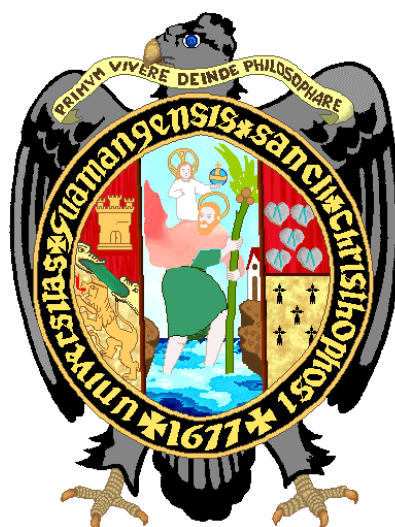


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Inoculación de bacterias con potencial
agrobiotecnológico en pastizales de la comunidad de
Ccarhuaccpampa a 4116 msnm. Ayacucho**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
Michael Aylas Chávez**

Ayacucho - Perú

2018

A mi amada Madre Regina Chávez Ramos; por brindarme más que amor, su vida entera, en lograr mis triunfos; y a mi Padre Sócrates Aylas López, por su bendición eterna...

Al siempre admirable hermano mío, Franco; a mi hermana comprensiva y jovial, Elizabeth; a Katherinne, la de incansable sonrisa y a mis amados sobrinos Adriana, Leonardo y BB, los de inagotable brillo.

A mi tía Victoria por su apoyo, a mis sobrinos Henrri, Rosi y Ziela, a Rosa, a la pequeña Anita y Mateo por sus saludos y abrazos amorosos...

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía, que me acogió en sus aulas durante mi permanencia como estudiante.

A los Catedráticos de la Facultad de Ciencias Agrarias, por sus valiosas enseñanzas y orientaciones que condujeron al logro de mis objetivos.

En especial a Dra. Nery Luz Santillana Villanueva por su asesoramiento y financiamiento del presente trabajo de investigación a través del Proyecto FOCAM “Generación y transferencia de tecnología para el uso de fertilizantes biológicos en el manejo de praderas naturales de la comunidad de Ccarhuaccpampa, Paras – Ayacucho”

Así mismo, a los miembros del jurado: Ing. Felipe Escobar Ramírez, Ing. Wilfredo Gonzales Guzmán, Blga. Roberta Esquivel Quispe; quienes contribuyeron para hacer realidad el presente trabajo.

Al Ing. Godofredo Mamani Mamani; gran amigo, responsable del Programa Nacional de Innovación en Pastos y Forrajes de la Estación Experimental Agraria Canaán - Ayacucho

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice general.....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Índice de anexos.....	viii
Resumen.....	1
Introducción.....	3
CAPITULO I MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 De los microorganismos.....	6
1.3 Pastizales altoandinos.....	13
1.4 De los suelos de praderas nativas.....	17
CAPITULO II METODOLOGÍA.....	19
2.1 Ubicación geográfica.....	19
2.2 Descripción de las clausuras.....	19
2.3 Características del suelo.....	20
2.4 Datos meteorológicos.....	20
2.5 Tratamientos.....	24
2.6 Materiales.....	25
2.7 Diseño experimental.....	25
2.8 Instalación y conducción del experimento.....	28
2.9 Evaluación.....	29
2.10 Análisis estadístico.....	30
CAPÍTULO III RESULTADOS.....	31
3.1 Del rendimiento de materia seca de pastizales (Kg m ⁻²).....	31
3.2 Del contenido foliar de macronutrientes y micronutrientes en plantas de	

<i>Festuca dolichophylla</i> y <i>Muhlenbergia ligularis</i>	35
3.3 De la población de bacterias y hongos.....	48
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 2.1	Análisis Físico – Químico de suelo procedente de la Comunidad de Ccarhuaccpampa Experimento 1 y 2.....	20
Tabla 2.2	Temperatura Máxima, Mínima, Media, Precipitación y Balance Hídrico mensual de Septiembre 2012 - Agosto 2013, Estación Meteorológica APACHETA A 4150.0 msnm - Ayacucho - Cangallo – Paras.....	22
Tabla 3.1	Análisis de varianza (ANVA) del Rendimiento Kg Materia Seca.m ⁻² de pastizales de Ccarhuaccpampa. Experimento 1.....	31
Tabla 3.2	Prueba de Tukey (0.05) del Rendimiento en Kg de Materia Seca.m ⁻² de pastizales de Ccarhuaccpampa. Experimento 1	32
Tabla 3.3	Análisis de varianza (ANVA) del Rendimiento Kg Materia Seca.m ⁻² de pastizales de Ccarhuaccpampa. Experimento 2.....	33
Tabla 3.4	Prueba de Tukey (0.05) del Rendimiento en Kg de Materia Seca.m ⁻² de pastizales de Ccarhuaccpampa. Experimento 2.....	34
Tabla 3.5	Prueba de Tukey (P=0.05) del contenido de macronutrientes en plantas de <i>Festuca dolichophylla</i>	36
Tabla 3.6	Prueba de Tukey (P=0.05) del contenido de micronutrientes en plantas de <i>Festuca dolichophylla</i>	39
Tabla 3.7	Prueba de Tukey (P=0-05) del contenido de macronutrientes en plantas de <i>Muhlenbergia ligularis</i>	42
Tabla 3.8	Prueba de Tukey (P=0-05) Contenido de micronutrientes en plantas de <i>Muhlenbergia ligularis</i>	44
Tabla 3.9	Análisis de varianza (ANVA) del Número de Bacterias por gramo de suelo en el Experimento 1.....	48
Tabla 3.10	Análisis de varianza (ANVA) del Número de Bacterias por gramo de suelo en el Experimento 2.....	49
Tabla 3.11	Prueba de Tukey del Número de Bacterias por gramo de suelo (Log UFC/g suelo) en los Experimentos 1y 2.....	50
Tabla 3.12	Análisis de varianza (ANVA) del Número de Hongos por gramo de suelo en el Experimento 1.....	51

