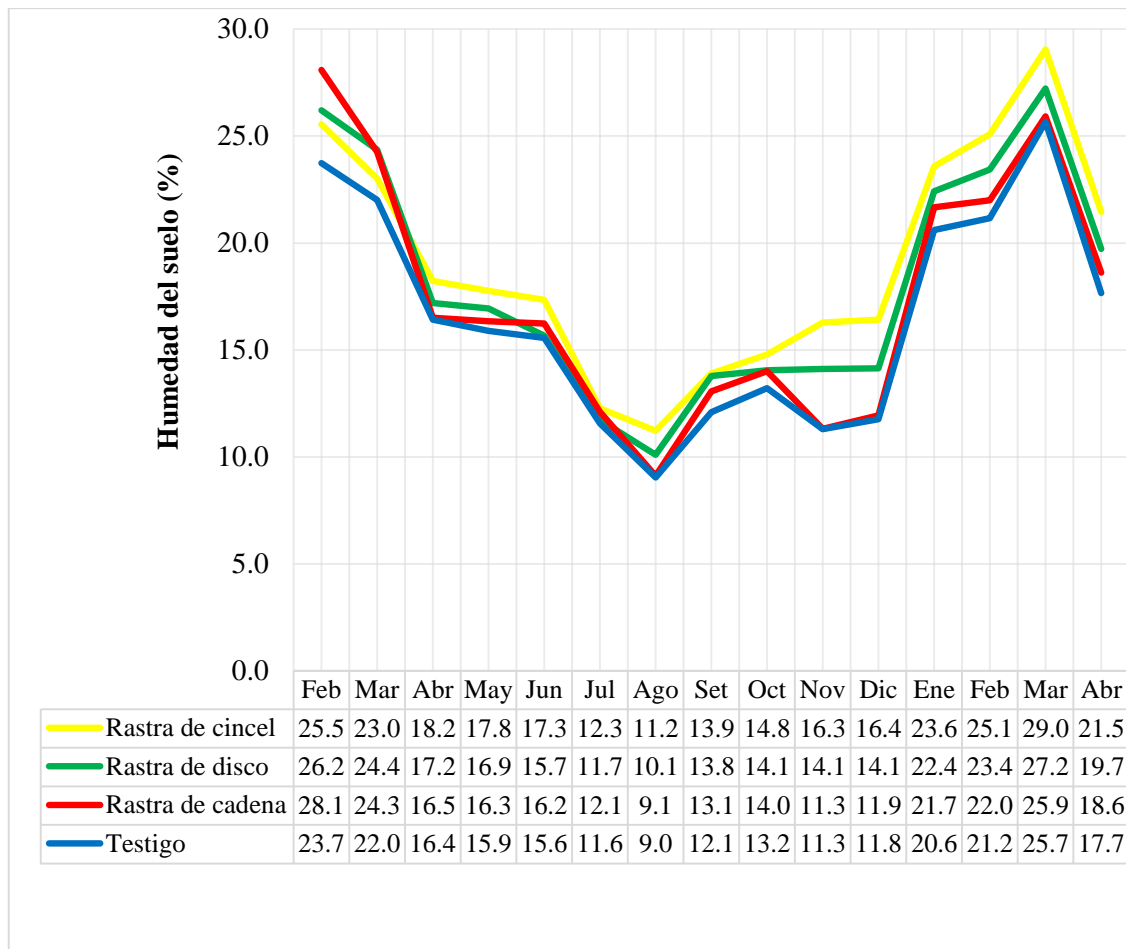
Los resultados obtenidos de humedad del suelo en la pradera nativa por efecto de sistemas de labranza en función a los diferentes meses del año (febrero 2017 a abril 2018) se dieron en porcentaje (%), para realizar el análisis de varianza de esta variable, se realizó la transformación a datos angulares, mediante la siguiente fórmula:  $Y = \arccos(\sqrt{\text{porcentaje}})$ .

En el análisis de varianza para la humedad del suelo con datos angulares, por efectos de sistema de labranza (Tabla 16), se encontró diferencia altamente significativa para los bloques, esto es debido a que el terreno experimental cuenta con una pequeña pendiente, por otro lado en tratamientos (sistema de labranza), con rastra de disco, cincel, cadena y testigo, no existe diferencia significativa estadísticamente pero si aritméticamente, con un coeficiente de variabilidad (C.V.) es 1.6 %, indicando que el experimento ha sido conducido en forma confiable, D.A.N.E (2005).

**Tabla 16.** Análisis de variancia de humedad del suelo, por efecto de sistema de labranza

<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>	<b>Ft 0.01</b>	<b>Sig.</b>
Bloques	1	6.59	6.59	39.23	10.128	34.116	**
Tratamientos	3	3.84	1.28	7.63	9.277	29.460	N.S
Error experimental	3	0.50	0.17				
Total	7	10.93	1.56				
C.V.= 1.6 %	$\bar{X}$ = 17.76 %						

En la figura 8, muestra que el sistema de labranza mínima con rastra de cincel cuenta con una mejor retención de humedad. Estos resultados nos muestran que no existe diferencia significativa pero si aritmética por lo que es necesario realizar orden de mérito, encontrando el promedio anual de humedad del suelo, ocupando el primer lugar rastra de cincel 19.06 %, segundo rastra de disco 18.07 %, tercero rastra de cadena 17.41 % y en cuarto lugar la labranza cero (testigo) con menor humedad 16.515 %.



**Figura 8.** Humedad del suelo (%) por efecto de sistemas de labranza en función a los diferentes meses del año 2017 – 2018

Los resultados de la humedad del suelo, muestra una mejor retención agua en el suelo los cuales son respaldados por Mendoza (2011), quienes encontraron que la humedad del suelo muestra que con el uso de labranza cuenta con 26.94 % y sin labranza un 22.57 %, además estudios realizados por Oscanoa L. y Flores E. (2016), manifiesta que humedad del suelo con los tratamientos de surcos, hoyos y labranza cero muestran respectivamente: (20.8 %, 20.4 % y 16.6 %), estos resultados muestran que con el uso de sistema de labranza mínima cuenta con una mejor retención de humedad del suelo, frente a la labranza cero, lo cual nos permite afirmar que el sistema de labranza mínima con rastra de disco y cincel es una práctica positiva para la retención humedad, mostrando mejores condiciones para la rehabilitación de praderas nativas naturales.

#### 4.4. Densidad aparente del suelo

En el análisis de varianza para la densidad aparente del suelo por efectos de sistema de labranza (Tabla 17), existe diferencia altamente significativa para los bloques, para los tratamientos (sistema de labranza), con rastras de disco, cincel, cadena y testigo existe una diferencia altamente significativa estadísticamente. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad (C.V.) es 0.3 %, indicando que el experimento ha sido conducido en forma excelente, D.A.N.E (2005).

**Tabla 17.** Análisis de variancia de densidad aparente del suelo ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), por efecto de sistema de labranza

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	1	0.00125	0.0012500	75.00	10.128	34.116	**
Tratamientos	3	0.00345	0.0011500	69.00	9.277	29.460	**
Error experimental	3	0.00005	0.0000167				
Total	7	0.00475	0.0006786				

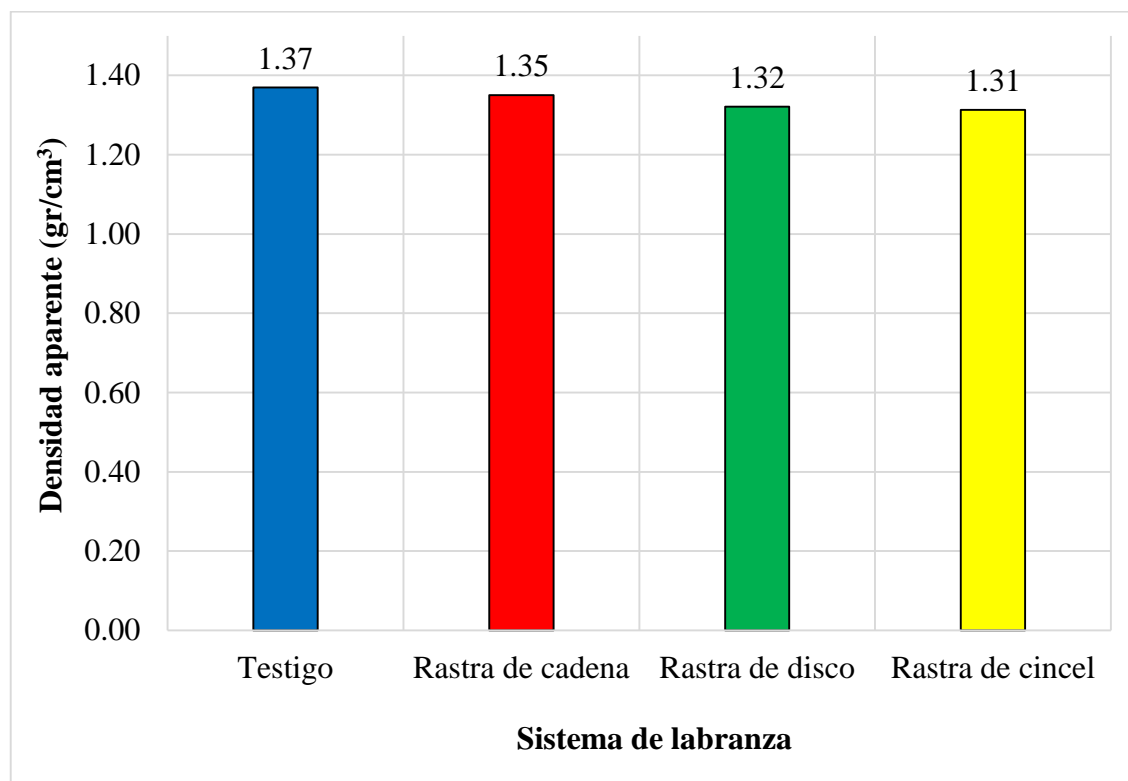
C.V.= 0.3 %       $\bar{X}= 1.3375 \text{ gr}/\text{cm}^3$

En la Tabla 18, se muestra la prueba de comparación de Duncan ( $P \leq 0.05$ ), donde se aprecia que la mayor densidad aparente del suelo corresponde al testigo  $1.365 \text{ gr}/\text{cm}^3$ , siendo estadísticamente superior, seguido de la rastra de cadena  $1.350 \text{ gr}/\text{cm}^3$ , siendo estadísticamente superior a las labranzas con rastra de disco  $1.320 \text{ gr}/\text{cm}^3$  y rastra de cincel  $1.315 \text{ gr}/\text{cm}^3$ , es evidente que estos sistema de labranza redujeron la densidad aparente del suelo con respecto a la labranza cero testigo.

**Tabla 18.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para la densidad aparente del suelo ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), por efecto de sistemas de labranza

Orden de merito	Sistema de labranza	Densidad aparente del suelo ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	
Primero	Testigo	1.365	a
Segundo	Rastra de cadena	1.350	b
Tercero	Rastra de disco	1.320	c
Cuarto	Rastra de cincel	1.315	c

En la Figura 9, se observa el comparativo de la densidad aparente del suelo. Claramente se observa que la densidad aparente del suelo por los efectos de sistema de labranza con rastra de cincel obtuvo una menor densidad aparente  $1.315 \text{ gr/cm}^3$ , mientras que con rastra de disco cuenta una densidad aparente de  $1.32 \text{ gr/cm}^3$ , la rastra de cadena cuenta con una densidad aparente de  $1.35 \text{ gr/cm}^3$  y con respecto al testigo cuenta con una densidad aparente de  $1.365 \text{ gr/cm}^3$ , estos resultados muestran que el sistema de labranza mínima con rastra de cincel y disco alcanzo menor densidad aparente del suelo.



**Figura 9.** Densidad aparente del suelo ( $\text{gr/cm}^3$ ), por efecto de sistemas de labranza

Los resultados obtenidos son diferentes por cada sistema de labranza, lo cual es debido a la estructura del suelo. Los resultados de la densidad aparente del suelo son respaldados por Luque (1989), que señala que a mayor compactación del suelo la densidad aparente sube.

#### 4.5. Porosidad del suelo

Los resultados obtenidos de porosidad del suelo en la pradera nativa por efecto de sistemas de labranza se dieron en porcentaje (%), para realizar el análisis de varianza de



esta variable, se realizó la transformación a datos angulares, mediante la siguiente fórmula:  $Y = \arcseno\sqrt{\text{porcentaje}}$ .

En el análisis de varianza para la porosidad del suelo por efectos de sistema de labranza (Tabla 19), existe diferencia altamente significativa para los bloques, para los tratamientos (sistema de labranza), con rastras de disco, cincel, cadena y testigo existe una diferencia altamente significativa estadísticamente. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad (C.V.) es 1.0 %, indicando que el experimento ha sido conducido en forma confiable, D.A.N.E (2005).

**Tabla 19.** Análisis de variancia de porosidad del suelo, por efecto de sistema de labranza

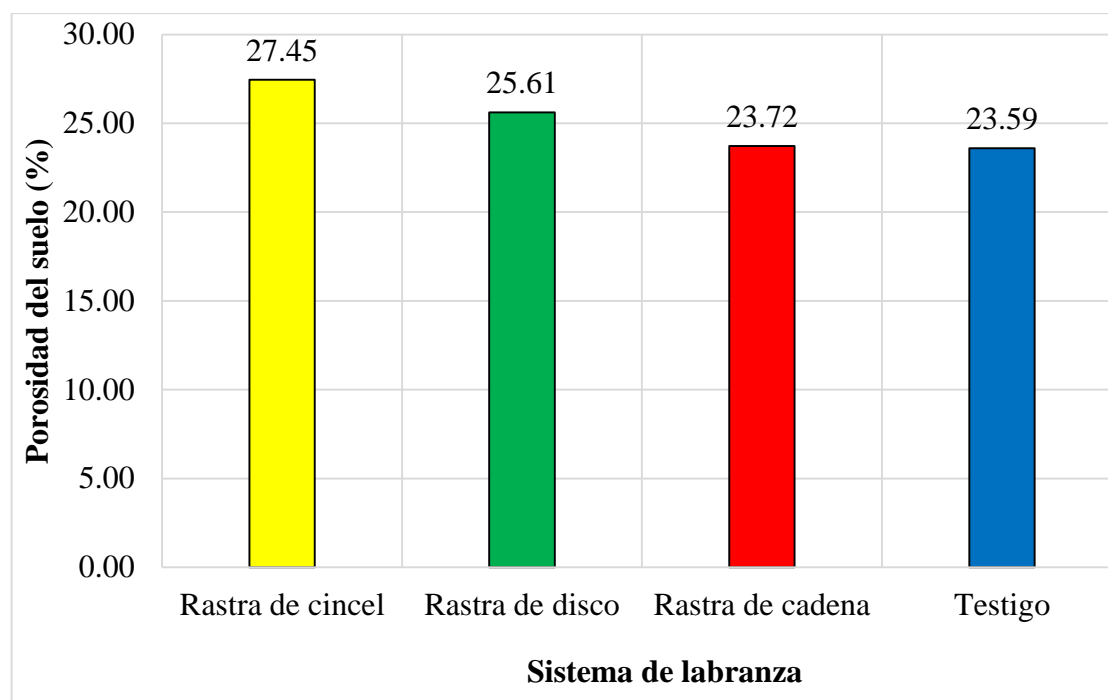
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	1	15.94	15.94	184.90	10.128	34.116	**
Tratamientos	3	8.77	2.92	33.93	9.277	29.460	**
Error experimental	3	0.26	0.09				
Total	7	24.97	3.57				
C.V.= 1.0 %	$\bar{X}$ = 20.08 %						

En la Tabla 20, se muestra la prueba de comparación de Duncan ( $P \leq 0.05$ ), donde se aprecia que la mayor porosidad del suelo corresponde a la rastra de cincel 27.45 %, siendo estadísticamente superior, seguido de la rastra de disco 25.615 %, siendo estadísticamente superior a las labranza con rastra de cadena 23.72 % y la labranza cero testigo 23.54 %, es evidente que estos sistema de labranza aumenta la porosidad del suelo con respecto a la labranza cero testigo.

**Tabla 20.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para la porosidad del suelo (%), por efecto de sistemas de labranza

Orden de merito	Sistema de labranza	Porosidad del suelo (%)	
Primero	Rastra de cincel	27.450	a
Segundo	Rastra de disco	25.615	b
Tercero	Rastra de cadena	23.720	c
Cuarto	Testigo	23.540	c

En la Figura 10, se observa el comparativo de la porosidad del suelo, claramente se observa que la porosidad del suelo por los efectos de sistema de labranza con rastra de cincel obtuvo una mayor porosidad 27.45 %, mientras que con rastra de disco cuenta una porosidad de 25.62 %, la rastra de cadena cuenta con una porosidad de 23.72 % y el testigo cuenta con una porosidad de 23.54 %.