Tabla 3.13	Análisis de varianza (ANVA) del Número de Hongos por gramo de suelo en el Experimento 2.....	51
Tabla 3.14	Número de Hongos por gramo de suelo (Log UFC/g suelo) en los Experimentos 1 y 2.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 2.1	Variación de las temperaturas, máximas, mínimas, medias y precipitaciones mensuales de Septiembre 2012 - Agosto 2013...	23
Figura 3.1	Contenido de macronutrientes acumulados en <i>Festuca dolichophylla</i>	38
Figura 3.2	Contenido de micronutrientes acumulados en <i>Festuca dolichophylla</i>	40
Figura 3.3	Contenido de macro y micronutrientes acumulados en <i>Festuca dolichophylla</i>	41
Figura 3.4	Contenido de macronutrientes acumulados en <i>Muhlenbergia ligularis</i>	43
Figura 3.5	Contenido de micronutrientes acumulados en <i>Muhlenbergia ligularis</i>	45
Figura 3.6	Contenido de macro y micronutrientes acumulados en <i>Muhlenbergia ligularis</i>	46
Figura 3.7	Contenido de macro y micronutrientes acumulados en <i>Festuca dolichophylla</i> y <i>Muhlenbergia ligularis</i>	47

ÍNDICE DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1	Análisis de varianza del contenido de NITROGENO en <i>Festuca dolichophylla</i>	61
Anexo 2	Análisis de varianza del contenido de FOSFORO en <i>Festuca dolichophylla</i>	61
Anexo 3	Análisis de varianza del contenido de POTASIO en <i>Festuca dolichophylla</i>	61
Anexo 4	Análisis de varianza del contenido de SODIO en <i>Festuca dolichophylla</i>	61
Anexo 5	Análisis de varianza del contenido de CALCIO en <i>Festuca dolichophylla</i>	62
Anexo 6	Análisis de varianza del contenido de MAGNESIO en <i>Festuca dolichophylla</i>	62
Anexo 7	Análisis de varianza del contenido de AZUFRE en <i>Festuca dolichophylla</i>	62
Anexo 8	Análisis de varianza del contenido de BORO en <i>Festuca dolichophylla</i>	62
Anexo 9	Análisis de varianza del contenido de HIERRO en <i>Festuca dolichophylla</i>	63
Anexo 10	Análisis de varianza del contenido de COBRE en <i>Festuca dolichophylla</i>	63
Anexo 11	Análisis de varianza del contenido de ZINC en <i>Festuca dolichophylla</i>	63
Anexo 12	Análisis de varianza del contenido de MANGANESO en <i>Festuca dolichophylla</i>	63
Anexo 13	Análisis de varianza del contenido de MOLIBDENO en <i>Festuca dolichophylla</i>	64
Anexo 14	Análisis de varianza del contenido de NITRÓGENO en <i>Muhlebergia ligularis</i>	64
Anexo 15	Análisis de varianza del contenido de FOSFORO en <i>Muhlebergia ligularis</i>	64
Anexo 16	Análisis de varianza del contenido de POTASIO en	64

	<i>Muhlebergia ligularis</i>	
Anexo 17	Análisis de varianza del contenido de SODIO en <i>Muhlebergia ligularis</i>	65
Anexo 18	Análisis de varianza del contenido de CALCIO en <i>Muhlebergia ligularis</i>	65
Anexo 19	Análisis de varianza del contenido de MAGNESIO en <i>Muhlebergia ligularis</i>	65
Anexo 20	Análisis de varianza del contenido de AZUFRE en <i>Muhlebergia ligularis</i>	65
Anexo 21	Análisis de varianza del contenido de CLORO en <i>Muhlebergia ligularis</i>	66
Anexo 22	Análisis de varianza del contenido de BORO en <i>Muhlebergia ligularis</i>	66
Anexo 23	Análisis de varianza del contenido de HIERRO en <i>Muhlebergia ligularis</i>	66
Anexo 24	Análisis de varianza del contenido de COBRE en <i>Muhlebergia ligularis</i>	66
Anexo 25	Análisis de varianza del contenido de ZINC en <i>Muhlebergia ligularis</i>	67
Anexo 26	Análisis de varianza del contenido de MANGANESO en <i>Muhlebergia ligularis</i>	67
Anexo 27	Análisis de varianza del contenido de MOLIBDENO en <i>Muhlebergia ligularis</i>	67
Anexo 28	Rendimiento de Materia Seca en Kilogramos por metro cuadrado, del experimento 01.....	68
Anexo 29	Rendimiento de Materia Seca en Kilogramos por Hectárea, del experimento 01.....	69
Anexo 30	Rendimiento de Materia Seca en Kilogramos por metro cuadrado, del experimento 02.....	70
Anexo 31	Rendimiento de Materia Seca en Kilogramos por Hectárea, del experimento 02.....	71
Anexo 32	Panel fotográfico.....	72