**Figura 10.** Porosidad del suelo (%) en la pradera nativa por efecto de sistemas de labranza

Los resultados de la porosidad del suelo obtenidos son diferentes por cada sistema de labranza, lo cual es debido a la estructura del suelo. Estos resultados son respaldados por Farfán y Durant (1998), que señalan que la cobertura permanente o casi permanente del suelo permite un uso eficiente del agua en la retención de humedad, aireación del suelo. Además Luque (1989), señala que a mayor compactación del suelo la porosidad del suelo disminuye.

#### 4.6. Infiltración del agua en el suelo

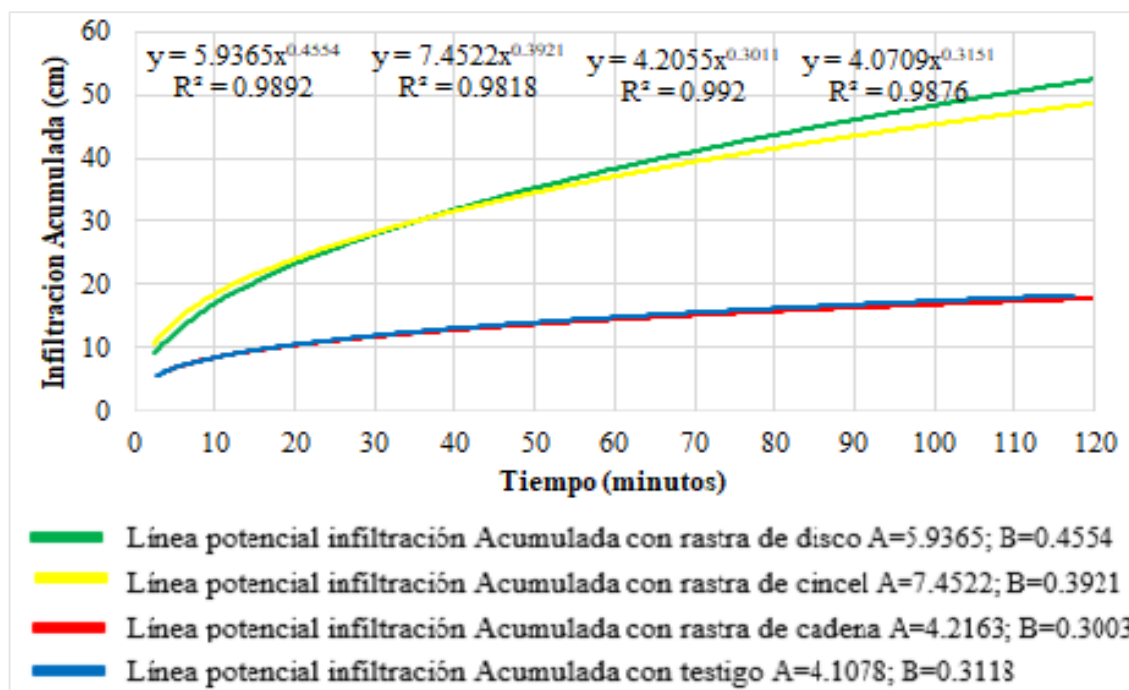
En el análisis de varianza para la infiltración de agua en el suelo por efecto de sistema de labranza (Tabla 21), existe diferencia significativa para los bloques, para los tratamientos (sistema de labranza), con rastras de disco, cincel, cadena y testigo no existe diferencia

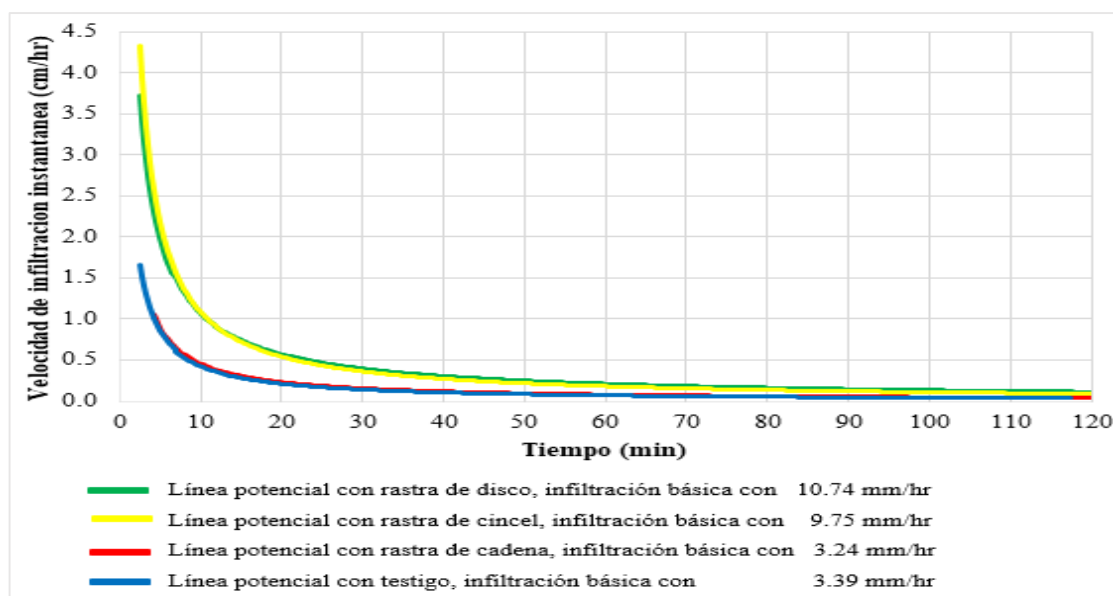
significativa estadísticamente. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad (C.V.) es 30.16 %, indicando que el experimento ha sido conducido en forma buena, D.A.N.E (2005).

**Tabla 21.** Análisis de varianza de infiltración básica (mm/hr), por efecto de sistema de labranza

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	1	0.41	0.41	10.18	10.128	34.116	*
Tratamientos	3	0.88	0.29	7.39	9.277	29.460	N.S.
Error experimental	3	0.12	0.04				
Total	7	1.41	0.20				
C.V.= 30.16 %	$\bar{X}$ = 6.7825 mm/hr						

En la figura 11 y 12, se observa el comparativo de la infiltración acumulada y instantánea. Al no contar con diferencia significativa estadísticamente se realizó el orden de mérito, ocupando el primer lugar rastra de disco con 10.74 mm/hr, segundo rastra de cincel 9.75 mm/hr, tercero rastra de cadena 3.39 mm/hr y en cuarto lugar la labranza cero testigo con menor infiltración 3.25 mm/hr.





**Figura 12.** Velocidad de infiltración

Estos resultados muestran el sistema de labranza mínima ayuda a la porosidad del suelo, en consecuencia la infiltración de agua en el suelo es mayor, ayudando a la estructura del granular suelo, mostrando una menor compactación en el suelo, los cuales son respaldados por Vásquez A. y Tapia M. (2011), que señalan que si una gran parte de los poros del suelo ya se encuentran saturados, la capacidad de infiltración será menor que si la humedad del suelo es relativamente baja. Además estudios realizados por Oscanoa L. y Flores E. (2016), manifiesta que la infiltración en tratamientos como surcos, hoyos y labranza cero muestran respectivamente: (72, 66 y 39 mm/hr), estos resultados muestran que con el uso de sistema de labranza mínima cuenta con una mejor infiltración de agua en el suelo, frente a la labranza cero.

#### 4.7. Composición florística

En la tabla 22, se observa la composición florística inicial (enero 2017), la pradera nativa estuvo constituido por 11 especies deseables 57.00 %, *Festuca dolichophylla*, *Muhlenbergia fastigiata*, *Distichlis humilis*, *Hordeum muticum*, *Bromus unioloides*, *Hypochoeris taraxacoides*, *Hypochoeris sp*, *Carex ecuadorica*, *Carex sp*, *Eleocharis albibracteata*, *Trifolium amabile* y 6 especies poco deseables 6.25 %, *Aristida enodis*, *Muhlenbergia peruviana*, *Oxalis*, *Verbena microphylla*, *Nothoscordum andicola*, *Verbena litoralis*, con un total de 17 especies reconocidas.

La composición florística final (abril 2018), por efecto de sistemas de labranza mínima con rastra de disco, estuvo constituido por: 11 de especies deseables 60.67 %, con la aparición de 3 especies a la evaluación inicial: *Paspalum pygmaeum*, *Gnaphalium sp*, *Scirpus rigidus*, 6 especies poco deseables 33.34 %, con la aparición de 7 especies en la evaluación final, *Agrostis toluensis*, *Bouteloua simplex*, *Stipa mucronata*, *Calamagrostis heterophylla*, *Stipa brachyphylla*, *Lepidium Chichicara*, *Taraxacum officinale* y la aparición de una especies indeseables 0.33 % *Cardionema ramossisimum*, con un total de 27 especies reconocidas.

La composición florística final (abril 2018), por efecto de sistemas de labranza mínima con rastra de cincel, estuvo constituido por: 11 especies deseables 56.50 %, con la aparición de 2 especies en la evaluación final, *Paspalum pygmaeum*, *Gnaphalium sp*, *Scirpus rigidus*, 6 especies poco deseables 33.34 %, con la aparición de 8 especies en la evaluación final, *Agrostis toluensis*, *Bouteloua simplex*, *Stipa mucronata*, *Calamagrostis heterophylla*, *Stipa brachyphylla*, *Gomphrena meyeniana*, *Lepidium Chichicara*, *Taraxacum officinale* y la aparición de dos especies indeseables 0.50 %, *Tagetes mandonii*, *Margiricarpus pinnatus*, con un total de 28 especies reconocidas.

La composición florística final (abril 2018), por efecto de sistemas de labranza mínima con rastra de cadena, estuvo constituido por: 11 especies deseables 44.00 %, con la aparición de 3 especies en la evaluación final, *Paspalum pygmaeum*, *Gnaphalium sp*, *Scirpus rigidus*, 6 especies poco deseables 39.50 %, con la aparición de 7 especies en la evaluación final, *Agrostis toluensis*, *Bouteloua simplex*, *Stipa mucronata*, *Calamagrostis heterophylla*, *Gomphrena meyeniana*, *Lepidium Chichicara*, *Taraxacum officinale* y la aparición de una especies indeseables 0.33 %, *Cardionema ramossisimum*, con un total de 23 especies reconocidas.

La composición florística final (abril 2018), por efecto de labranza cero el testigo, estuvo constituido por: 11 especies deseables 47.83 %, con la aparición de 2 especies en la evaluación final, *Paspalum pygmaeum*, *Gnaphalium sp*, 6 especies poco deseables 33.33 %, con la aparición de 7 especies en la evaluación final, *Agrostis toluensis*, *Bouteloua simplex*, *Stipa mucronata*, *Calamagrostis heterophylla*, *Stipa brachyphylla*, *Plantago sp*, *Taraxacum officinale* y la aparición de una especies indeseables 0.17 %, *Cardionema ramossisimum*, con un total de 26 especies reconocidas.

**Tabla 22.** Composición florística inicial y final por efecto de sistemas de labranza

ESPECIES	CLAVE	Composición florística inicial		Composición florística final (%)			
		(%)		Rastra de disco	Rastra de cincel	Rastra de cadena	Testigo
<b>DESEABLES</b>							
<i>Festuca dolichophylla</i>	FEDO	5.50		8.33	10.50	13.83	9.17
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	MUFA	22.50		24.50	21.83	7.83	17.33
<i>Distichlis humilis</i>	DIHU	15.75		8.33	8.00	7.17	8.33
<i>Hordeum muticum</i>	HOMU	1.50		1.33	3.67	1.17	0.67
<i>Paspalum pygmaeum</i>	PAPY	----		0.83	0.67	0.50	0.83
<i>Bromus unioloides</i>	BRUN	1.00		----	----	0.50	0.17
<i>Gnaphalium sp</i>	GN SP	----		3.50	2.67	1.33	1.33
<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	HYTA	0.50		0.33	0.83	----	0.67
<i>Hypochoeris sp</i>	HYP SP	0.50		2.83	2.00	1.17	1.33
<i>Scirpus rigidus</i>	SCRI	----		2.50	0.67	0.83	0.00
<i>Carex ecuadorica</i>	CAEC	2.00		1.83	1.67	1.67	3.67
<i>Carex sp</i>	CA SP	3.75		4.83	1.50	7.50	2.67
<i>Eleocharis albibracteata</i>	ELAL	1.50		0.33	----	0.00	1.33
<i>Trifolium amabile</i>	TRAM	2.50		1.17	2.50	0.50	0.33
<b>Sub total</b>		<b>57.00</b>		<b>60.67</b>	<b>56.50</b>	<b>44.00</b>	<b>47.83</b>
<b>POCO DESEABLES</b>							
<i>Aristida enodis</i>	AREN	4.50		8.58	8.75	16.83	9.33
<i>Agrostis toluensis</i>	AGTO	----		0.33	1.33	0.00	0.17
<i>Bouteloua simplex</i>	BOSI	----		6.50	5.67	6.17	6.67
<i>Muhlenbergia peruviana</i>	MUPE	0.25		3.67	5.92	1.33	7.50
<i>Stipa mucronata</i>	STMU	----		8.08	9.33	8.17	6.33
<i>Oxalis sp</i>	OXMI	0.50		0.59	0.25	0.34	0.33
<i>Calamagrostis heterophylla</i>	CAHE	----		1.50	1.00	2.17	0.83
<i>Verbena microphylla</i>	VEMI	0.25		0.50	0.50	----	----
<i>Nothoscordum andicola</i>	NOAN	0.25		0.17	0.25	----	----
<i>Stipa brachyphylla</i>	STIBRA	----		0.58	0.17	----	0.17
<i>Gomphrena meyeniana</i>	GOME	----		----	0.17	0.17	----
<i>Plantago sp</i>	PL SP.	----		----	----	----	0.33
<i>Lepidium Chichicara</i>	LECH	----		0.67	0.17	1.00	1.17
<i>Verbena litoralis</i>	VELI	0.50		0.67	0.33	1.67	0.33
<i>Taraxacum officinale</i>	TAOF	----		1.50	4.50	1.50	0.17
<b>Sub total</b>		<b>6.25</b>		<b>33.34</b>	<b>38.33</b>	<b>39.50</b>	<b>33.33</b>
<b>INDESEABLES</b>							
<i>Tagetes mandonii</i>	TAMA	----		----	0.17	----	----
<i>Cardionema ramosissimum</i>	CARA	----		0.33	----	0.33	0.17
<i>Margaricarpus pinnatus</i>	MAPI	----		----	0.33	----	----
<b>sub total</b>		<b>0.00</b>		<b>0.33</b>	<b>0.50</b>	<b>0.33</b>	<b>0.17</b>
<b>sin valor forrajero</b>							
Mantillo	M	19.00		0.67	0.77	1.17	2.07
Suelo desnudo	D	17.75		5.00	3.90	15.00	16.60
<b>Sub total</b>		<b>36.75</b>		<b>5.67</b>	<b>4.67</b>	<b>16.17</b>	<b>18.67</b>
<b>TOTAL</b>		<b>100.00</b>		<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Evaluación inicial en base a la información obtenida en censos de vegetación en la Unidad Experimental EEA-Illpa. Proyecto 96 (PNIA).

En la tabla 23, se observa la diferencia entre la composición florística inicial y final con los sistemas de labranza mínima con rastra de disco, especies deseables aumentaron en 3.67 %; especies poco deseables aumenta 27.09 %; especies indeseables aumenta 0.33 %; mantillo/musgo disminuye 18.33 % y en suelo desnudo disminuye 12.75 %. Con rastra de cincel: especies deseables disminuye 0.50 %; especies poco deseables aumenta 32.08 %; especies indeseables aumenta 0.50 %; mantillo/musgo disminuye 18.23 % y suelo desnudo disminuye 13.85 %. Con rastra de cadena: especies deseables disminuye 13.00 %; especies poco deseables aumenta 32.25 %; especies indeseables aumenta 0.33 %; mantillo/musgo disminuye 17.83 % y suelo desnudo disminuye 2.75 %. Con el Testigo: especies deseables disminuye 9.17 %; especies poco deseables aumenta 27.08 %; especies indeseables aumenta 0.17 %; mantillo/musgo disminuye 16.93 % y suelo desnudo disminuye 1.15 %.

**Tabla 23.** Composición florística inicial y final (%), y cambio por efecto de sistemas de labranza

Sistema de labranza	Composición florística inicial (%)	Composición florística final (%)	Cambio (%)
<b>Rastra de disco</b>			
Especies deseables	57	60.67	+3.67
Especies poco deseables	6.25	33.34	+27.09
Especies indeseables	0	0.33	+0.33
Mantillo/ musgo	19	0.67	-18.33
Suelo desnudo	17.75	5	-12.75
<b>Rastra de cincel</b>			
Especies deseables	57	56.5	-0.5
Especies poco deseables	6.25	38.33	+32.08
Especies indeseables	0	0.5	+0.5
Mantillo/ musgo	19	0.77	-18.23
Suelo desnudo	17.75	3.9	-13.85
<b>Rastra de cadena</b>			
Especies deseables	57	44	-13
Especies poco deseables	6.25	39.5	+33.25
Especies indeseables	0	0.33	+0.33
Mantillo/ musgo	19	1.17	-17.83
Suelo desnudo	17.75	15	-2.75
<b>Testigo</b>			
Especies deseables	57	47.83	-9.17
Especies poco deseables	6.25	33.33	+27.08
Especies indeseables	0	0.17	+0.17
Mantillo/ musgo	19	2.07	-16.93
Suelo desnudo	17.75	16.6	-1.15

Fuente: Evaluación inicial en base a la información obtenida en censos de vegetación en la Unidad Experimental EEA-Illpa. Proyecto 96 (PNIA).

De acuerdo a la tabla anterior, muestra que hubo disminución de mantillo/musgo y suelo desnudo el cual es reemplazado por especies poco deseables, inicialmente se contaba con 11 especies deseables y 6 poco deseables al año de clausura y por efecto de sistemas de labranza se vio la aparición que 3 especies deseables, 9 poco deseables y 3 especies indeseables. Estos datos son respaldados por Tejos (2002), quien indica que la productividad de las pasturas naturalizadas se ve afectada por la mayor presencia de especies poco deseables y especies indeseables que ejercen competencia, por agua, luz, anhídrido carbónico, nutrientes y espacio para germinar, crecer, florecer y producir semillas. Lo que demuestra que los sistemas de labranza mejora la condición de la pradera degradada.

#### 4.8. Cobertura vegetal

Los resultados obtenidos de cobertura vegetal en la pradera nativa por efecto de sistemas de labranza se dieron en porcentaje (%), para realizar el análisis de varianza de esta variable, se realizó la transformación a datos angulares, mediante la siguiente fórmula:

$$Y = \arccoseno\sqrt{\text{porcentaje}}$$

En el análisis de varianza para la cobertura vegetal por efectos de sistema de labranza (Tabla 24), mostrando que no se encontró diferencia significativa para los bloques, esto es debido a que el terreno experimental cuenta con una pequeña pendiente, tampoco en tratamientos (sistema de labranza), lo cual indica que la rastras de disco, cincel, cadena y testigo. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad (C.V.) es 6.3 %, indicando que el experimento ha sido conducido en forma excelente, D.A.N.E (2005).

**Tabla 24.** Análisis de variancia de cobertura vegetal (%), por efecto de sistema de labranza

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	1	27.88	27.88	1.36	10.128	34.116	N.S.
Tratamientos	3	258.75	86.25	4.21	9.277	29.460	N.S.
Error experimental	3	61.44	20.48				
Total	7	348.08	49.73				
C.V.= 6.3 %		$\bar{X}$ = 88.7075 %					



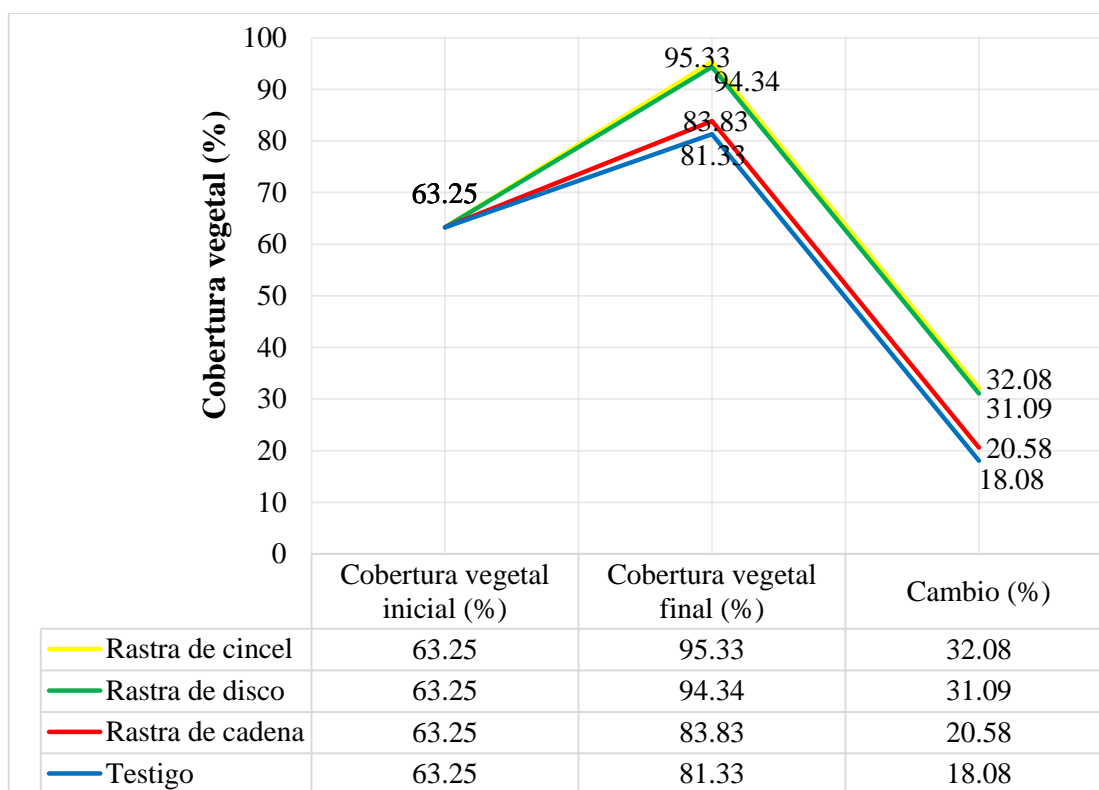
En la Tabla 25, la evaluación inicial de la cobertura vegetal fue: 63.25 %, mostrando que la pradera se encuentra sobre pastoreada, no se encontró diferencia significativa estadísticamente pero si aritméticamente, por lo que es necesario realizar orden de mérito, ocupando el primer lugar rastra de cincel con cobertura vegetal de 95.33 %, segundo rastra de disco 94.34 %, tercero rastra de cadena 83.83 % y en cuarto lugar la labranza cero testigo con menor cobertura vegetal de 81.33 %. El cambio muestra un incremento de cobertura vegetal por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de cincel 32.08 %, rastra de disco 31.09 %, rastra de cadena 20.58 % y testigo 18.08 %, estos datos nos muestran que con el uso de laboreo de sistemas de labranza con rastra de cincel y disco, cuenta mayor cobertura vegetal.

**Tabla 25.** Cobertura vegetal inicial y final (%), y cambio por efecto de sistemas de labranza

<b>Sistema de labranza</b>	<b>Cobertura vegetal inicial (%)</b>	<b>Cobertura vegetal final (%)</b>	<b>Cambio (%)</b>
Rastra de cincel	63.25	95.33	32.08
Rastra de disco	63.25	94.34	31.09
Rastra de cadena	63.25	83.83	20.58
Testigo	63.25	81.33	18.08

Fuente: Evaluación inicial en base a la información obtenida en censos de vegetación en la Unidad Experimental EEA-Illpa. Proyecto 96 (PNIA).

En la Figura 13, se observa la cobertura vegetal inicial y final en la pradera nativa por efecto de sistemas de labranza aun año de clausura, en donde el sistema de labranza con rastra de cincel obtuvo una mejor cobertura vegetal con 32.08 %, mientras que con rastra de disco tuvo una cobertura vegetal de 31.09 %, la rastra de cadena muestra una cobertura vegetal de 20.58 % y el testigo muestra una cobertura vegetal de 18.08 %.



**Figura 13.** Cobertura vegetal inicial y final (%), por efecto de sistemas de labranza

Los resultados de la cobertura vegetal final son superiores a la evaluación de cobertura vegetal inicial, los cuales son respaldados por Farfán y Durant (1998), observó que la clausura incremento la cobertura vegetal de un 50 a 82 %; lo cual nos permite afirmar que la clausura de terrenos es una práctica positiva en la recuperación de la cubierta vegetal. Además Mendoza (2011), menciona que por el efecto de sistemas de labranza, tienen efectos positivos ofreciendo la retención de semillas propagadas naturalmente por los pastizales y en consecuencia ocupando el suelo desnudo.

#### 4.9. Altura de especies nativas

##### 4.9.1. Altura de especie dominante “*Festuca dolichophylla*”

En el análisis de varianza para la altura de especies nativas dominantes “chilligua” (*Festuca dolichophylla*), por efectos de sistema de labranza (Tabla 26), se encontró diferencia significativa para los bloques, para los tratamientos (sistema de labranza), con rastras de disco, cincel y cadena existe una diferencia altamente significativa estadísticamente. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad (C.V.) es 2.2 %, indicando que el experimento ha sido conducido en forma confiable, D.A.N.E (2005).

**Tabla 26.** Análisis de variancia de altura de especie dominante (cm), por efecto de sistema de labranza

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	1	7.32	7.32	14.97	10.128	34.116	*
Tratamientos	3	154.52	51.51	105.41	9.277	29.460	**
Error experimental	3	1.47	0.49				
Total	7	163.30	23.33				

C.V.= 2.2 %       $\bar{X}$ = 31.58 cm

En la Tabla 27, se muestra la prueba de comparación de Duncan ( $P \leq 0.05$ ), donde se aprecia que la mayor porosidad del suelo corresponde a la rastra de cincel 38.05 cm, siendo estadísticamente superior, seguido de la rastra de disco 33.20 cm, siendo estadísticamente superior a las labranza con rastra de cadena 27.75 cm y la labranza cero testigo 27.325 cm, es evidente que estos sistema de labranza aumenta la altura de especies dominantes "*Festuca dolichophylla*" con respecto a la labranza cero testigo.

**Tabla 27.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para la altura de especie dominante "*Festuca dolichophylla*" (cm), por efecto de sistemas de labranza

Orden de merito	Sistema de labranza	Altura de especies dominantes (cm)	
Primero	Rastra de cincel	38.05	a
Segundo	Rastra de disco	33.20	b
Tercero	Rastra de cadena	27.75	c
Cuarto	Testigo	27.325	c

En la Tabla 28, la evaluación inicial de la altura de especies nativas dominantes "chilligua" (*Festuca dolichophylla*), fue: 16.9 cm, mostrando que la pradera se encuentra sobre pastoreada, la diferencia de la altura inicial y final muestra una gran diferencia por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de cincel 21.15 cm, rastra de disco 16.30 cm, rastra de cadena 10.85 cm y con respecto al testigo 10.425 cm. El cambio muestra un incremento en la altura de especie dominante *Festuca dolichophylla*, por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de cincel 125.15 %, rastra de disco 96.45 %, rastra de cadena 64.20 % y con respecto al testigo 61.69 %, estos datos nos

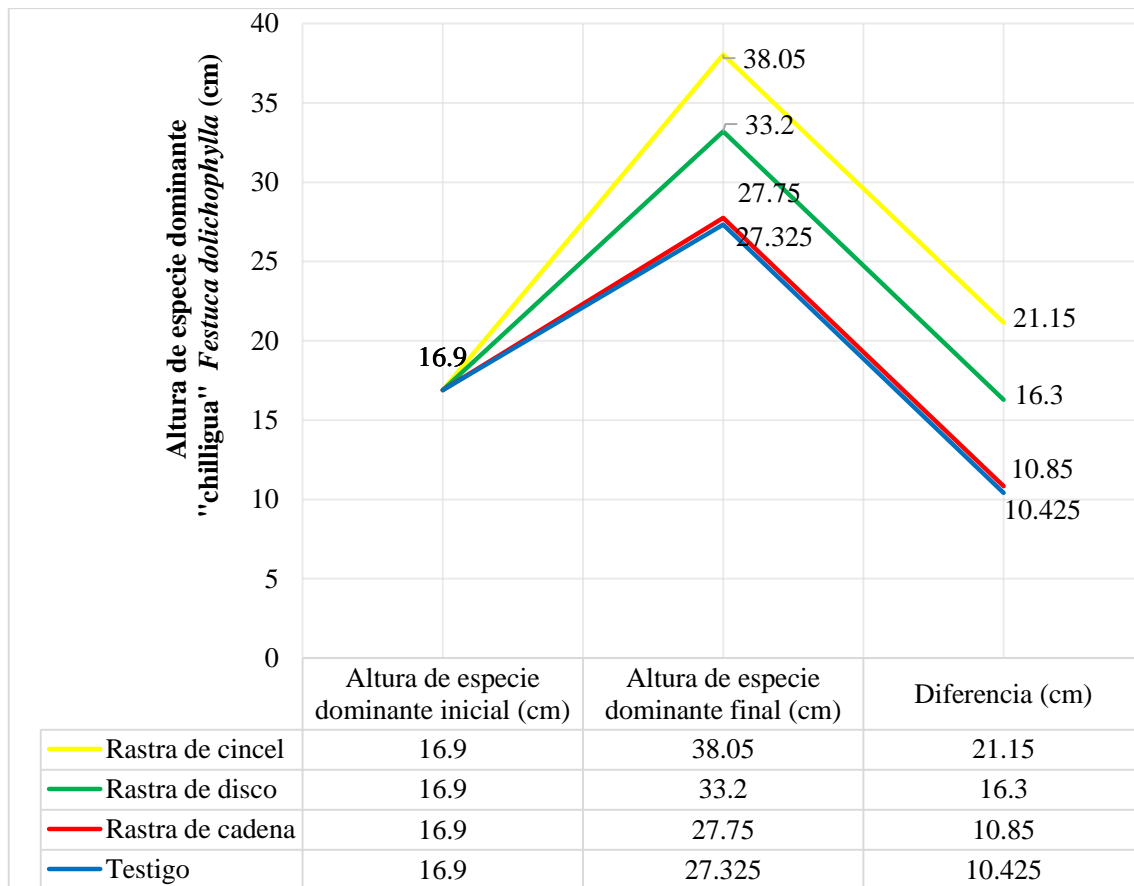
muestran que con el uso de sistemas de labranza con rastra de disco y cincel, cuenta mayor altura en la especie dominante.

**Tabla 28.** Cambio en la altura de especie dominante “*Festuca dolichophylla*” inicial y final (cm), por efecto de sistemas de labranza

Sistema de labranza	Altura de especie dominante inicial (cm)	Altura de especie dominante final (cm)	Diferencia (cm)	Cambio (%)
Rastra de cincel	16.9	38.05	21.150	125.15
Rastra de disco	16.9	33.20	16.300	96.450
Rastra de cadena	16.9	27.75	10.850	64.20
Testigo	16.9	27.33	10.425	61.69

Fuente: Evaluación inicial en base a la información obtenida en censos de vegetación en la Unidad Experimental EEA-Illpa. Proyecto 96 (PNIA).

En la Figura 14, se observa el comparativo de la altura de especie dominante “chilligua” (*Festuca dolichophylla*), inicial y final en la pradera nativa por efecto de sistemas de labranza aun año de clausura, en donde el sistema de labranza con rastra de cincel obtuvo un mejor crecimiento con 21.15 cm, mientras que con rastra de disco tuvo un crecimiento de 16.3 cm, la rastra de cadena muestra un crecimiento de 10.85 cm y el testigo muestra un crecimiento de 10.425 cm.



**Figura 14.** Altura de especie dominante “*Festuca dolichophylla*” inicial y final (cm), por efecto de sistemas de labranza

Los resultados de la altura de especie dominante “chilligua” (*Festuca dolichophylla*) final es mayor a la evaluación inicial, esto es debido a la clausura del área experimental y por los efectos de sistemas de labranza esto es respaldado por Tapia N. y Flores O. (1984), que indican que la distribución de las lluvias influye en el crecimiento de los pastos. Además Choque (1993), manifiesta que la altura de planta de la *Festuca dolichophylla* es de 30 a 90 cm, en la evaluación se tuvo que con el sistema de labranza mínima con rastra de cincel y disco es 38.05 y 33.02 cm respectivamente, el cual se encuentra dentro del rango para esta especie, mostrando que el sistema de labranza mínima es superior a la labranza cero.

**4.9.2. Altura de especies dominante “*Muhlenbergia fastigiata*”**

En el análisis de varianza para la altura de especie dominante “chiji” (*Muhlenbergia fastigiata*), de pastizales nativos por efecto de sistemas de labranza (Tabla 29), no se encontró diferencia significativa para los bloques, para los tratamientos (sistema de

labranza), con rastras de disco, cincel, cadena y testigo existe una diferencia altamente significativa estadísticamente. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad (C.V.) es 5.2 %, indicando que el experimento ha sido conducido en forma confiable, D.A.N.E (2005).

**Tabla 29.** Análisis de variancia de altura de especie dominante (cm), por efecto de sistema de labranza

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	1	0.19	0.19	4.75	10.128	34.116	N.S.
Tratamientos	3	2.98	0.99	24.57	9.277	29.460	**
Error experimental	3	0.12	0.04				
Total	7	3.29	0.47				

C.V.= 5.2 %       $\bar{X}$ = 3.8925 cm

En la Tabla 30, se muestra la prueba de comparación de Duncan ( $P \leq 0.05$ ), donde se aprecia que la mayor porosidad del suelo corresponde a la rastra de cincel 4.66 cm y rastra de disco 4.17 cm, siendo ambos estadísticamente similares y superan a las labranza con rastra de cadena 3.75 cm y la labranza cero testigo 2.99 cm, es evidente que estos sistema de labranza aumenta la altura de especies dominantes “*Muhlenbergia fastigiata*” con respecto a la labranza cero testigo.