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de bacterias con potencial agro biotecnológico en pastizales naturales de la comunidad de Ccarhuaccpampa, distrito de Paras, Provincia de Cangallo, del Departamento de Ayacucho a una altitud de 4116.8 msnm. Para ello, se instalaron dos hectáreas, en cada una de ellas, fueron evaluados 19 tratamientos inoculados con bacterias, un control con abonamiento básico, un control absoluto y un control con fertilización química, con tres repeticiones por tratamiento, en el diseño DBCR. Se determinó un efecto positivo de las bacterias en el rendimiento de pastizales de la comunidad de Ccarhuaccpampa. En el experimento 1, los tratamientos 7, 9, 4, 8, 10, 11, 2 y 5 presentaron rendimientos entre 0.253 y 0.315 Kg.m⁻², en el experimento 2, los tratamientos 12, 10, 11, 2, 15 y 14 presentaron entre 0.077 y 0.091 Kg.m⁻², con diferencias significativas frente al control sin inocular (0.133 Kg.m⁻² y 0.054 Kg.m⁻² respectivamente). Se comprobó que los tratamientos 10, 12, 7 y 4 en *Festuca dolichophylla*; y los tratamientos 15, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6 y 5 en *Muhlenbergia ligularis* incrementaron los contenidos de macro y micronutrientes en relación al abonamiento básico, control absoluto y fertilización química. Los tratamientos 2, 10 y 11 incrementaron el rendimiento de los pastizales en ambos experimentos y los tratamientos 7, 10 y 12 incrementaron el contenido de macro y micronutrientes de las dos especies en estudio. La aplicación de las bacterias y el abonamiento básico a los suelos de los experimentos no afectó la población de bacterias y hongos.

INTRODUCCIÓN

La pradera nativa, es el segundo bioma con mayor superficie que cubre el país, después de los bosques. En la zona altoandina, el principal uso de la pradera nativa es el pastoreo de ganado doméstico, cuya población representa más del 80 % del total nacional, y por ello es la principal actividad económica. (INRENA, 1995). Los factores de riesgo como la presencia de heladas y efectos climáticos diversos, pueden ocasionar grandes pérdidas en este tipo de sistemas. Asimismo, la limitada cantidad de forraje verde que poseen las diferentes especies de pastizales naturales es un factor sensible a los riesgos de una ganadería sostenible, por lo que se vienen proponiendo nuevas alternativas como el uso de microorganismos con potencial agrobiotecnológico para mejorar el crecimiento de los pastizales.

La presente investigación, está dirigida a mejorar la producción y la calidad nutritiva de los pastizales con la inoculación de bacterias seleccionadas en condiciones de laboratorio, por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, solubilizar fosfatos y producir ácido indol acético. Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron los siguientes:

Objetivo general

Evaluar el efecto de la inoculación de bacterias con potencial agro biotecnológico en pastizales naturales de la comunidad de Ccarhuaccpampa.

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de las bacterias inoculadas en el rendimiento de forraje de los pastizales naturales de la comunidad de Ccarhuaccpampa.
2. Determinar el efecto de las bacterias inoculadas en el contenido de nutrientes de *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia ligularis*.
3. Evaluar la población bacteriana y fúngica del suelo, al final del experimento.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES

Existe poca información sobre el uso de microorganismos en el manejo específico de pastizales naturales. Jorge et al. (2008), Hariprasad y Niranjana (2008), Hong Li *et al.* (2008), Rosenblueth y Martínez-Romero (2006) y Ryan *et al.* (2008) reportan la presencia de endófitos en plantas de arroz, plátano, café, maíz, cítricos, soya, lechuga, alfalfa, entre otras. Mencionan también que estos microorganismos pueden conferir características importantes a las plantas, tales como, promoción de crecimiento de plantas, inducción de resistencia sistémica a enfermedades, capacidad para proteger a sus hospederos contra insectos-plagas y patógenos, aumento de tolerancia al estrés ambiental, solubilización de fosfatos y fijación de nitrógeno.

Cárdenas-Caro *et al.* (2009) al evaluar el efecto de la inoculación con bacterias fosfato solubilizadoras sobre indicadores de importancia agronómica en pasto guinea, registraron aumentos hasta de 20% en proteína cruda y 45% en materia seca comparada con el testigo químico.

Casado y Fernández (1998) al evaluar el efecto de bacterias fosfolubilizadoras en pastizales determinaron que adicionando bacterias del genero *Bacillus* se puede mejorar la calidad y cantidad de los pastizales desarrollados en suelos Gleisol Distrito.

Jorge *et al.* (2008) informan que *Pantoea* sp (bacteria endofítica) solubilizó $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ en medio líquido hasta acumular $1128 \mu\text{g P mL}^{-1}$. Plantas de rábano (*Raphanus sativus*, L. var. Scarlet Globe), de alta demanda de P y crecimiento rápido, usadas como modelo y cultivadas en suelos inoculados con el

microorganismo, absorbieron más P que las plantas no inoculadas, alcanzando en los tejidos foliares concentraciones ≥ 3500 ppm P base seca.

Lara *et al.* (2011) evaluaron el efecto de bacterias productoras de ácido indolacético en la germinación de semillas pastos (*Dyckanthium aristatum*), los resultados mostraron un mayor promedio de la longitud del tallo y longitud de hojas de las plantas inoculadas.

Santillana y Mamani (2010) al evaluar bacterias aisladas de especies de pastizales alto andinos observaron, en condiciones de laboratorio, bacterias solubilizadoras de fosfatos, fijadoras de nitrógeno atmosférico y con capacidad de mejorar la germinación de las semillas de *Trifolium amabile*, capacidades que pueden ser utilizadas para mejorar el crecimiento de las pasturas alto andinas, principalmente como biofertilizantes, productos biológicos que pueden disminuir y/o reemplazar el uso de fertilizantes químicos en la recuperación de las pasturas naturales de Ayacucho.

Ryan *et al.* (2008) indican que los microorganismos pueden promover el crecimiento de las plantas a través de la mejora del ciclo de los nutrientes y minerales como el nitrógeno, fósforo y otros nutrientes, además de proporcionar vitaminas esenciales para las plantas. Por otra parte, una serie de otros efectos beneficiosos sobre el crecimiento de las plantas se han atribuido a microorganismos que incluyen la regulación osmótica y la modificación de la morfología de la raíz.