**Tabla 30.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para la altura de especie dominante “*Muhlenbergia fastigiata*” (cm), por efecto de sistemas de labranza

Orden de merito	Sistema de labranza	Altura de especies dominantes (cm)
Primero	Rastra de cincel	4.66 a
Segundo	Rastra de disco	4.17 a
Tercero	Rastra de cadena	3.75 ab
Cuarto	Testigo	2.99 b

En la Tabla 31, la evaluación inicial de la altura de especie dominante “chiji” (*Muhlenbergia fastigiata*), fue: 1.5 cm, mostrando que la pradera se encuentra sobre pastoreada, la diferencia de la altura inicial y final muestra una gran diferencia por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de cincel 3.155 cm, rastra de disco 2.665 cm, rastra de cadena 2.25 cm y con respecto al testigo 1.49 cm. El cambio muestra un

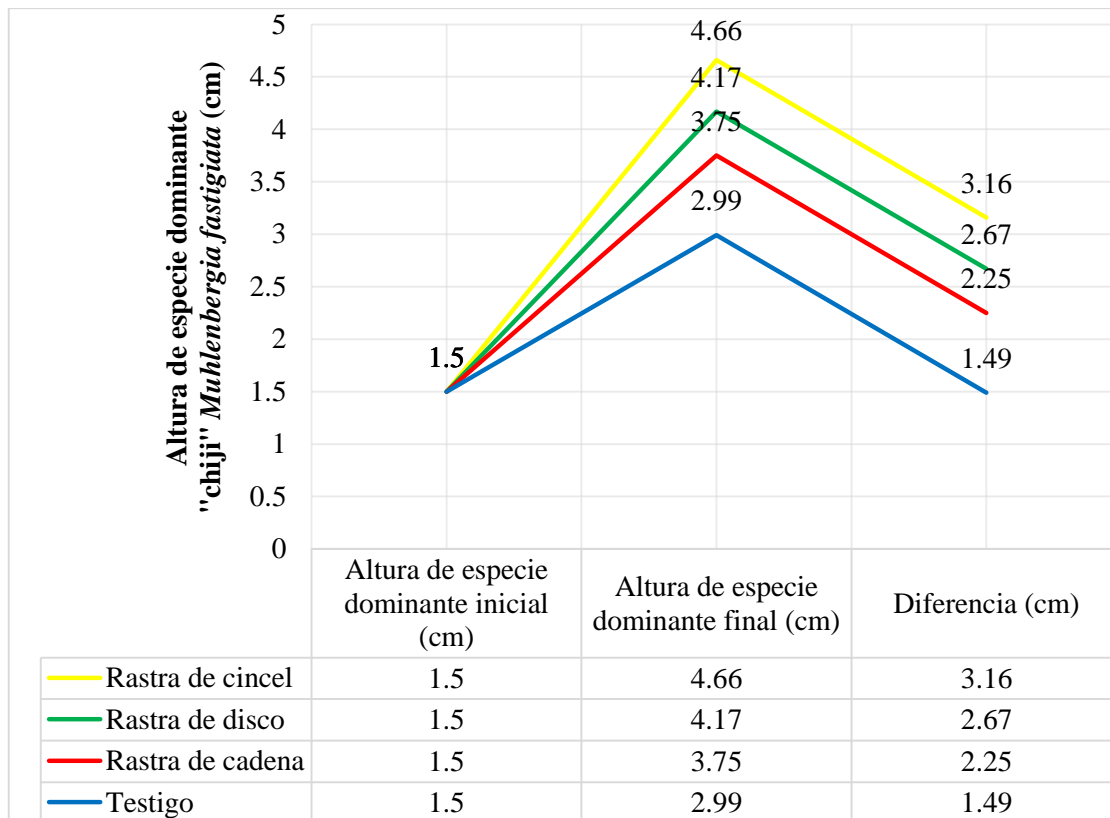
incremento en la altura de especie dominante *Muhlenbergia fastigiata*, por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de cincel 210.33 %, rastra de disco 177.667 %, rastra de cadena 150 % y con respecto al testigo 99.33 %, estos datos nos muestran que con el uso de laboreo de sistemas de labranza con rastra de cincel y disco, cuenta mayor altura en la especie dominante.

**Tabla 31.** Cambio en la altura de especie dominante “*Muhlenbergia fastigiata*” inicial y final (cm), por efecto de sistemas de labranza

Sistema de labranza	Altura de especie dominante inicial (cm)	Altura de especie dominante final (cm)	Diferencia (cm)	Cambio (%)
Rastra de cincel	1.5	4.655	3.155	210.33
Rastra de disco	1.5	4.165	2.665	177.667
Rastra de cadena	1.5	3.75	2.25	150.000
Testigo	1.5	2.99	1.49	99.333

Fuente: Evaluación inicial en base a la información obtenida en censos de vegetación en la Unidad Experimental EEA-Illpa. Proyecto 96 (PNIA).

En la Figura 15, se observa el comparativo de la altura de especie dominante “chiji” (*Muhlenbergia fastigiata*), inicial y final en la pradera nativa por efecto de sistemas de labranza aun año de clausura, en donde el sistema de labranza con rastra de cincel obtuvo un mejor crecimiento con 3.16 cm, mientras que con rastra de disco tuvo un crecimiento de 2.67 cm, la rastra de cadena muestra un crecimiento de 2.25 cm y el testigo muestra un crecimiento de 1.49 cm.



**Figura 15.** Altura de especie dominante “*Muhlenbergia fastigiata*”, inicial y final (cm), por efecto de sistemas de labranza

Los resultados de la altura de especie dominante “chiji” (*Muhlenbergia fastigiata*), final es mayor a la evaluación inicial, esto es debido a la clausura del área experimental y por los efectos de sistemas de labranza esto es respaldado por Tapia N. y Flores O. (1984), que indican que la distribución de las lluvias influye en el crecimiento de los pastos. Choque (1993) manifiestan que la altura de planta de la *Muhlenbergia fastigiata* es de 5 a 10 cm, en la evaluación se tuvo con rastra de cincel y disco es 4.66 y 4.17 cm respectivamente, el cual es menor dentro del rango para esta especie, mostrando que el sistema de labranza mínima con rastra de cincel y disco se encuentra cerca del rango a un año de clausura.

#### 4.10. Rendimiento de materia verde y materia seca

##### 4.10.1 Materia verde

En el análisis de variancia para el rendimiento de materia verde de la pradera nativa por efecto de sistema de labranza (Tabla 32), no se encontró diferencia estadística significativa para los bloques y para los tratamientos (sistema de labranza), con rastras de



disco, cincel, cadena y testigo. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad (C.V.) es 15.7 %, indicando que el experimento ha sido conducido en forma apropiada, D.A.N.E (2005).

**Tabla 32.** Análisis de variancia de materia verde (kg/ha), por efecto de sistemas de labranza

<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>	<b>Ft 0.01</b>	<b>Sig.</b>
Bloques	1	3.89	3.89	4.46	10.128	34.116	N.S.
Tratamientos	3	6.37	2.12	2.43	9.277	29.460	N.S.
Error experimental	3	2.62	0.87				
Total	7	12.88	1.84				
C.V.= 15.7 %		$\bar{X}$ = 5949.575 kg/ha					

En orden de mérito, ocupa el primer lugar rastra de cincel con rendimiento de 6925.17 kg/ha, segundo rastra de disco 6730.10 Kg/ha, tercero rastra de cadena 5272.80 kg/ha y en cuarto lugar la labranza cero (testigo) con menor rendimiento de 4870.23 kg/ha de materia verde.

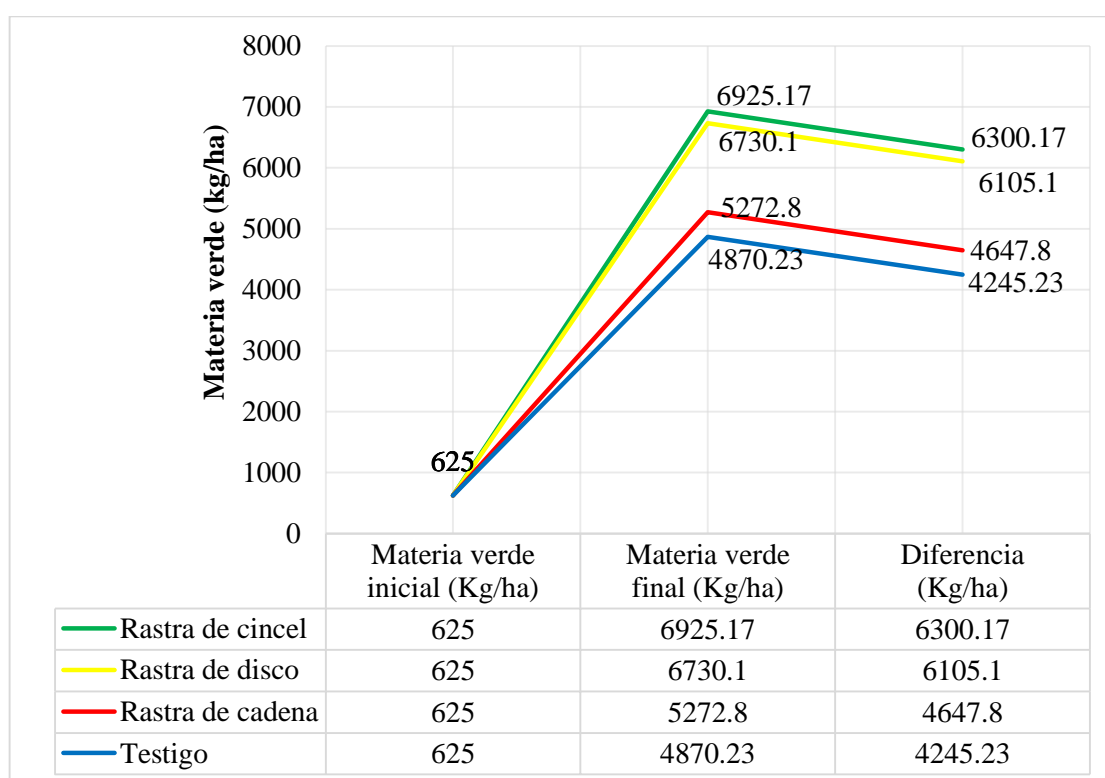
En la Tabla 33, la evaluación inicial de la materia verde fue: 625.00 kg/ha, mostrando que la pradera se encuentra sobre pastoreada, la diferencia de la materia verde inicial y final muestra una gran diferencia por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de cincel 6300.17 kg/ha, rastra de disco 6105.10 kg/ha, rastra de cadena 4647.80 kg/ha y con respecto al testigo 4870.23 kg/ha. El cambio muestra un incremento en la materia verde por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de cincel 1008.03 %, rastra de disco 976.816 %, rastra de cadena 743.648 % y con respecto al testigo 679.237 %, estos datos nos muestran que con el uso de sistemas de labranza con rastra de cincel y disco, cuenta mayor disponibilidad de materia verde.

**Tabla 33.** Rendimiento de materia verde inicial y final (kg/ha), y cambios por efecto de sistema de labranza

Sistema de labranza	Materia verde inicial (kg/ha)	Materia verde final (kg/ha)	Diferencia (kg/ha)	Cambio (%)
Rastra de cincel	625.00	6925.17	6300.17	1008.03
Rastra de disco	625.00	6730.10	6105.10	976.816
Rastra de cadena	625.00	5272.80	4647.80	743.648
Testigo	625.00	4870.23	4870.23	679.237

Fuente: Evaluación inicial en base a la información obtenida en censos de vegetación en la Unidad Experimental EEA-Illpa. Proyecto 96 (PNIA).

En la Figura 16, se observa el comparativo de la materia verde (Kg/ha) inicial y final en la pradera nativa por efecto de sistemas de labranza aun año de clausura, en donde el sistema de labranza con rastra de cincel obtuvo un mejor rendimiento con 6300.17 kg/ha, mientras que con rastra de disco tuvo un rendimiento de 6105.10 kg/ha, la rastra de cadena muestra un rendimiento de 4647.80 Kg/ha y con respecto al testigo muestra un rendimiento de 4245.23 Kg/ha.



**Figura 16.** Materia verde inicial y final (kg/ha), por efecto de sistemas de labranza

#### 4.10.2. Materia seca

En el análisis de variancia para la materia seca de la pradera nativa por efecto de sistema de labranza (Tabla 34), se encontró diferencia significativa para los bloques, para los tratamientos (sistema de labranza) con rastras de disco, cincel, cadena y testigo, no existe diferencia estadística significativa. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad (C.V.) es 13.5 %, Indicando que el experimento ha sido conducido en forma confiable, D.A.N.E (2005).

**Tabla 34.** Análisis de varianza de materia seca (kg/ha), por efecto de sistema de labranza

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	1	3.31	3.31	12.97	10.128	34.116	*
Tratamientos	3	2.64	0.88	3.45	9.277	29.460	N.S.
Error experimental	3	0.77	0.26				
Total	7	6.72	0.96				
C.V.= 13.5 %		$\bar{X}$ = 3737.4875 kg/ha					

En orden de mérito, ocupa el primer lugar rastra de disco con rendimiento de 4319.38 kg/ha, segundo rastra de cincel con 4273.86 kg/ha, tercero rastra de cadena con 3364.67 kg/ha y en cuarto lugar labranza cero testigo con menor rendimiento de 2992.04 kg/ha de materia seca.

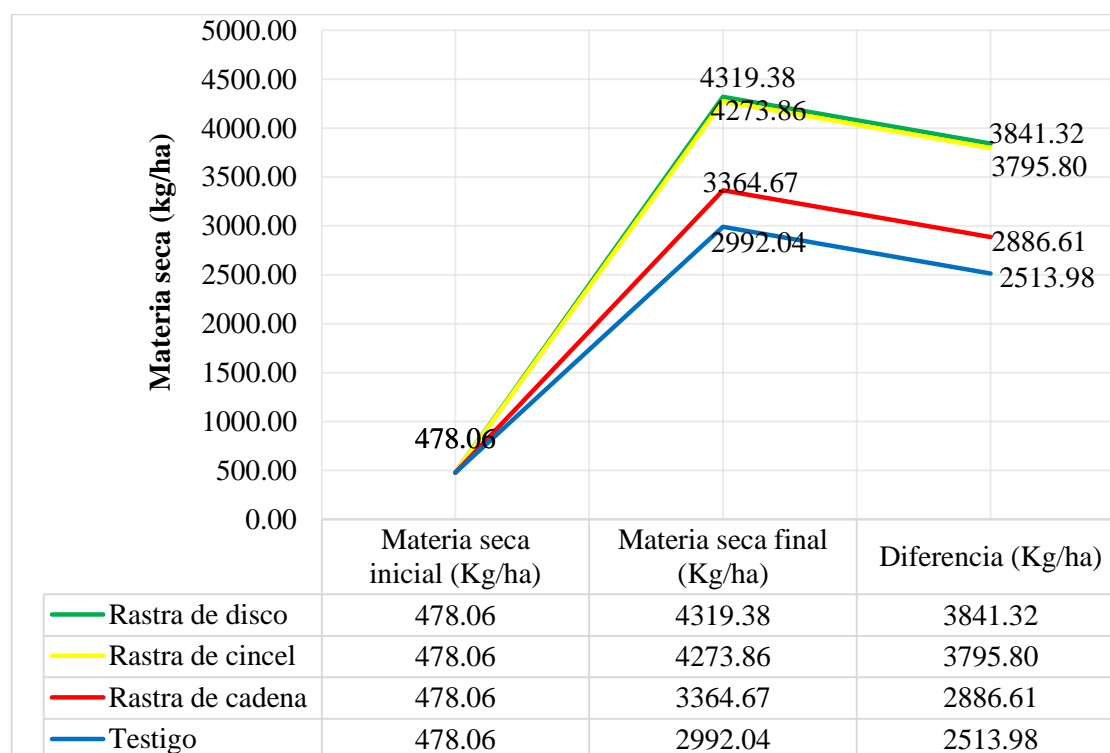
En la Tabla 35, la evaluación inicial de la materia seca fue: 480.00 kg/ha, mostrando que la pradera se encuentra sobre pastoreada con una condición muy pobre, la diferencia de materia seca inicial y final muestra una gran diferencia por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de disco 3841.32 kg/ha, rastra de cincel 3795.80 kg/ha, rastra de cadena 2886.61 kg/ha y con respecto al testigo 2513.98 kg/ha. El cambio muestra un incremento de materia seca por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de disco 799.871 %, rastra de cincel 790.388 %, rastra de cadena 600.973 % y con respecto al testigo 523.342 %, estos datos nos muestran que con el uso de sistemas de labranza con rastra de cincel y disco, cuenta mayor disponibilidad de materia seca.

**Tabla 35.** Cambios en la materia seca inicial y final (kg/ha), por efecto de sistema de labranza

Sistema de labranza	Materia seca inicial (Kg/ha)	Materia seca final (Kg/ha)	Diferencia (Kg/ha)	Cambio (%)
Rastra de disco	480.00	4319.38	3841.32	799.871
Rastra de cincel	480.00	4273.86	3795.80	790.388
Rastra de cadena	480.00	3364.67	2886.61	600.973
Testigo	480.00	2992.04	2513.98	523.342

Fuente: Evaluación inicial en base a la información obtenida en censos de vegetación en la Unidad Experimental EEA-Illpa. Proyecto 96 (PNIA).

En la figura 17, se observa el comparativo de la materia seca (kg/ha) inicial y final en la pradera nativa por efecto de sistemas de labranza aun año de clausura, en donde el sistema de labranza con rastra de disco obtuvo un mejor crecimiento con (3841.32 kg/ha), mientras que con rastra de cincel tuvo un crecimiento de (3795.80 kg/ha), la rastra de cadena muestra un crecimiento de (2886.61 kg/ha) y con respecto al testigo muestra un crecimiento de (2513.98 kg/ha).



**Figura 17.** Materia seca inicial y final (kg/ha), por efecto de sistemas de labranza

La evaluación final de materia seca es superior a la evaluación inicial, los cuales son respaldados por Mendoza (2011), que manifiesta que la materia seca muestra que con el uso de labranza cuanta con 4340 kg/ha y sin labranza un 3340 kg/ha. Además Oscanoa L. y Flores E. (2016), manifiesta que la materia seca en tratamientos como surcos 1755 kg/ha, hoyos 1562 kg/ha y labranza cero 1067 kg/ha y estos resultados muestran que con el uso de sistema de labranza mínima cuenta con una mejor disponibilidad de materia seca, frente a la labranza cero, el sistema de labranza mínima con rastra de cincel cuenta con mayor disponibilidad de materia verde, sin embargo la mayor materia seca se encuentra con el sistema de labranza mínima con rastra de disco, esto es debido a que cuenta con menor senescencia.

#### **4.11. Carga animal óptima estimada**

En la Tabla 36, se muestra la carga animal optima por especie, la evaluación inicial fue: en vacuno (0.05 UA/ha/año), en ovino (0.58 UA/ha/año), en alpaca (0.52 UA/ha/año), esto muestra que la parcela cuenta con una condición pobre. La evaluación final cuenta con un aumento por clausura y efectos de sistema de labranza mínima con rastra de disco, en ganado vacuno (0.49 UA/ha/año), en ovinos (4.7 UA/ha/año), en alpacas (4.14 UA/ha/año), por efectos de sistema de labranza mínima con rastra de cincel, en ganado vacuno (0.49 UA/ha/año), en ovino (4.6 UA/ha/año), en alpacas (4.05 UA/ha/año), por efectos de sistema de labranza mínima con rastra de cadena, en ganado vacuno (0.38 UA/ha/año), en ovinos es de (4.05 UA/ha/año), en alpacas (3.56 UA/ha/año), por efectos de sistema de labranza cero testigo en ganado vacuno (0.34 UA/ha/año), en ovinos (3.08 UA/ha/año), en alpacas (2.71 UA/ha/año).

La diferencia de capacidad de carga animal optima en unidades animal vacuno inicial y final muestra una gran diferencia por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de disco (0.44 UA/ha/año), rastra de cincel (0.44 UA/ha/año), rastra de cadena (0.33 UA/ha/año) y testigo (0.29 UA/ha/año).

La diferencia de capacidad de carga animal optima en unidades animal ovino inicial y final muestra una gran diferencia por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de disco (4.70 UA/ha/año), rastra de cincel (4.65 UA/ha/año), rastra de cadena (3.54 UA/ha/año) y testigo (3.08 UA/ha/año).

La diferencia de capacidad de carga animal óptima en unidades animal alpaca inicial y final muestra una gran diferencia por efecto de sistemas de labranza mecanizada con rastra de disco (4.14 UA/ha/año), rastra de cincel (4.09 UA/ha/año), rastra de cadena (3.11 UA/ha/año) y testigo (2.71 UA/ha/año).

**Tabla 36.** Capacidad de carga inicial y final (UA/ha/año), por efecto de sistemas de labranza

Especie animal	Sistema de labranza	Disponibilidad de MS kg/ha/año	Factor de consumo	Disponibilidad de consumo de MS kg/ha/año	Consumo de MS Kg/UA/año	Carga Animal Optima UA/ha/año
Vacuno	Evaluación inicial	478.06	0.50	239.03	4380.0	0.05
	Eval. Final con rastra de disco	4319.38	0.50	2159.69	4380.0	0.49
	Eval. Final con rastra de cincel	4273.86	0.50	2136.93	4380.0	0.49
	Eval. Final con rastra de cadena	3364.67	0.50	1682.34	4380.0	0.38
	Eval. Final con Testigo	2992.04	0.50	1496.02	4380.0	0.34
Ovino	Evaluación inicial	478.06	0.50	239.03	408.80	0.58
	Eval. Final con rastra de disco	4319.38	0.50	2159.69	408.80	5.28
	Eval. Final con rastra de cincel	4273.86	0.50	2136.93	408.80	5.23
	Eval. Final con rastra de cadena	3364.67	0.50	1682.34	408.80	4.12
	Eval. Final con Testigo	2992.04	0.50	1496.02	408.80	3.66
Alpaca	Evaluación inicial	478.06	0.50	239.03	463.55	0.52
	Eval. Final con rastra de disco	4319.38	0.50	2159.69	463.55	4.66
	Eval. Final con rastra de cincel	4273.86	0.50	2136.93	463.55	4.61
	Eval. Final con rastra de cadena	3364.67	0.50	1682.34	463.55	3.63
	Eval. Final con Testigo	2992.04	0.50	1496.02	463.55	3.23

De acuerdo a la tabla anterior, en las parcelas experimentales con sistemas de labranza mínima a un año de clausura con rastra de disco y cincel soporta un total 5.28 y 5.23 unidades animal ovino por hectárea respectivamente, mientras que el testigo cuenta con 3.66 unidades animal ovino por hectárea, viendo la diferencia del testigo frente al sistema de labranza mínima con rastra de disco con 1.62 unidad animal ovino por hectárea, lo cual nos indica que el sistema de labranza con rastra de disco y cincel genera un impacto positivo en la rehabilitación de praderas nativas.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

Por efectos de los sistemas de labranza al año en la pradera nativa la compactación del suelo disminuyó de 32.5 a 26.9 kg/cm<sup>2</sup> lo que indica una disminución de 17.17 % con rastra de disco; 25.7 kg/cm<sup>2</sup> con una disminución de 20.80 % con rastra de cincel; 29.8 kg/cm<sup>2</sup> con una disminución de 8.28 % con rastra de cadena y 31.3 kg/cm<sup>2</sup> con una disminución de 3.69 % con respecto al testigo, mostrando que el sistema de labranza con rastra de cincel cuenta con mejores resultados, en la disminución de compactación del suelo.

En la pradera nativa al año de clausura, entre el testigo y los sistemas de labranza con rastra de disco, cincel y cadena la humedad del suelo aumentó de 15.5 a 17.9 %; la densidad aparente del suelo disminuyó de 1.37 a 1.32 gr/cm<sup>3</sup>; la porosidad del suelo aumentó de 23.6 a 27.5 % y la infiltración de agua en el suelo aumenta de 3.39 a 10.74 mm/hr, mostrando que por el efecto de sistemas de labranza mínima con rastra de disco, cincel y cadena cuenta con mejores condiciones físicas del suelo.

En la composición florística de especies deseables por efectos de labranza mínima con rastra de disco se incrementó de 57 a 60.7 %; con rastra de cincel disminuye de 57 a 65.5 %; con rastra de cadena disminuye de 57 a 44 % y con respecto al testigo disminuye de 57 a 47.8 %, en especies poco deseables se incrementó de 6.3 a 33.3 % con rastra de disco; 38.3 % con rastra de cincel; 39.5 % con rastra de cadena y 33.3 % con respecto al testigo, mostrando mejores resultados con la rastra de disco en especies deseables y poco deseables, en la cobertura vegetal aumento de 63.5 a 94.3 % con rastra de disco; 95.3 % con rastra de cincel; 83.8 % con rastra de cadena y 81.3 % con respecto al testigo, mostrando que la rastra de disco y cincel, tiene mayor cobertura vegetal.

En el rendimiento de materia seca se incrementó de 480 a 4319.4 kg/ha con rastra de disco; 4273.9 kg/ha con rastra de cincel; 3364.7 kg/ha con rastra de cadena y 2992 kg/ha con respecto al testigo, mostrando tener mayor cantidad de materia seca por efecto de sistema de labranza con rastra de disco y cincel, con la consiguiente mejora significativa de la carga animal óptima de 0.58 a un promedio de 4.88 unidades animal ovino por hectárea.

## CAPÍTULO VI

### RECOMENDACIONES

Se recomienda la clausura y efectuar sistema de labranza para la rehabilitación de las praderas nativas compactadas de condición muy pobre.

Se recomienda la evaluación del área experimental en los siguientes años en la rehabilitación de praderas nativas por efectos de sistemas de labranza.

Realizar el estudio de la interacción humedad del suelo con las especies nativas dominantes en los tipos de pastos naturales alto andinos.

Realizar estudios de compactación del suelo por unidad animal vacuno, ovino y alpaca en praderas nativas.



## CAPÍTULO VII

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegría, V. (2013). *Inventario y uso sostenible de pastizales en la zona colindante a los depósitos de relavera de Ocroyoc - Comunidad San Antonio De Rancas – Pasco*. Lima, Perú.
- Alvarado, C. (2006). *Mecanización agrícola*. Lima, Perú.
- Astorga, N. (1987). *Algunos problemas en el manejo de praderas para conducción ganadera en el Altiplano Peruano*, UNA Puno-Perú.
- Choque, L. y Astorga, N. (2007). *Manejo de praderas nativas y pasturas*. Escuela profesional de Ingeniería Agronómica. UNA. Puno. Perú.
- Choque, L. (2012). *Producción y Manejo de Especies Forrajeras*. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Puno, Perú.
- Choque, N. (1993). *Guía germoplasma de pastos nativos Andinos*. UNA. Puno. Perú.
- Condori, E. y Choquehuanca, D. (2001). *Evaluación de las características y distribución de los bofedales en el ámbito Peruano del sistema TDPS*. Universidad Nacional del Altiplano Puno, Facultad de Ciencias Biológicas. Perú.
- D.A.N.E. (2005). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística, estimación e interpretación del coeficiente de variación de la encuesta cocensal*. Censo General 2005 – CGRAL. Colombia.
- Delgadillo, O. y Pérez, L. (2016). *Medición de la infiltración del agua en el suelo, método del doble anillo*. Cochabamba, Bolivia.
- FAO. (1996). *Principios de Manejo de Praderas Naturales*. Segunda edición, Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias Argentina.
- Farfan, R. y Durant, A. (1998). *Manejo y técnicas de evaluación de pastizales Altoandinos*. Publicación Técnica N° 39. La Raya. Marangani. Cusco-Perú.

- Farfán, R. y Farfán E. (2012). *Producción de pasturas cultivadas y manejo de pastos naturales alto andinos*. INIA - Gobierno Regional de Moquegua, Perú.
- Flores, E. (1992). *Manejo y evaluación de los pastizales*. Folleto divulgativo. Instituto de Tecnologías Agropecuarias- Universidad Nacional Agraria La Molina Lima Perú.
- Flores, E. (1996). *Principios de inventario y mapeo de pastizales*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Flores, E. (1999). *Realidad y Limitaciones y Necesidades de Investigación del Sector Pecuario Peruano*. Universidad Nacional Agraria La Molina Lima Perú.
- Flórez, A. y Malpartida, E. (1987). *Manejo de praderas nativas y pasturas en la región alto andina del Perú*. Fondo del Libro (Banco Agrario del Perú). Perú.
- Flórez, A. (1993). *Producción y utilización de los pastizales alto andinos del Perú*. Red de Pastizales Andinos (REPAAN). Perú.
- Florez, A. (2005). *Manual de Pastos y Forrajes Alto Andinos*. Lima, Perú.
- Francis, M. (2014). *Manejo de praderas altoandinas y cosecha de agua*. Perú.
- Guillén, D. (2015). *Manejo de pastizales en Huancavelica. Manejo de pastizales alto andinos en Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica Facultad de Ciencias de Ingeniería. Perú.
- Horacio, L. (1987). *Manejo de praderas*. INIA Perú.
- Huisa, T. (1996). *Pastizales y nutrición al pastoreo. Estudio de caso de la Raya C.E.P. La Raya programa de ganadería andina*. Editorial UNSAAC Cusco -Perú.
- Informe Técnico Financiero (ITF), II y III semestre (2017) Proyecto 096: “*Mejoramiento del estado de salud de las praderas nativas degradadas en la provisión de forrajes en ecosistemas del altiplano de Puno*”- PNIA- INIA. Puno Perú.
- Luque, J. (1989). *Drenaje agrícola y desagüe de áreas inundables*. Ed. Hemisferio sur. Buenos Aires – Argentina.

- Mendoza, P. (2011). *Evaluación de pradera nativa (Festuca dolichoplylla) a la incorporación de abonos orgánicos y siembra de trébol blanco (Trifolium repens) sin y con labranza*. Puno Perú.
- Ministerio de Agricultura D.G.P.A.- Crianzas (2000). Perú.
- Novoa, C. y Flores, A. (1991). *Producción de rumiantes menores – alpacas*. Lima. Perú.
- ONERN. (1985). *Los Recursos Naturales del Perú*. Oficina de Evaluación de Recursos Naturales. Lima Perú.
- Oscanoa, L. y Flores, E. (2016). *Influencia de técnicas de mejora de suelos sobre la función hídrica de pastos naturales alto andinos*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.
- Ospina, A. (2015). *Plan Nacional de Restauración. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá - Colombia.
- Proyecto Checua. (2000). *Cultivar sin arar*. Colombia.
- Puma, C. (2014). *"Comparativo de dos métodos de determinación de la condición de un pastizal tipo pajonal de pampa en el cicas la raya-faz. - UNSAAC"*. Cusco- Perú.
- Ruiz, C. y Tapia, M. (1987). *Producción y Manejo de Forrajes en los Andes del Perú*. Lima. Perú.
- Semple, A.T. (1974). *El pastoreo intensivo aumenta al valor de los potreros tropicales. Revista Nacional de Agricultura*. Colombia.
- Studdert, G. (2001). *Labranza Conservacionista*. Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Mar del Plata. Argentina.
- Taboada, M. (2007). *Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos en siembra directa*. Lima. Perú.
- Tapia, N. y Flores, O. (1984). *Pastoreo y Pastizales de los Andes del Sur del Perú*. Lima. Perú.

- Tejos, R. (2002). *Pastos inundados de sabanas inundables, caracterización y manejo. Magagarf Barquisimeto*. Venezuela.
- Vargas, O. (2007). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque alto andino*, Universidad Nacional de Colombia.
- Vásquez, A. y Tapia, M. (2011). *Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las laderas semiáridas de la sierra Peruana*. Lima. Perú.