1.2 DE LOS MICROORGANISMOS

Muchos microorganismos del suelo y asociados a las plantas promueven el crecimiento de éstas, mediante diferentes mecanismos como la fijación de nitrógeno atmosférico, solubilización de fosfatos y producción de fitohormonas como el ácido indol acético.

1.2.1 Bacterias fijadoras de nitrógeno

Las bacterias fijadoras de nitrógeno que se desarrollan de forma natural en el suelo, se conocen desde hace más de un siglo. Representan un biofertilizante ecológico y se

dividen en dos grandes grupos: Las simbióticas, específicas de las leguminosas, como el *Rhizobium*, y las libres, que viven en el suelo y no necesitan la planta para su reproducción, como el *Azotobacter* y el *Azospirillum*, entre los más importantes en agricultura. Se ha sugerido que el interior de las plantas es un ambiente propicio para que se lleve a cabo la fijación biológica de nitrógeno (FBN), ya que este ambiente es bajo en oxígeno y relativamente alto en fuentes de carbono, por lo que las bacterias diazótrofas endófitas podrían fijar el nitrógeno y liberarlo directamente en el interior de las plantas contribuyendo con una parte de los requerimientos nitrogenados de la planta hospedera. La fijación biológica de nitrógeno en gramíneas ha sido atribuida a bacterias como *Herbaspirillum* spp y *Azospirillum* entre otras (El – Shatnawi y Makhameh 2001).

Los microorganismos fijadores pueden ser aerobios, anaerobios, Gram(+), Gram(-), heterótrofos, autótrofos y fotótrofos, con una única característica común, la habilidad para fijar N₂. Todos los sistemas enzimáticos de nitrogenasa aislados de diferentes organismos fijadores de Nitrógeno muestran amplias similitudes. Su más remarcable propiedad es la exquisita sensibilidad al oxígeno molecular (O₂) tanto in vivo como in vitro. Esta es la razón por la cual para muchos procariotes, la fijación tiene lugar sólo en anaerobiosis o en condiciones de microaerofilia (por ejemplo, dentro del nódulo de las leguminosas donde la PO₂ es muy baja por la acción de una leghemoglobina vegetal, o en el interior del xilema del vegetal como es el caso de *Gluconacetobacter diazotrophicus* (JAMES *et al.* 1994). No obstante, algunos procariotes pueden llevar a cabo la fijación en ambientes con elevadas PO₂ debido a la presencia de un mecanismo de protección de la nitrogenasa, como es el caso de *Azotobacter vinelandii* (Hill 1988).

La capacidad de fijar N₂ por microorganismos de vida libre está ampliamente distribuida entre las bacterias del suelo y del agua. Todos los grupos fisiológicos tienen algún representante que es capaz de realizar este proceso con mayor o menor eficiencia. Algunos de estos diazótrofos de vida libre son llamados "endófitos". Hace ya más de cuatro décadas Döbereiner y Ruschel (1958) aislaron una bacteria fijadora de N₂ de la rizosfera de la caña de azúcar creciendo en suelos tropicales de Brasil. No

obstante, no fue sino hasta después de la publicación de Döbereiner y Day (1995) sobre la bacteria *Azospirillum* que el interés en bacterias diazotróficas asociadas a plantas gramíneas fue manifestado en todo el mundo. Baldani *et al.* (1997) informaron que, en las últimas dos décadas, otras bacterias fijadoras de N₂ cercanas al género *Azospirillum* fueron aisladas, como son los géneros *Herbaspirillum*, *Acetobacter* y *Azoarcus*. Hace alrededor de 20 años atrás Döbereiner (1995) introdujo el término bacteria endofítica diazotrófica para designar a todos los diazótrofos capaces de colonizar el interior de las raíces de plantas gramíneas y que inclusive se encuentran dentro de otros tejidos vegetales. Más adelante, Baldani *et al.* (1997) sugirieron los términos "endófito asociativo o facultativo" para microorganismos que son capaces de colonizar la superficie y el interior de la raíz y sobrevivir bien en suelo y, por otro lado, los "endófitos obligados" que no sobreviven bien en suelo pero colonizan el interior de las raíces y las partes aéreas de las plantas. Otros autores, sin embargo, difieren en el empleo de la terminología "endófito obligado" ya que estas bacterias pueden crecer en medios de cultivo sin la presencia de extractos vegetales (Reinhold-Hurek y Hurek 1998).

La lista de diazótrofos endófitos facultativos y obligados que colonizan plantas no-leguminosas incluye varias bacterias del género *Azospirillum* (*A. brasilense*, *A. lipoferum*, *A. amazonense*, *A. irakense*), *Herbaspirillum seropedicae*, *H. rubrisubalbicans*, *Gluconacetobacter diazotrophicus* (anteriormente *Acetobacter*), *Azoarcus* sp. y *Burkholderia* sp. Estas bacterias fueron aisladas de caña de azúcar, pastos forrajeros, cereales y otros hospederos y son descritas en detalle en las publicaciones de Döbereiner *et al.* (1995) y Baldani *et al.* (1997).

La fijación simbiótica de N para todo el mundo se estima en 100 millones de toneladas por año, aporte en forma gratis de este elemento, frente al uso de 10 millones de toneladas por año de fertilizantes, cada día más caros por las crisis energéticas de hoy.

1.2.2 Bacterias solubilizadoras de fosfato mineral

Diferentes microorganismos pueden solubilizar formas no disponibles de fósforo y convertirlas en asimilables por las plantas. Bacterias, Actinomicetos y Hongos

pueden disolver *in vitro* fosfatos insolubles en cantidades superiores a sus demandas nutricionales. En la solubilización de los fosfatos hay formación de quelatos de calcio, hierro y aluminio con los ácidos orgánicos (láctico, glicólico, cítrico, maléico, y otros) producidos por el metabolismo microbiano (Alexander 1980).

Durante los últimos 10 años, el conocimiento sobre los microorganismos solubilizadores de fosfato (MSP) ha aumentado significativamente. Entre los MSP se encuentran las bacterias promotoras del crecimiento vegetal o PGPR (del inglés plant growth promotion rhizobacteria). Estas bacterias son de vida libre en el suelo y son capaces de adaptarse, colonizar y persistir en la rizósfera de la planta y favorecer su crecimiento o desarrollo.

Las rizobacterias pueden ser benéficas o antagónicas para la planta. Las BSP pertenecen al grupo de las PGPRs y son capaces de solubilizar fosfato inorgánico de diferentes compuestos, como son el fosfato bicálcico, fosfato tricálcico y rocas fosfóricas. Con el término rocas fosfóricas se conoce a los minerales que contienen P como es el caso de las apatitas, incluyendo fluorapatita, cloroapatita e hidroxiapatita. Hay grandes depósitos en Rusia, Estados Unidos, África del Norte y China; también existen importantes reservas en Brasil, Perú y México. Existen 13 géneros de bacterias con la capacidad de solubilizar fosfato: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Aerobacter*, *Flavobacterium*, *Mesorhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Erwinia*. Se ha reportado al ácido glucónico como el agente más frecuente de solubilización de fosfato, el cual es producido por *Pseudomonas* sp., *Erwinia herbicola*, *Pseudomonas cepacia* y *Burkholderia cepacia* (Otro metabolito solubilizador de fosfato es el ácido 2-cetoglucónico, sintetizado por *Rhizobium leguminosarum*, *Rhizobium meliloti*, *Bacillus firmus* y otras bacterias del suelo aún no identificadas. Algunas cepas de *Bacillus liqueniformis* y *Bacillus amyloliquefaciens* también son consideradas como solubilizadoras de fosfatos, (Rodríguez y Fraga, 1999; LIN *et al*; 2006; SONG *et al*. 2008, citados por Paredes y Espinoza 2010).

Fernández y Casado (1996) indican que la aplicación de fertilizantes fosfóricos se hace necesaria para incrementar la producción y la calidad de los pastos naturales.

De esa manera, se produce un aumento en la producción, en proporción a la cantidad de fósforo aplicado en praderas sembradas. En estos pastos, se produce un aumento en el rendimiento por la adición de este elemento y también una notable mejora en la calidad nutricional de la composición vegetal. Consideraron que para la mejora natural de pastos era necesario aislar bacterias autóctonas del suelo capaces de transformar el fósforo no asimilable en fósforo lábil directamente asimilable por las plantas, y por medio de una fertilización biológica por microorganismos fosfosolubilizadores (bacterias), tanto en experimentos "in vitro", como "in vivo". En experimentos "in vivo" la tasa de solubilización es más destacable en ensayos sin planta, debido a la no-exportación que de fósforo hace el cultivo. Mencionan que la cepa del género *Bacillus* sp, es capaz de actuar sobre un medio de cultivo que contenga fósforo bajo formas inorgánicas, transformando fósforo no asimilable en asimilable, sin embargo, cuando en el medio existen solamente las formas orgánicas no es capaz de alcanzar los efectos positivos que se dan para el caso del fosfato bicálcico. Los pastos producidos en los suelos estudiados, Gleisol Dístico, pueden mejorar en calidad y en cantidad mediante la adición de la bacteria aislada.

1.2.3 Bacterias productoras de ácido indol acético

Lara *et al.* (2011) indican que entre los microorganismos, las bacterias tienen especial importancia en la relación suelo-planta y son responsables del incremento o disminución en el suministro de nutrientes como también en la producción de factores de crecimiento (fitohormonas); las bacterias pertenecientes a los géneros: *Azotobacter* sp, *Azospirillum* sp, *Pseudomonas* sp, *Xantomonas* sp, *Enterobacter* sp, *Arthrobacter* sp, *Bacillus subtilis*, se destacan por su potencial como biofertilizantes e inciden grandemente en el rendimiento y en la calidad de los cultivos. Estas bacterias segregan sustancias promotoras del crecimiento (auxinas, giberelinas, citoquininas), las cuales benefician a la planta.

La auxina, ácido indolacético (AIA), induce la formación y aumento de pelos radiculares, logrando con esto una mayor captación de nutrientes y promoviendo en consecuencia el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Okon y Vanderleyden 1997). Se ha establecido que las rizobacterias promotoras del desarrollo vegetal (plant-growth promoting rhizobacteria, PGPR), juegan un papel primordial en los

cultivos permitiendo disminuir la utilización de fertilizantes químicos, aumentar el rendimiento, acortar ciclos y por consiguiente, reducir la contaminación ambiental (Park *et al.* 2005). Las bacterias representan una alternativa para mejorar el aporte nutricional de las plantas; dentro de los efectos benéficos se destacan, la secreción de reguladores de crecimiento (auxinas), mejorando los procesos de germinación de semillas, nutrición, desarrollo de raíces, entre otros.