**ANEXOS**

**Tabla 37.** Evaluación de presión del suelo (Psi) y profundidad (Prof.) inicial de la pradera nativa compactada de condición pobre

BLOQUE	Evaluación inicial			
	I		II	
Evaluación	Psi	Prof. (cm)	Psi	Prof. (cm)
1	450	2.5	450	2.6
2	450	2.3	420	3.2
3	500	2.1	400	3.6
4	500	2.4	450	3.5
5	400	2.6	450	3.4
6	450	2.3	450	3.8
7	450	2.9	450	3.7
8	450	2.4	500	2.5
9	450	2.9	450	4.5
10	500	1.5	450	5.5
11	500	2.6	500	2.2
12	500	2.6	500	2.1
13	450	2.9	450	2.5
14	500	2.6	450	2.9
15	450	3.6	450	2.5
16	450	4.2	450	2.2
17	450	2.6	450	2.6
18	450	6.5	450	2.5
19	450	5.6	500	2.6
20	500	1.9	500	2.5
<b>Promedio</b>	<b>465.00</b>	<b>2.95</b>	<b>458.50</b>	<b>3.05</b>

**Tabla 38.** Promedio evaluación de presión y profundidad inicial de la pradera nativa compactada de condición pobre

BLOQUES	PRESION EJERCIDA EN EL SUELO		PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO
	Psi	Kg/cm2	Prof. (cm)
I	465.00	32.75	2.95
II	458.50	32.29	3.05
<b>Promedio</b>	<b>461.75</b>	<b>32.52</b>	<b>3.00</b>

**Tabla 39.** Evaluación de presión y profundidad del suelo final por efectos de sistemas de labranza al año de clausura

Sistema de labranza	I						II							
	Rastra de disco		Rastra de cincel		Rastra de cadena		Rastra de disco		Rastra de cincel		Rastra de cadena		Testigo	
	Psi	Prof. (cm)	Psi	Prof. (cm)	Psi	Prof. (cm)	Psi	Prof. (cm)	Psi	Prof. (cm)	Psi	Prof. (cm)	Psi	Prof. (cm)
1	400	4.7	400	6	400	7.2	450	6.5	300	17	480	410	10.2	
2	400	5.6	350	7.3	400	0.3	380	8.8	350	9.3	400	450	1.7	
3	400	5.3	350	5.4	390	0.6	400	9.8	430	5.1	400	500	2	
4	380	10.7	350	8.5	420	9	280	15.2	400	2.1	400	500	1.9	
5	400	5	380	6.5	400	3.7	280	23.6	350	8.7	410	490	1.9	
6	450	9.3	410	6.1	400	0.5	420	0.6	280	23.5	420	480	7.8	
7	450	4.7	300	14.9	400	1.9	450	6.1	350	11.5	400	420	7.4	
8	400	4.3	350	9	400	2.1	420	4.5	410	4.6	410	350	6.5	
9	330	16.5	350	6.8	460	1.9	380	6.4	400	26	400	450	10.4	
10	300	17.5	350	5.1	400	1.3	280	49	400	3.9	400	500	2.5	
11	400	8.2	450	6.9	490	6.9	420	4.8	450	3.1	420	480	0.4	
12	400	7.2	300	38	500	5.4	400	5	410	1.7	410	500	1.7	
13	350	12.7	300	24.2	420	2.2	430	5.6	410	10.8	400	400	1.9	
14	400	4.9	350	9.4	500	5.3	450	4.8	400	4.9	460	400	12.2	
15	350	12	300	13.1	440	3	400	8.8	280	50.3	400	410	1.5	
16	450	8.5	300	10.3	440	1.5	400	2.9	450	8.9	420	500	3.9	
17	400	9.9	400	3.4	480	3.6	400	3.5	400	9.8	400	440	2	
18	300	15.2	350	8.6	420	1	300	17.1	420	0.4	400	460	0.9	
19	400	9.2	400	4.1	430	0.2	410	3.6	300	14	400	450	2	
20	300	15.4	390	4.7	500	6.7	280	46.5	300	17.8	410	420	4	
<b>Prom</b>	<b>383</b>	<b>9.34</b>	<b>356.5</b>	<b>9.92</b>	<b>434.5</b>	<b>3.22</b>	<b>381.5</b>	<b>11.66</b>	<b>374.5</b>	<b>11.67</b>	<b>412</b>	<b>450.5</b>	<b>4.14</b>	

**Tabla 40.** Promedio de variables de presión del suelo final por efectos de sistemas de labranza al año de clausura

BLOQUES	PRESION EJERCIDO DEL SUELO (Kg/cm2)			
	Rastra de disco	Rastra de cincel	Rastra de cadena	Testigo
I	26.97	25.11	30.60	30.88
II	26.87	26.37	29.01	31.73
<b>Promedio</b>	<b>26.92</b>	<b>25.74</b>	<b>29.81</b>	<b>31.30</b>

**Tabla 41.** Promedio de variables de profundidad del suelo final por efectos de sistemas de labranza al año de clausura

BLOQUES	PROFUNDIDAD DEL SUELO PENETRADO (cm)			
	Rastra de disco	Rastra de cincel	Rastra de cadena	Testigo
I	9.34	9.92	3.22	3.15
II	11.66	11.67	4.47	4.14
<b>Promedio</b>	<b>10.50</b>	<b>10.79</b>	<b>3.84</b>	<b>3.65</b>

**Tabla 42.** Datos de humedad mensual del suelo 2017-2018

Bloq.	I				II			
	Rastra de disco	Rastra de cincel	Rastra de cadena	Testigo	Rastra de disco	Rastra de cincel	Rastra de cadena	Testigo
<b>FEB</b>	24.67	22.73	28.19	22.54	27.74	28.34	27.99	24.93
<b>MAR</b>	21.66	17.73	26.07	18.94	27.07	28.28	22.44	25.09
<b>ABR</b>	16.75	17.95	15.4	15.47	17.62	18.51	17.6	17.35
<b>MAY</b>	13.65	17.52	15.18	19.19	20.22	18	17.5	12.6
<b>JUN</b>	14.19	15.06	13.3	14.22	17.15	19.61	19.17	16.92
<b>JUL</b>	12.26	11.95	11.6	11.58	11.2	12.58	12.61	11.56
<b>AGO</b>	9.04	13.27	9.86	10.14	11.18	9.18	8.36	7.93
<b>SET</b>	10.58	12.9	11.89	10.15	16.99	14.91	14.22	14.05
<b>OCT</b>	13.87	13.67	14.04	11.49	14.23	15.89	13.97	14.94
<b>NOV</b>	12.65	15.48	8.45	10.37	15.59	17.08	14.19	12.23
<b>DIC</b>	13.71	15.6	10.31	12.69	14.56	17.24	13.56	10.82
<b>ENE</b>	19.38	19.21	17.45	19.36	25.43	27.97	25.89	21.83
<b>FEB</b>	21.16	21.61	17.9	19.47	25.7	28.54	26.09	22.84
<b>MAR</b>	26.21	27.42	25.26	25.32	28.22	30.67	26.57	26
<b>ABR</b>	19.36	20.83	17.78	17.2	20.08	22.09	19.45	18.11

**Tabla 43.** Promedio anual de humedad del suelo, por efectos de sistema de labranza

Bloques	HUMEDAD DEL SUELO (%)			
	Rastra de disco	Rastra de cincel	Rastra de cadena	Testigo
I	16.61	17.53	16.18	15.88
II	19.53	20.59	18.64	17.15
<b>Prom</b>	<b>18.07</b>	<b>19.06</b>	<b>17.41</b>	<b>16.51</b>

**Tabla 44.** Datos de densidad de participa, densidad aparente y porosidad del suelo

Bloq.	Sistema de labranza	Muestra de suelo húmedo gr.	Muestra de suelo seco gr.	Vol. de cilindro cm <sup>3</sup> .	Dr. (gr/cm <sup>3</sup> )	Da. (gr/cm <sup>3</sup> )	% de Porosidad
I	Rastra de disco	166.70	126.95	95.42	1.75	1.33	23.85
	Rastra de cincel	168.50	126.58	95.42	1.77	1.33	24.88
	Rastra de cadena	165.88	129.87	95.42	1.74	1.36	21.71
	Testigo	167.97	132.11	95.42	1.76	1.38	21.35
II	Rastra de disco	172.47	125.25	95.42	1.81	1.31	27.38
	Rastra de cincel	177.11	123.95	95.42	1.86	1.30	30.02
	Rastra de cadena	172.03	127.76	95.42	1.80	1.34	25.73
	Testigo	174.22	129.21	95.42	1.83	1.35	25.84

**Tabla 45.** Promedio de densidad aparente del suelo, por efectos de sistemas de labranza al año de clausura

BLOQUES	DENSIDAD APARENTE (gr/cm <sup>3</sup> )			
	Rastra de disco	Rastra de cincel	Rastra de cadena	Testigo
I	1.33	1.33	1.36	1.38
II	1.31	1.30	1.34	1.35
<b>Promedio</b>	<b>1.32</b>	<b>1.315</b>	<b>1.35</b>	<b>1.365</b>

**Tabla 46.** Promedio de porosidad del suelo, por efectos de sistemas de labranza al año de clausura

BLOQUES	POROSIDAD DEL SUELO (%)			
	Rastra de disco	Rastra de cincel	Rastra de cadena	Testigo
I	23.85	24.88	21.71	21.35
II	27.38	30.02	25.73	25.84
<b>Promedio</b>	<b>25.615</b>	<b>27.45</b>	<b>23.72</b>	<b>23.595</b>



**Tabla 47.** Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque I, con rastra de disco

N° de lectura	TIEMPO (min)				LAMINA DE INFILTRACION				Velocidad de infiltración instantánea (cm/hr)
	Parcial		SUMA (min)	Parcial (min)	Acumulación (min)	Nivel de agua (cm)	Infiltración (cm)	Acumulación (cm)	
	min	Seg							
1	0.0	0.0	0.000	0.000	0	30.4	0.0	0.0	#iDIV/0!
2	3.0	0.0	3.000	3.000	3.000	23.3	7.1	7.1	2.37
3	5.0	20.0	5.333	2.333	5.333	20.4	2.9	10.0	1.24
4	10.0	10.0	10.167	4.833	10.167	17.7	2.7	12.7	0.56
5	15.0	0.0	15.000	4.833	15.000	14.0	3.7	16.4	0.77
6	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	29.5	0.0	0.0	#iDIV/0!
7	5.0	0.0	5.000	5.000	20.000	26.8	2.7	19.1	0.54
8	10.0	0.0	10.000	5.000	25.000	24.8	2.0	21.1	0.40
9	15.0	20.0	15.333	5.333	30.333	23.5	1.3	22.4	0.24
10	20.0	10.0	20.167	4.833	35.167	22.2	1.3	23.7	0.27
11	25.0	0.0	25.000	4.833	40.000	21.6	0.6	24.3	0.12
12	31.0	15.0	31.250	6.250	46.250	21.0	0.6	24.9	0.10
13	37.0	0.0	37.000	5.750	52.000	20.8	0.2	24.5	0.03
14	42.0	0.0	42.000	5.000	57.000	20.5	0.3	24.8	0.06
15	52.0	0.0	52.000	10.000	67.000	20.0	0.5	25.3	0.05
16	62.0	0.0	62.000	10.000	77.000	19.6	0.4	25.7	0.04
17	72.0	0.0	72.000	10.000	87.000	19.1	0.5	26.2	0.05
18	82.0	0.0	82.000	10.000	97.000	18.8	0.3	26.5	0.03
19	92.0	0.0	92.000	10.000	107.000	18.5	0.3	26.8	0.03
20	102.0	0.0	102.000	10.000	117.000	18.2	0.3	27.1	0.03

**Tabla 48.** Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque I, con rastra de cincel

N° de lectura	TIEMPO				LAMINA DE INFILTRACION				Velocidad de infiltración instantánea (cm/hr) # <sub>i</sub> DIV/0!
	Parcial		SUMA (min)	Parcial (min)	Acumulación (min)	Nivel de agua (cm)	Infiltración (cm)	Acumulación (mm)	
	min	Seg							
1	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	33.2	0.0	0.0	0.0
2	3.0	0.0	3.000	3.000	3.000	24.3	8.9	8.9	2.97
3	5.0	0.0	5.000	2.000	5.000	21.0	3.3	12.2	1.65
4	10.0	0.0	10.000	5.000	10.000	18.6	2.4	14.6	0.48
5	15.0	0.0	15.000	5.000	15.000	16.8	1.8	16.4	0.36
6	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	30.2	0.0	0.0	# <sub>i</sub> DIV/0!
7	5.0	0.0	5.000	5.000	20.000	27.0	3.2	19.6	0.64
8	10.0	0.0	10.000	5.000	25.000	24.2	2.8	22.4	0.56
9	15.0	0.0	15.000	5.000	30.000	22.2	2.0	24.4	0.40
10	20.0	0.0	20.000	5.000	35.000	20.4	1.8	26.2	0.36
11	25.0	0.0	25.000	5.000	40.000	18.9	1.5	27.7	0.30
12	30.0	0.0	30.000	5.000	45.000	17.8	1.1	28.8	0.22
13	35.0	0.0	35.000	5.000	50.000	17.0	0.8	28.5	0.16
14	40.0	0.0	40.000	5.000	55.000	16.4	0.6	29.1	0.12
15	50.0	0.0	50.000	10.000	65.000	15.8	0.6	29.7	0.06
16	60.0	0.0	60.000	10.000	75.000	15.4	0.4	30.1	0.04
17	70.0	0.0	70.000	10.000	85.000	15.0	0.4	30.5	0.04
18	80.0	0.0	80.000	10.000	95.000	14.7	0.3	30.8	0.03
19	90.0	0.0	90.000	10.000	105.000	14.4	0.3	31.1	0.03
20	100.0	0.0	100.000	10.000	115.000	14.1	0.3	31.4	0.03

**Tabla 49.** Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque I, con rastra de cadena

N° de lectura	TIEMPO				LAMINA DE INFILTRACION				Velocidad de infiltración instantánea (cm/hr)
	Dato acumulado		SUMA (min)	Parcial (min)	Acumulación (min)	Nivel de agua (cm)	Infiltración (cm)	Acumulación (mm)	
	min	Seg							
1	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	37.8	0.0	0.0	#¡DIV/0!
2	5.0	0.0	5.000	5.000	5.000	33.6	4.2	4.2	0.84
3	10.0	0.0	10.000	5.000	10.000	32.8	0.8	5.0	0.16
4	15.0	0.0	15.000	5.000	15.000	32.0	0.8	5.8	0.16
5	20.0	0.0	20.000	5.000	20.000	31.7	0.3	6.1	0.06
6	30.0	0.0	30.000	10.000	30.000	30.7	1.0	7.1	0.10
7	40.0	0.0	40.000	10.000	40.000	30.4	0.3	7.4	0.03
8	50.0	0.0	50.000	10.000	50.000	29.8	0.6	8.0	0.06
9	60.0	0.0	60.000	10.000	60.000	29.1	0.7	8.7	0.07
10	70.0	0.0	70.000	10.000	70.000	28.5	0.6	9.3	0.06
11	80.0	0.0	80.000	10.000	80.000	27.9	0.6	9.9	0.06
12	90.0	0.0	90.000	10.000	90.000	27.3	0.6	10.5	0.06
13	100.0	0.0	100.000	10.000	100.000	26.7	0.6	10.5	0.06
14	110.0	0.0	110.000	10.000	110.000	26.2	0.5	11.0	0.05
15	120.0	0.0	120.000	10.000	120.000	25.7	0.5	11.5	0.05
16	130.0	0.0	130.000	10.000	130.000	25.2	0.5	12.0	0.05
17	140.0	0.0	140.000	10.000	140.000	24.9	0.3	12.3	0.03
18	150.0	0.0	150.000	10.000	150.000	24.7	0.2	12.5	0.02
19	160.0	0.0	160.000	10.000	160.000	24.5	0.2	12.7	0.02
20	170.0	0.0	170.000	10.000	170.000	24.3	0.2	12.9	0.02

**Tabla 50.** Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque I, testigo

N° de lectura	TIEMPO				LAMINA DE INFILTRACION				Velocidad de infiltración instantánea (cm/hr)
	Dato acumulado		SUMA (min)	Parcial (min)	Acumulación (min)	Nivel de agua (cm)	Infiltración (cm)	Acumulación (mm)	
	min	Seg							
1	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	31.8	0.0	0.0	#,DIV/0!
2	2.0	10.0	2.167	2.167	2.167	27.8	4.0	4.0	1.85
3	5.0	5.0	5.083	2.917	5.083	26.8	1.0	5.0	0.34
4	10.0	45.0	10.750	5.667	10.750	25.5	1.3	6.3	0.23
5	16.0	10.0	16.167	5.417	16.167	24.6	0.9	7.2	0.17
6	20.0	40.0	20.667	4.500	20.667	24.1	0.5	7.7	0.11
7	25.0	0.0	25.000	4.333	25.000	23.7	0.4	8.1	0.09
8	30.0	0.0	30.000	5.000	30.000	23.3	0.4	8.5	0.08
9	37.0	45.0	37.750	7.750	37.750	22.8	0.5	9.0	0.06
10	40.0	55.0	40.917	3.167	40.917	22.6	0.2	9.2	0.06
11	50.0	42.0	50.700	9.783	50.700	22.2	0.4	9.6	0.04
12	60.0	10.0	60.167	9.467	60.167	21.9	0.3	9.9	0.03
13	70.0	2.0	70.033	9.867	70.033	21.6	0.3	9.9	0.03
14	80.0	10.0	80.167	10.133	80.167	21.3	0.3	10.2	0.03
15	90.0	0.0	90.000	9.833	90.000	19.9	1.4	11.6	0.14
16	100.0	0.0	100.000	10.000	100.000	19.7	0.2	11.8	0.02
17	110.0	0.0	110.000	10.000	110.000	19.5	0.2	12.0	0.02
18	120.0	0.0	120.000	10.000	120.000	19.3	0.2	12.2	0.02
19	130.0	0.0	130.000	10.000	130.000	19.1	0.2	12.4	0.02
20	140.0	0.0	140.000	10.000	140.000	18.9	0.2	12.6	0.02