Escobar *et al.* (2011) al investigar la caracterización y determinación del efecto de cepas nativas de *Azotobacter* spp. en el desarrollo vegetativo de *Lycopersicon esculentum* Mill. “tomate”, como una alternativa al uso indiscriminado de fertilizantes químicos, tomaron muestras de raíces y suelo rizosférico de hortalizas con las que se realizaron siembras en caldo Ashby-Sacarosa y se incubaron a 30 °C. El género *Azotobacter* se identificó en agar mineral sin nitrógeno y Ashby-Benzoato, obteniéndose 96 cepas con una producción de 7.10 a 57.99 mg.L⁻¹ de ácido indolacético, 0.13 a 1.64 mg.L⁻¹ de nitrógeno fijado como amonio y hasta 1.61 % de eficiencia en la solubilización de roca fosfórica de Bayóvar. Se obtuvo una suspensión celular de cada una de las cuatro cepas con los mayores valores y se inocularon a plantas de tomate. Todas las cepas nativas incrementaron la altura, volumen radicular, materia seca total, parte aérea y radicular frente al testigo absoluto.

1.2.4 Población microbiana del suelo

Alexander (1980) indica que la vida del suelo es muy diversa, consta de micro y macroorganismos (bacterias, algas, hongos, animales tales como protozoos, nematodos, lombrices e insectos) y sobretodo, las propias plantas con sus sistemas de raíces, sus residuos y exudados, forman la fuente principal de nutrientes para la vida del suelo.

La actividad biológica del suelo viene determinada, principalmente por la existencia de materia orgánica fácilmente degradable. Cuando se dispone de un suministro adecuado, el nitrógeno puede limitar la actividad microbiana durante cortos periodos de tiempo. En un campo, el principal determinante de la actividad microbiana del suelo es su contenido de carbono inorgánico.

Algunas bacterias influyen directamente en el estado y disponibilidad de nutrientes en el suelo:

- Transformando por oxidación el amonio en nitrato (Nitrificación)
- Convirtiendo el nitrato en óxido nitroso y en gas nitrógeno (Desnitrificación)
- Excretando enzimas (ureasa) que liberan amoníaco de la urea
- Liberando nutrientes minerales de la materia orgánica y posiblemente, también de los minerales inorgánicos
- Produciendo hormonas del crecimiento de las plantas que potencian el desarrollo de las raíces
- Competiendo con elementos patógenos, limitando con ello su oportunidad de causar enfermedades.

Alexander (1980) indica que las bacterias exceden la población de todos los otros grupos de microorganismos. Encontramos todo tipo de bacterias desde autotróficas, heterotróficas, aeróbicas y anaeróbicas. Los hongos se encuentran en el suelo, generalmente cerca de la superficie donde prevalece una condición aeróbica. Los hongos son los descomponedores de celulosa, lignina y pectina. La importancia del hongo en el suelo es que mejora la estructura física mediante la acumulación de sus micelios en él. Además los hongos forman unos agregados que ayudan a retener agua. Las Algas mayormente se encuentran como algas verdes y diatomeas en la superficie o cerca de ésta ya que necesitan luz para llevar a cabo fotosíntesis. Estas juegan un papel importante en suelos erosionados o desérticos, ya que como son fotosintéticos inician la acumulación de materia orgánica en esa área. Los Protozoarios son importantes en la cadena alimentaria, ya que su modo de nutrición es la ingestión de bacterias controlando así la población bacteriana.

Los factores que contribuyen al número y tipo de microorganismos en el suelo son:

- Composición del suelo (cantidad y tipo de nutrientes)
- Características físicas del suelo (grado de aireación, humedad, temperatura y pH)
- Tipo de plantas en el suelo (el sistema de raíces influye en el número y tipo de organismos presentes)

Alexander (1980) menciona que en general, en un 1 g de suelo seco es posible encontrar, 10^6 - 10^8 bacterias, 10^6 - 10^7 actinomicetos, 10^4 - 10^5 hongos, 10^3 - 10^6 algas, 10^3 - 10^5 protozoos y 10^1 - 10^2 nematodos.

Existen diferentes técnicas para el recuento de la población microbiana en el suelo, siendo el método de dilución en placas el más conocido. Esta técnica permite determinar las unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo. Si bien es cierto, esta técnica no permite el aislamiento de toda la población microbiana debido a que no todas tienen la habilidad de crecer en medios sintéticos, sin embargo, permite hacer comparaciones de la población microbiana (bacterias, hongos) procedentes de diferentes hábitat.

1.3 PASTIZALES ALTOANDINOS

Flores (2005), afirma que los pastizales alto andinos se encuentran entre los 3.800 a 4.400 msnm. Están compuestas por una vegetación baja, cuya época de crecimiento coincide con la estación de lluvias. La mayoría son gramíneas perennes. Su tamaño, sin considerar los tallos floríferos, alcanza un metro en las especies más altas como la chilligua (*Festuca dolichophylla*). A las gramíneas, se asocian otras hierbas, tanto anuales como perennes. Los arbustos están muy diseminados. Al finalizar la estación de lluvias (de crecimiento para todos los pastos), sigue la estación seca, en la que las hierbas más delicadas desaparecen y queda una vegetación compuesta principalmente por gramíneas.

La riqueza en diversidad vegetal es enorme. En los pastizales alto andinos, se encuentra una diversidad de familias botánicas como las gramíneas. Dentro de esta familia, se encuentran géneros, como *Festuca*, y dentro de los géneros, las especies, como la *Festuca dolichophylla* (chilligua). Otras familias como las leguminosas, rosáceas, ciperáceas, juncáceas, etc. también tienen esta división; así como un número similar de géneros y especies.

La diversidad encontrada varía de 90 a 100 especies por metro cuadrado, dependiendo de la condición (estado de salud) del pastizal (puede ser excelente, bueno, regular, pobre o muy pobre). De la superficie total de los pastizales alto

andinos pastoreadas, casi el 80 por ciento presenta una condición que va de regular a muy pobre, lo cual indica que las praderas están sobrepastoreadas, y resalta la necesidad de prestar atención a la conservación in situ de especies vegetales en peligro de extinción.

Las gramíneas constituyen el mayor grupo de especies vegetales en estas praderas. Entre las especies principales se menciona: la chilligua (*Festuca dolichophylla*), el crespillo (*Calamagrostis vicunarum*), el ichu (*Stipa ichu*), el llachu o chili (*Muhlenbergia fastigiata*) y el ccachu (*Poa candamoana*). Estas constituyen especies indicadoras o claves en manejo de las canchas o potreros.

Entre las leguminosas se encuentran el layo (*Trifolium amabile*) y el garbancillo (*Astragalus garbancillo*), que es considerado tóxico para el ganado, especialmente para el ovino.

Otras especies dentro otros géneros de plantas son: miskiilli (*Hipchoeris taraxacoides*), la ojetilla wilalayo (*Geranium sessiflorum*), familia Geraniaceae, cyperus (familia Ciperácea), y los juncus (familia Juncaceae).

1.3.1 Distribución de los pastizales

Gonzales y Ruiz (1988), menciona que en el Perú existen cerca de 106 zonas de vida de las cuales 64 zonas de vida se encuentran en Ayacucho. Para definir los tipos de vegetación, se hace necesario recurrir a las zonas de vida natural y climas, Ayacucho por ejemplo, cuenta con dos pisos ecológicos predominantes y muy definidos (de acuerdo a Pulgar Vidal): la zona Quechua y la zona alto andina. La Zona Quechua que representa 1/3 parte del total de la superficie del departamento y que está compuesta por las provincias: Huanta, la Mar, Huamanga, Cangallo, Victor Fajardo, Lucanas, Parinacochas. La Zona alto andina corresponde regiones de: Suni y puna que representa las 2/3 partes del departamento y que comprenden las alturas de Huanta, Huamanga, Cangallo, Vilcashuaman, Victor Fajardo, Huancasancos, Lucanas, Parinacochas, Sucre y Paucar del Sara- Sara.

Al estudiar la vegetación natural y modificada buscando la predominancia vegetal a nivel de las familias botánicas en forma general, se expresa en porcentajes del siguiente orden:

Gramíneas	: 45%
Cactáceas	: 18%
Asteráceas compuestas	: 13%
Leguminosas	: 9%
Bromeliáceas	: 6%
Amarantáceas	: 4%
Otras especies	: 5%

1.3.2 Taxonomía y caracterización morfológica de las especies en estudio (Tovar, 1960)

***Festuca dolichophylla* “Chilligua”**

Según Tovar (1960), el género *Festuca* comprende cerca de 160 especies, distribuidos en regiones frías y templadas de ambos hemisferios y en la zona tropical, principalmente en las altas cordilleras; existiendo muy pocos en los niveles bajos.

La mayor concentración de especies dentro de la región alto-andina está comprendida entre los niveles de 3,900 y 4,500 msnm, decreciendo gradualmente por encima o debajo de dichos niveles. Las especies ampliamente distribuidas son en orden de mayor frecuencia: *Festuca rigescens*, *Festuca dolichophylla*, *Festuca cajamarca* y *Festuca orthophylla*

Características morfológicas

Planta perenne, con gran cantidad de macollos, con tallos que varía de 40 -90 cm de altura, esto de acuerdo a la edad de la planta y la profundidad de los suelos donde se desarrollan. Lígula menor de 1 mm de largo, membranácea, ciliada. Láminas foliares de 10-35 cm de largo, a veces sobrepasan al tallo y panícula, subrigidas, de ápice agudo o algo tubulado, involutas, lámina superior de la caña algo aplanada, finamente pubescente en el haz, los pelos cortos y algo densos. Panícula de 9 – 16 cm de largo, con pedicelos glabracentes. Glumas desiguales, agudas o subagudas,

glabras, gluma inferior de 3-3.5 mm de largo. Gluma superior de 3.8-5 mm de largo. Lemma inferior de 6-7 mm de largo, oblongo lanceolada, a veces ligeramente acuminadas o brevemente afistulada, finamente escabrosa hacia el ápice.

Taxonomía

Clase : Angiospermas
 Sub Clase : Monocotyledoneas
 Orden : Graminales
 Familia : Poáceae o Gramineae
 Sub familia : Festucoideas
 Tribu : Festuceae
 Género : *Festuca*
 Especie : *Festuca dolichophylla*

***Muhlenbergia ligularis* “atun-chiji”, “grama blanca”**

Género que agrupa a las plantas con lemmas aristadas o acuminada, la arista terminal geniculada. En el Perú se conoce más de 10 especies con hojas angostas y paniculas angostas, cortas o largas, abiertas espiguillas uní floras. No se conoce ninguna cultivada, todas aparentemente nativas, anuales y perennes; cespitosas y conocidos como “ichu pichanas”. Se tiene las siguientes especies: *Muhlenbergia peruviana* s., *M. fastigiata* y *M. ligularis*.

Características morfológicas

Planta perenne, cespitosa, con cañas decumbentes o postradas, de 4-8 cm de largo. Láminas foliares planas o subinvolutas, de 1-2 cm de largo por 1-2 mm de ancho, suaves. Panícula pequeña negruzca, de 1.2-2 cm de largo, pauciflora, suelta o subapretada, ramas ascendentes –adpresas. Espiguilla de 2 mm de largo. Glumas iguales, comúnmente de 1-1.3 mm de largo, de ápice obtuso o truncado. Lemma de 2 mm de largo, acuminado o aguda, glabra.