**Tabla 51.** Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque II, con rastra de disco

N° de lectura	TIEMPO			LAMINA DE INFILTRACION				Velocidad de infiltración instantánea (cm/hr)
	Dato acumulado		SUMA (min)	Acumulación (min)	Nivel de agua (cm)	Infiltración (cm)	Acumulación (mm)	
	min	Seg						
1	0.0	0.0	0.000	0.000	33.8	0.0	0.0	#¡DIV/0!
2	2.0	1.0	2.017	2.017	24.0	9.8	9.8	4.86
3	5.0	5.0	5.083	3.067	19.5	4.5	14.3	1.47
4	11.0	5.0	11.083	6.000	13.5	6.0	20.3	1.00
5	0.0	0.0	0.000	0.000	32.4	0.0	0.0	#¡DIV/0!
6	5.0	10.0	5.167	5.167	26.3	6.1	26.4	1.18
7	10.0	10.0	10.167	5.000	22.0	4.3	30.7	0.86
8	15.0	0.0	15.000	4.833	18.4	3.6	34.3	0.74
9	20.0	45.0	20.750	5.750	15.6	2.8	37.1	0.49
10	26.0	25.0	26.417	5.667	12.6	3.0	40.1	0.53
11	34.0	55.0	34.917	8.500	9.4	3.2	43.3	0.38
12	0.0	0.0	0.000	0.000	27.8	0.0	0.0	#¡DIV/0!
13	10.0	10.0	10.167	10.167	20.9	6.9	50.2	0.68
14	20.0	10.0	20.167	10.000	16.1	4.8	55.0	0.48
15	30.0	5.0	30.083	9.917	12.3	3.8	58.8	0.38
16	40.0	30.0	40.500	10.417	9.2	3.1	61.9	0.30
17	50.0	0.0	50.000	9.500	7.0	2.2	64.1	0.23
18	59.0	55.0	59.917	9.917	5.1	1.9	66.0	0.19
19	0.0	0.0	0.000	0.000	32.0	0.0	0.0	#¡DIV/0!
20	10.0	0.0	10.000	10.000	30.4	1.6	67.6	0.16
21	20.0	0.0	20.000	10.000	28.8	1.6	69.2	0.16

**Tabla 52.** Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque II, con rastra de cincel

N° de lectura	TIEMPO				LAMINA DE INFILTRACION				Velocidad de infiltración instantánea (cm/hr) #jDIV/0!
	Dato acumulado		SUMA (min)	Parcial (min)	Acumulación (min)	Nivel de agua (cm)	Infiltración (cm)	Acumulación (mm)	
	min	Seg							
1	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	34.0	0.0	0.0	0.0
2	2.0	2.0	2.033	2.033	2.033	23.1	10.9	10.9	5.36
3	5.0	3.0	5.050	3.017	5.050	18.3	4.8	15.7	1.59
4	10.0	5.0	10.083	5.033	10.083	13.5	4.8	20.5	0.95
5	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	32.9	0.0	0.0	#jDIV/0!
6	5.0	2.0	5.033	5.033	15.117	27.5	5.4	25.9	1.07
7	10.0	2.0	10.033	5.000	20.117	23.7	3.8	29.7	0.76
8	15.0	5.0	15.083	5.050	25.167	20.5	3.2	32.9	0.63
9	20.0	6.0	20.100	5.017	30.183	17.3	3.2	36.1	0.64
10	25.0	8.0	25.133	5.033	35.217	14.8	2.5	38.6	0.50
11	30.0	1.0	30.017	4.883	40.100	12.5	2.3	40.9	0.47
12	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	30.0	0.0	0.0	#jDIV/0!
13	10.0	1.0	10.017	10.017	50.117	26.4	3.6	44.5	0.36
14	20.0	1.0	20.017	10.000	60.117	24.1	2.3	46.8	0.23
15	30.0	5.0	30.083	10.067	70.183	22.1	2.0	48.8	0.20
16	40.0	5.0	40.083	10.000	80.183	20.3	1.8	50.6	0.18
17	50.0	5.0	50.083	10.000	90.183	18.6	1.7	52.3	0.17
18	60.0	5.0	60.083	10.000	100.183	17.0	1.6	53.9	0.16
19	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	32.0	0.0	0.0	#jDIV/0!
20	10.0	2.0	10.033	10.033	110.217	30.6	1.4	55.3	0.14
21	20.0	1.0	20.017	9.983	120.200	29.2	1.4	56.7	0.14

**Tabla 53.** Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque II, con rastra de cadena

N° de lectura	TIEMPO				LAMINA DE INFILTRACION				Velocidad de infiltración instantánea (cm/hr)
	Dato acumulado		SUMA (min)	Parcial (min)	Acumulación (min)	Nivel de agua (cm)	Infiltración (cm)	Acumulación (mm)	
	Min	Seg							
1	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	31.7	0.0	0.0	# <sub>f</sub> DIV/0!
2	3.0	20.0	3.333	3.333	3.333	23.9	7.8	7.8	2.34
3	6.0	50.0	6.833	3.500	6.833	20.3	3.6	11.4	1.03
4	12.0	5.0	12.083	5.250	12.083	18.1	2.2	13.6	0.42
5	15.0	50.0	15.833	3.750	15.833	16.9	1.2	14.8	0.32
6	20.0	0.0	20.000	4.167	20.000	16.0	0.9	15.7	0.22
7	30.0	15.0	30.250	10.250	30.250	15.1	0.9	16.6	0.09
8	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	31.6	0.0	0.0	# <sub>f</sub> DIV/0!
9	6.0	45.0	6.750	6.750	37.000	30.4	1.2	17.8	0.18
10	11.0	50.0	11.833	5.083	42.083	29.5	0.9	18.7	0.18
11	16.0	50.0	16.833	5.000	47.083	29.0	0.5	19.2	0.10
12	24.0	50.0	24.833	8.000	55.083	28.1	0.9	20.1	0.11
13	31.0	0.0	31.000	6.167	61.250	27.6	0.5	20.6	0.08
14	36.0	56.0	36.933	5.933	67.183	27.2	0.4	21.0	0.07
15	41.0	57.0	41.950	5.017	72.200	26.9	0.3	21.3	0.06
16	49.0	50.0	49.833	7.883	80.083	26.3	0.6	21.9	0.08
17	60.0	0.0	60.000	10.167	90.250	25.2	1.1	23.0	0.11
18	70.0	0.0	70.000	10.000	100.250	24.8	0.4	23.4	0.04
19	79.0	50.0	79.833	9.833	110.083	24.4	0.4	23.8	0.04
20	90.0	0.0	90.000	10.167	120.250	24.0	0.4	24.2	0.04
21	100.0	0.0	100.000	10.000	130.250	23.6	0.4	24.6	0.04

**Tabla 54.** Evaluación de infiltración de agua en el suelo del bloque II, testigo

N° de lectura	Dato acumulado		TIEMPO			LAMINA DE INFILTRACION				Velocidad de infiltración instantánea (cm/hr)
	min	Seg	SUMA (min)	Parcial (min)	Acumulación (min)	Nivel de agua (cm)	Infiltración (cm)	Acumulación (mm)		
1	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	34.2	0.0	0.0	0.0	#DIV/0!
2	3.0	0.0	3.000	3.000	3.000	28.1	6.1	6.1	6.1	2.03
3	6.0	0.0	6.000	3.000	6.000	25.4	2.7	8.8	8.8	0.90
4	12.0	0.0	12.000	6.000	12.000	23.0	2.4	11.2	11.2	0.40
5	15.0	0.0	15.000	3.000	15.000	20.9	2.1	13.3	13.3	0.70
6	20.0	0.0	20.000	5.000	20.000	19.5	1.4	14.7	14.7	0.28
7	30.0	0.0	30.000	10.000	30.000	18.3	1.2	15.9	15.9	0.12
8	35.0	0.0	35.000	5.000	35.000	17.4	0.9	16.8	16.8	0.18
9	40.0	0.0	40.000	5.000	40.000	16.5	0.9	17.7	17.7	0.18
10	45.0	0.0	45.000	5.000	45.000	16.0	0.5	18.2	18.2	0.10
11	55.0	0.0	55.000	10.000	55.000	15.5	0.5	18.7	18.7	0.05
12	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	28.1	0.0	0.0	0.0	#DIV/0!
13	5.0	0.0	5.000	5.000	60.000	27.2	0.9	19.6	19.6	0.18
14	10.0	0.0	10.000	5.000	65.000	26.7	0.5	20.1	20.1	0.10
15	15.0	0.0	15.000	5.000	70.000	26.2	0.5	20.6	20.6	0.10
16	20.0	0.0	20.000	5.000	75.000	25.7	0.5	21.1	21.1	0.10
17	25.0	0.0	25.000	5.000	80.000	25.2	0.5	21.6	21.6	0.10
18	30.0	0.0	30.000	5.000	85.000	24.9	0.3	21.9	21.9	0.06
19	40.0	0.0	40.000	10.000	95.000	24.6	0.3	22.2	22.2	0.03
20	50.0	0.0	50.000	10.000	105.000	24.3	0.3	22.5	22.5	0.03
21	60.0	0.0	60.000	10.000	115.000	24.0	0.3	22.8	22.8	0.03



**Tabla 55.** Altura especies dominantes inicial en la pradera nativa

N°	BLOQUE I (cm)		BLOQUE II (cm)	
	FEDO	MUFA	FEDO	MUFA
1	8	1	18	1.5
2	30	1	32	1
3	10	2	15	1.5
4	15	2	14	2
5	18	1.5	19	1
6	15	1	22	1
7	12	3	32	1
8	7	2	15	2
9	8	1	22	1
10	12	1	14	2
TOTAL	135	15.5	203	14
PROMEDIO	<b>13.5</b>	<b>1.6</b>	<b>20.3</b>	<b>1.4</b>

**Tabla 56.** Promedio de altura especies dominantes inicial en la pradera nativa

N°	ESPECIES (cm)	
	FEDO	MUFA
Bloque I	13.5	1.6
Bloque II	20.3	1.4
TOTAL	<b>33.8</b>	<b>3</b>
PROMEDIO	<b>16.9</b>	<b>1.5</b>

**Tabla 57.** Altura especies dominantes final por efectos de sistema de labranza al año de clausura

Bloq	Sistema de labranza	CLAVE	Evaluación de especies dominantes (cm)										Suma	Prom	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
I	Rastra de disco	FEDO	31	28	36	28	34	51	25	32	33	30	<b>328</b>	<b>32.8</b>	
		MUFA	2.7	6	2.5	2.8	6.5	2.7	3.5	1.9	9.5	4	<b>42.1</b>	<b>4.2</b>	
	Rastra de cincel	FEDO	25	28	37	43	47	38	42	41	34	30	<b>365</b>	<b>36.5</b>	
		MUFA	5	4	3.5	10	3	4	5	5	2.5	2.8	<b>44.8</b>	<b>4.5</b>	
	Rastra de cadena	FEDO	28	26	23	28	26	28	21	35	25	30	<b>270</b>	<b>27</b>	
		MUFA	1.5	3	2.9	2.7	4	3	2.4	3.5	7	5.5	<b>35.5</b>	<b>3.6</b>	
	Testigo	FEDO	20	25	19	36	38	22	25	30	22	25	<b>262</b>	<b>26.2</b>	
		MUFA	1.9	2.5	2	2.5	2.6	2	2	6	2.8	2.7	<b>27</b>	<b>2.7</b>	
	II	Rastra de disco	FEDO	35	30	36	45	27	30	28	40	36	29	<b>336</b>	<b>33.6</b>
			MUFA	2.3	3.3	2.8	6	3	4	3.8	9	4	3	<b>41.2</b>	<b>4.1</b>
Rastra de cincel		FEDO	48	40	38	36	32	26	40	38	50	48	<b>396</b>	<b>39.6</b>	
		MUFA	3	3.5	4	3.8	4	5	4	4	5	12	<b>48.3</b>	<b>4.8</b>	
Rastra de cadena		FEDO	25	34	28	28	24	34	28	36	28	20	<b>285</b>	<b>28.5</b>	
		MUFA	6	2.5	2.2	2.8	5	3	3.2	2.8	2.7	9	<b>39.2</b>	<b>3.92</b>	
Testigo		FEDO	23	37.5	33	25	36	26	28	22	28	26	<b>284.5</b>	<b>28.5</b>	
		MUFA	3	2.5	2.6	4.7	3.5	2	3	6	3	2.5	<b>32.8</b>	<b>3.3</b>	

**Tabla 58.** Promedio de altura especies dominantes final por efectos de sistema de labranza al año de clausura

BLOQUE	EVALUACION DE ESPCIAS DOMINANTES (cm)							
	FEDO				MUFA			
	Rastra de disco	Rastra de cincel	Rastra de cadena	Testigo	Rastra de disco	Rastra de cincel	Rastra de cadena	Testigo
I	32.8	36.5	27	26.2	4.21	4.48	3.55	2.7
II	33.6	39.6	28.5	28.45	4.12	4.83	3.95	3.28
<b>Promedio</b>	<b>33.2</b>	<b>38.05</b>	<b>27.75</b>	<b>27.33</b>	<b>4.17</b>	<b>4.66</b>	<b>3.75</b>	<b>2.99</b>

**Tabla 59.** Promedio de materia seca inicial en la pradera nativa compactada

TRANSECTA	CLAVE	Materia verde (gr/0.50m <sup>2</sup> )	Materia seca (gr/0.50m <sup>2</sup> )	MV (Kg/ha)	MS (Kg/ha)
1	BOQUE I	39.90	30.50	798.00	610.39
2	BLOQUE II	22.60	17.30	452.00	345.73
<b>PROMEDIO</b>		31.25	23.90	625.00	<b>478.06</b>
<b>% MS=76.49</b>					

**Tabla 60.** Materia verde final por efectos de sistema de labranza al año de clausura

Bloq.	Sistema de labranza	Muestra	PESO MATERIA VERDE (gr/0.50m <sup>2</sup> )				Total (gr)	MV (kg/ha)	
			Grami-neas (gr)	Graminoides (gr)	Hierbas (gr)	Senescencia (gr)			
I	Rastra de disco	M1	261.16	22.38	16.99	6.80	307.33	6146.6	
		M2	259.33	88.63	2.09	55.97	406.02	8120.4	
		M3	339.13	54.42	5.05	39.01	437.61	8752.2	
		Prom.	<b>286.54</b>	<b>55.14</b>	<b>8.04</b>	<b>33.93</b>	<b>383.65</b>	<b>7673.1</b>	
	Rastra de cincel	M1	395.29	0.00	14.93	14.74	424.96	8499.2	
		M2	405.03	75.78	0.94	40.71	522.46	10449.2	
		M3	221.64	37.66	31.44	28.03	318.77	6375.4	
		Prom.	<b>340.65</b>	<b>37.81</b>	<b>15.77</b>	<b>27.83</b>	<b>422.06</b>	<b>8441.3</b>	
	Rastra de cadena	M1	219.72	36.19	1.66	6.91	264.48	5289.60	
		M2	250.60	20.56	6.44	21.60	299.20	5984.0	
		M3	192.89	50.23	3.32	18.41	264.85	5297.0	
		Prom.	<b>221.07</b>	<b>35.66</b>	<b>3.81</b>	<b>15.64</b>	<b>276.18</b>	<b>5523.5</b>	
	Testigo	M1	220.43	6.98	1.10	17.95	246.46	4929.2	
		M2	121.85	92.41	0.00	13.84	228.10	4562.0	
		M3	177.10	22.56	11.33	57.14	268.13	5362.6	
		Prom.	<b>173.13</b>	<b>40.65</b>	<b>4.14</b>	<b>29.64</b>	<b>247.56</b>	<b>4951.3</b>	
	II	Rastra de disco	M1	157.57	0.00	30.44	0.82	188.83	3776.6
			M2	194.39	6.15	0.00	2.23	202.77	4055.4
			M3	455.39	8.44	0.00	12.64	476.47	9529.4
			Prom.	<b>269.12</b>	<b>4.86</b>	<b>10.15</b>	<b>5.23</b>	<b>289.36</b>	<b>5787.1</b>
Rastra de cincel		M1	180.23	3.47	32.09	4.51	220.30	4406.0	
		M2	288.12	9.57	1.20	10.42	309.31	6186.2	
		M3	251.03	4.35	0.00	26.37	281.75	5635.0	
		Prom.	<b>239.79</b>	<b>5.80</b>	<b>11.10</b>	<b>13.77</b>	<b>270.45</b>	<b>5409.1</b>	
Rastra de cadena		M1	201.03	2.53	4.80	2.95	211.31	4226.2	
		M2	199.92	1.93	9.02	14.35	225.22	4504.4	
		M3	301.27	1.43	2.41	11.67	316.78	6335.6	
		Prom.	<b>234.07</b>	<b>1.96</b>	<b>5.41</b>	<b>9.66</b>	<b>251.10</b>	<b>5022.1</b>	
Testigo		M1	203.19	5.01	0.19	0.69	209.08	4181.6	
		M2	203.02	3.74	0.00	3.54	210.30	4206.0	
		M3	287.60	5.58	0.46	5.36	299.00	5980.0	
		Prom.	<b>231.27</b>	<b>4.78</b>	<b>0.22</b>	<b>3.20</b>	<b>239.46</b>	<b>4789.2</b>	

**Tabla 61.** Promedio de materia verde final por efectos de sistema de labranza al año de clausura

Sistema de labranza	PESO MATERIA VERDE (gr/0.50m <sup>2</sup> )				Total (gr)	MV (Kg/ha)
	Gramíneas (gr)	Graminoides (gr)	Hierbas (gr)	Senescencia (gr)		
Rastra de disco	277.83	30.00	9.10	19.58	<b>336.51</b>	<b>6925.17</b>
Rastra de cincel	290.22	21.81	13.43	20.80	<b>346.26</b>	<b>6730.10</b>
Rastra de cadena	227.57	18.81	4.61	12.65	<b>263.64</b>	<b>5272.80</b>
Testigo	202.20	22.71	2.18	16.42	<b>243.51</b>	<b>4870.23</b>

**Tabla 62.** Promedio de % de materia seca por efectos de sistema de labranza al año de clausura

Bloq	Sistema de labranza	Gramíneas (gr)			Graminoides (gr)			Hierbas (gr)			Senescencia (gr)			
		Muestra	% Materia seca	Muestra	% Materia seca	Muestra	% Materia seca	Muestra	% Materia seca	Muestra	% Materia seca	Muestra	% Materia seca	
I	Rastra de disco	M1	119.22	85.03	71.32	32.82	17.76	54.11	12.55	6.89	54.90	34.43	30.62	88.93
		M2	112.66	79.12	70.23	31.71	17.87	56.35	10.40	5.27	50.67	40.13	35.09	87.44
		<b>Prom.</b>	<b>115.94</b>	<b>82.08</b>	<b>70.78</b>	<b>32.27</b>	<b>17.82</b>	<b>55.23</b>	<b>11.48</b>	<b>6.08</b>	<b>52.79</b>	<b>37.28</b>	<b>32.86</b>	<b>88.19</b>
	Rastra de cincel	M1	186.52	111.70	59.89	45.53	23.64	51.92	26.39	9.49	35.96	16.90	15.19	89.88
		M2	164.55	102.23	62.13	58.99	27.38	46.41	18.62	6.52	35.02	24.87	21.76	87.49
		<b>Prom.</b>	<b>175.54</b>	<b>106.97</b>	<b>61.01</b>	<b>52.26</b>	<b>25.51</b>	<b>49.17</b>	<b>22.51</b>	<b>8.01</b>	<b>35.49</b>	<b>20.89</b>	<b>18.48</b>	<b>88.69</b>
	Rastra de cadena	M1	123.61	82.05	66.38	54.62	27.38	50.13	10.69	6.13	57.34	14.58	13.03	89.37
		M2	126.54	89.61	70.82	57.25	28.68	50.10	10.69	6.13	57.34	27.18	23.69	87.16
		<b>Prom.</b>	<b>125.08</b>	<b>85.83</b>	<b>68.60</b>	<b>55.94</b>	<b>28.03</b>	<b>50.11</b>	<b>10.69</b>	<b>6.13</b>	<b>57.34</b>	<b>20.88</b>	<b>18.36</b>	<b>88.26</b>
	Testigo	M1	137.11	93.30	68.05	54.89	27.01	49.21	10.55	4.01	38.01	32.31	28.26	87.47
		M2	124.41	84.48	67.90	53.80	29.02	53.94	10.55	4.01	38.01	20.35	18.04	88.65
		<b>Prom.</b>	<b>130.76</b>	<b>88.89</b>	<b>67.98</b>	<b>54.35</b>	<b>28.02</b>	<b>51.57</b>	<b>10.55</b>	<b>4.01</b>	<b>38.01</b>	<b>26.33</b>	<b>23.15</b>	<b>88.06</b>
II	Rastra de disco	M1	175.23	101.78	58.08	5.04	3.51	69.64	14.54	7.61	52.34	2.86	2.45	85.66
		M2	151.97	82.22	54.10	7.05	4.16	59.01	14.42	8.80	61.03	2.86	2.45	85.66
		<b>Prom.</b>	<b>163.60</b>	<b>92.00</b>	<b>56.09</b>	<b>6.05</b>	<b>3.84</b>	<b>64.32</b>	<b>14.48</b>	<b>8.21</b>	<b>56.68</b>	<b>2.86</b>	<b>2.45</b>	<b>85.66</b>
	Rastra de cincel	M1	155.76	93.92	60.30	9.02	6.10	67.63	22.33	6.49	29.06	16.22	14.51	89.46
		M2	134.44	88.70	65.98	6.60	3.70	56.06	10.37	3.37	32.50	12.36	10.99	88.92
		<b>Prom.</b>	<b>145.10</b>	<b>91.31</b>	<b>63.14</b>	<b>7.81</b>	<b>4.90</b>	<b>61.84</b>	<b>16.35</b>	<b>4.93</b>	<b>30.78</b>	<b>14.29</b>	<b>12.75</b>	<b>89.19</b>
	Rastra de cadena	M1	153.84	93.22	60.60	1.21	0.98	80.99	7.55	1.62	21.46	11.79	10.12	85.84
		M2	138.46	81.50	58.86	2.48	2.00	80.65	3.63	0.77	21.21	11.30	9.97	88.23
		<b>Prom.</b>	<b>146.15</b>	<b>87.36</b>	<b>59.73</b>	<b>1.85</b>	<b>1.49</b>	<b>80.82</b>	<b>5.59</b>	<b>1.20</b>	<b>21.33</b>	<b>11.55</b>	<b>10.05</b>	<b>87.03</b>
	Testigo	M1	104.28	56.41	54.09	8.29	4.77	57.54	0.69	0.38	55.07	8.79	7.59	86.35
		M2	137.97	77.11	55.89	6.00	3.62	60.33	0.69	0.38	55.07	8.79	7.59	86.35
		<b>Prom.</b>	<b>121.13</b>	<b>66.76</b>	<b>54.99</b>	<b>7.15</b>	<b>4.20</b>	<b>58.94</b>	<b>0.69</b>	<b>0.38</b>	<b>55.07</b>	<b>8.79</b>	<b>7.59</b>	<b>86.35</b>

**Tabla 63.** Materia seca por efectos de sistema de labranza al año de clausura

Bloq	Sistema de labranza	Muestra	PESO MATERIA SECA(gr/0.50m2)				Total (gr)	MS (Kg/ha)
			Gramíneas (gr)	Graminoides (gr)	Hierbas (gr)	Senescencia (gr)		
I	Rastra de disco	M1	184.85	12.36	9.38	6.00	212.59	4251.80
		M2	183.55	48.95	1.15	49.36	283.02	5660.37
		M3	240.04	30.06	2.79	34.40	307.28	6145.69
		<b>Prom</b>	<b>202.81</b>	<b>30.46</b>	<b>4.44</b>	<b>29.92</b>	<b>267.63</b>	<b>5352.62</b>
	Rastra de cincel	M1	241.17	0.00	5.30	13.07	259.54	5190.76
		M2	247.11	37.26	0.33	36.11	320.81	6416.18
		M3	135.22	18.52	11.16	24.86	189.76	3795.16
		<b>Prom</b>	<b>207.83</b>	<b>18.59</b>	<b>5.60</b>	<b>24.68</b>	<b>256.70</b>	<b>5134.03</b>
	Rastra de cadena	M1	150.73	18.13	0.95	6.10	175.91	3518.27
		M2	171.91	10.30	3.69	19.06	204.97	4099.42
		M3	132.32	25.17	1.90	16.25	175.65	3512.90
		<b>Prom</b>	<b>151.65</b>	<b>17.87</b>	<b>2.18</b>	<b>13.80</b>	<b>185.51</b>	<b>3710.20</b>
Testigo	M1	149.85	3.60	0.42	15.81	169.67	3393.46	
	M2	82.83	47.66	0.00	12.19	142.68	2853.54	
	M3	120.39	11.63	4.31	50.32	186.65	3733.02	
	<b>Prom</b>	<b>117.69</b>	<b>20.96</b>	<b>1.57</b>	<b>26.10</b>	<b>166.33</b>	<b>3326.67</b>	
II	Rastra de disco	M1	88.38	0.00	17.25	0.70	106.34	2126.74
		M2	109.03	3.96	0.00	1.91	114.90	2297.98
		M3	255.43	5.43	0.00	10.83	271.68	5433.69
		<b>Prom</b>	<b>150.95</b>	<b>3.13</b>	<b>5.75</b>	<b>4.48</b>	<b>164.31</b>	<b>3286.14</b>
	Rastra de cincel	M1	113.80	2.15	9.88	4.02	129.84	2596.86
		M2	181.92	5.92	0.37	9.29	197.50	3950.00
		M3	158.50	2.69	0.00	23.52	184.71	3694.20
		<b>Prom</b>	<b>151.41</b>	<b>3.58</b>	<b>3.42</b>	<b>12.28</b>	<b>170.68</b>	<b>3413.68</b>
	Rastra de cadena	M1	120.08	2.04	1.02	2.57	125.71	2514.22
		M2	119.41	1.56	1.92	12.49	135.38	2707.70
		M3	179.95	1.16	0.51	10.16	191.77	3835.50
		<b>Prom</b>	<b>139.81</b>	<b>1.59</b>	<b>1.15</b>	<b>8.40</b>	<b>150.96</b>	<b>3019.14</b>
Testigo	M1	111.73	2.95	0.10	0.60	115.39	2307.75	
	M2	111.64	2.20	0.00	3.06	116.90	2338.04	
	M3	158.15	3.29	0.25	4.63	166.32	3326.44	
	<b>Prom</b>	<b>127.18</b>	<b>2.82</b>	<b>0.12</b>	<b>2.76</b>	<b>132.87</b>	<b>2657.41</b>	

**Tabla 64.** Promedio de materia seca por efectos de sistema de labranza al año de clausura

Sistema de labranza	PESO MATERIA SECA(gr/0.50m2)				Total (gr)	MS (Kg/ha)
	Gramíneas (gr)	Graminoides (gr)	Hierbas (gr)	Senescencia (gr)		
Rastra de disco	176.88	16.79	5.10	17.20	215.97	4319.38
Rastra de cincel	179.62	11.09	4.51	18.48	213.69	4273.86
Rastra de cadena	145.73	9.73	1.67	11.10	168.23	3364.67
Testigo	122.43	11.89	0.85	14.43	149.60	2992.04



**Figura 18.** Instalación de los sistemas de labranza “rastra de disco”



**Figura 19.** Instalación de los sistemas de labranza “rastra de cincel”



**Figura 20.** Instalación de los sistemas de labranza “rastra de cadena”



**Figura 21.** Observación de la instalación del tratamiento 1 “rastra de disco”



**Figura 22.** Observación de la instalación del tratamiento 2 “rastra de cincel”



**Figura 23.** Observación de la instalación del tratamiento 3 “rastra de cadena”



**Figura 24.** Evaluación de compactación del suelo por efecto de sistemas de labranza al año de clausura



**Figura 25.** Evaluación de profundidad penetrada en el suelo por efecto de sistemas de labranza al año de clausura





**Figura 26.** Evaluación mensual de muestras para la humedad del suelo



**Figura 27.** Evaluación de humedad del suelo



**Figura 28.** Evaluación de densidad aparente y porosidad del suelo



**Figura 29.** Evaluación de infiltración de agua en el suelo



**Figura 30.** Evaluación composición florística



**Figura 31.** Lectura de composición florística



**Figura 32.** Evaluación de altura de especie dominante “chilligua” (*Festuca dolichophylla*), por efecto de sistemas de labranza



**Figura 33.** Evaluación de altura de especie dominante “chiji” (*Muhlenbergia fastigiata*) por efecto de sistemas de labranza



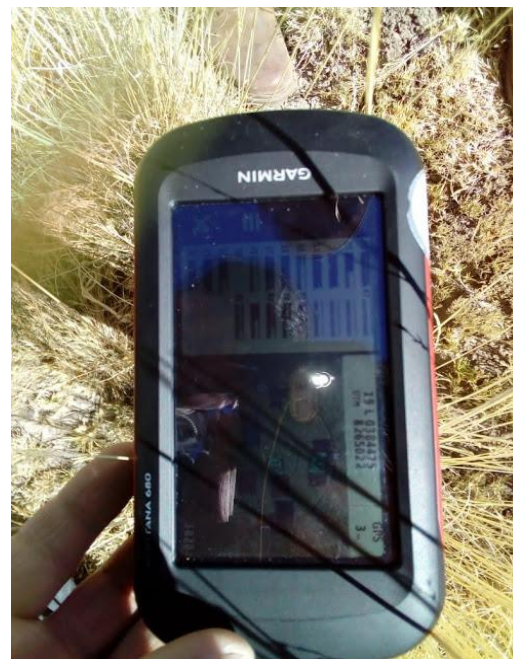
**Figura 34.** Cosecha de materia verde



**Figura 35.** Peso de materia verde

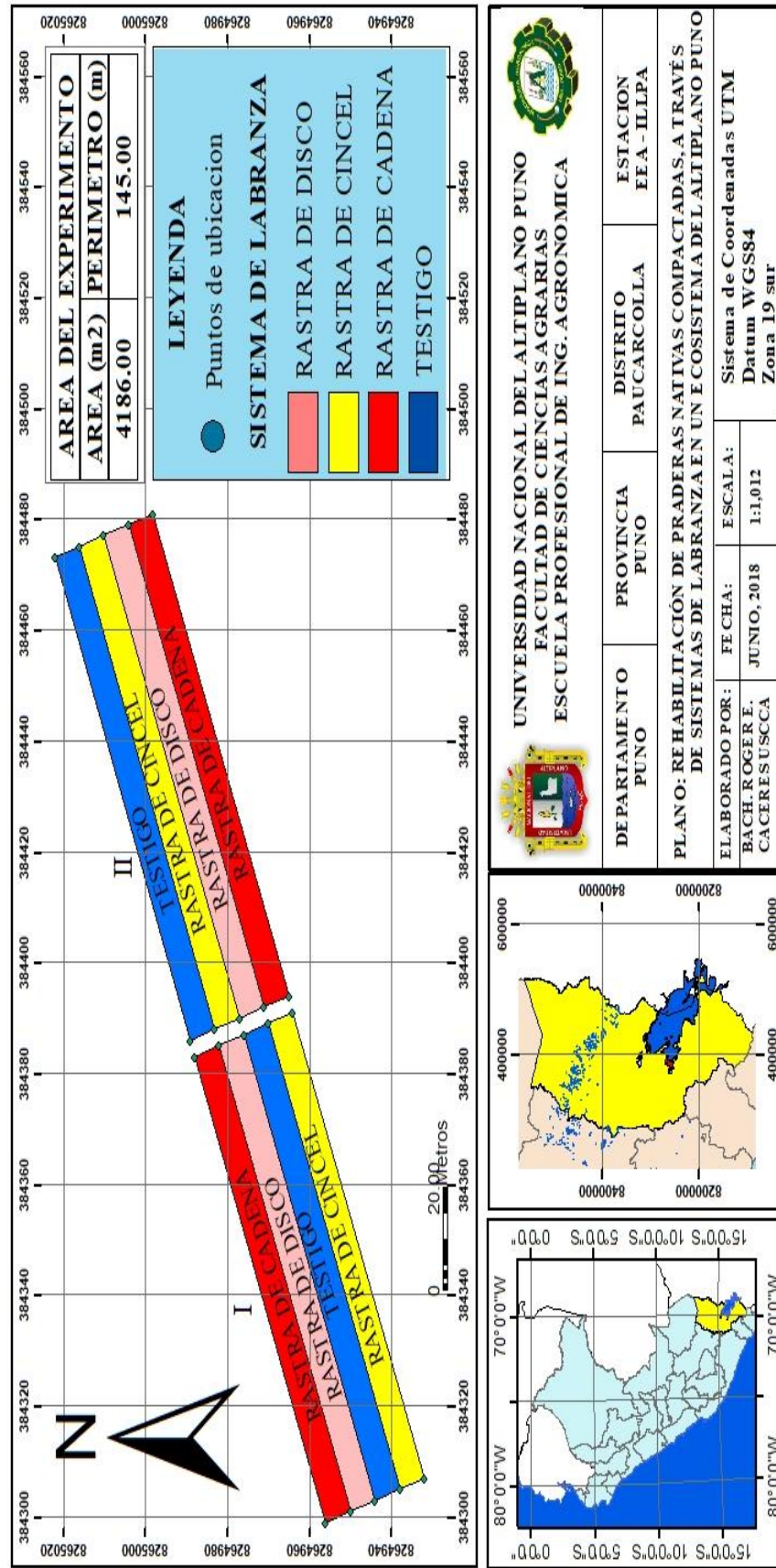


**Figura 36.** Secado de materia verde



**Figura 37.** Ubicación del área experimental con un GPS

**CROQUIS DEL EXPERIMENTO: “REHABILITACIÓN DE PRADERAS NATIVAS COMPACTADAS A TRAVÉS DE SISTEMAS DE LABRANZA EN UN ECOSISTEMA DEL ALTIPLANO PUNO”**



**Figura 38.** Ubicación del área experimental