Taxonomía

Clase : Angiospermas
 Sub Clase : Monocotyledoneas

Orden : Graminales
Familia : Poáceae o Gramineae
Sub familia : Festucoideas
Tribu : Agrostideae
Género : *Muhlenbergia*
Especie : *Muhlenbergia ligularis*

1.4 DE LOS SUELOS DE PRADERAS NATIVAS

Los suelos de las praderas nativas forman un complejo mosaico, debido principalmente a diferencias en el material parental, presencia de agua subterránea, duración de las lluvias y presencia de nevada, pendiente, exposición, y periodo de tiempo disponible para el desarrollo del suelo.

Las características dominantes de estos suelos son su color oscuro, alto contenido de materia orgánica y su naturaleza acida a ligeramente ácida. Dada la situación tropical de los Andes peruanos, el contenido de materia orgánica, aumenta con la altitud hasta los 4,200 metros. Esto se debe principalmente al decrecimiento de la temperatura con la altitud, antes que a las condiciones de humedad. La disponibilidad de nitrógeno es baja debido a la lenta descomposición de la materia orgánica, por la baja temperatura.

Meyer *et al.* (1970) indican que los suelos ácidos presentan poco calcio y magnesio intercambiables, y una alta solubilidad de aluminio, hierro, manganeso y boro y una baja solubilidad de molibdeno. Además está la posibilidad de las toxinas orgánicas y ciertamente habrá un escaso aprovechamiento de nitrógeno y fósforo.

1.4.1 Fertilización y abonamiento de praderas

Florez y Malpartida (1987) realizaron una investigación para medir la respuesta a la aplicación de fertilizantes en la granja modelo de Puno – Chiquibambilla en diferentes sitios de pastizales, los resultados muestran que hay respuesta significativa a la aplicación creciente de 50 y 100 Kg de Nitrógeno. Similar respuesta obtuvieron con la aplicación de Fosforo y elementos menores. En cambio no hay respuesta significativa a las aplicaciones de Calcio y Potasio (probablemente debido

al alto contenido de potasio disponible). El rendimiento obtenido fue de 2272 Kg de materia seca por hectárea.

Horber (1984) realizó trabajos sobre efecto de la fertilización sobre el rendimiento de la asociación *Festuchetum – Muhlebergetum*, utilizando dosis de abonamiento de 50 – 180 – 120 – 60 Kg de NPK y S por hectárea. Obtuvo un rendimiento anual de 2760 Kg, de materia seca por hectárea con una sola aplicación y un rendimiento anual de 3900 Kg, de materia seca por hectárea con fraccionamiento anual.

Quispe (2012) obtuvo 502.4 Kg.ha⁻¹ de materia seca en la especie *Festuca dolichophylla* y 1659 Kg.ha⁻¹ de materia seca, en *Muhlenbergia ligularis* con el nivel de fertilización sintética recomendada de 150 – 200 – 150 Kg de NPK por hectárea, más 2 toneladas de guano de isla. Los suelos de la mencionada comunidad presentan niveles altos de Nitrógeno Total y Materia Orgánica, nivel medio de Fósforo disponible y nivel muy alto en Potasio disponible.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las praderas nativas altoandinas de la comunidad campesina de Ccarhuaccpampa del Distrito de Paras, Provincia de Cangallo, del Departamento de Ayacucho, geográficamente ubicada a una latitud de 13° 25' 3.78" S, longitud 74° 54' 21.06 "W, y altitud de 4116.8 msnm. La investigación se realizó entre noviembre de 2012 a junio de 2013

2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS CLAUSURAS

La clausura del experimento 1 se caracterizó por estar compuesta en su mayoría por especies de porte bajo con predominancia de *Calamagrostis vicunarum*, *Stipa brachyphylla*, *Festuca dolichophylla*, *Trifolium amabile* y en menor porcentaje de especies como *Scirpus rigidus*, *Bromus lanatus* y *Bromus pitensis*. Acompañando a estas especies se encontraron especies de otras familias como las asteráceas, rosáceas, etc. En esta clausura se evaluaron las siguientes especies: *Festuca dolichophylla* y *Calamagrostis vicunarum*.

La clausura del experimento 2, se caracterizó por estar compuesta en su mayoría por especies de porte bajo con predominancia de la *Muhlenbergia ligularis*, *Calamagrostis vicunarum*, *Festuca dolichophylla*, *Trifolium amabile* y en menor porcentaje de especies como *Calamagrostis rigescens*, *Scirpus rigidus* y *Bromus lanatus*. Acompañando a estas se encontraron especies de otras familias como las asteráceas, rosáceas y plantagináceas. En esta clausura se evaluaron las siguientes especies: *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia ligularis*.

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

De acuerdo al análisis físico-químico del suelo evaluado (Tabla 2.1) el experimento 1 (Ccarhuaccpampa 1), presentó un pH fuertemente ácido de 4.88 y 6.21 % de materia orgánica que corresponde a un nivel alto por lo tanto es un suelo orgánico. Para el caso de nitrógeno total se encontró el valor de 0.31% que corresponde también a un valor muy alto. Para el fósforo disponible se tuvo el valor de 19.4 ppm que es un nivel alto; el valor de potasio disponible fue de 98.3 ppm que es un valor bajo. Para el caso de la CIC se encontró valores de 17.4 Cmol(+)/Kg, que nos indica valores de CIC altos para todos los pastizales de puna; la clase textural del suelo es Franco-Arcilloso-Arenoso.

El experimento 2 (Ccarhuaccpampa 2) presentó un pH moderadamente ácido de 5.82 y 6.34 % de materia orgánica que corresponde a un nivel alto por lo tanto es un suelo orgánico. Para el caso de nitrógeno total se encontró el valor de 0.31% que corresponde a un valor muy alto. Para el caso de fósforo disponible se tuvo el valor de 15.7 ppm que es un nivel alto; el valor de potasio disponible fue de 78.9 ppm que es un valor bajo. Para el caso de la CIC se encontró valores de 18.1 Cmol(+)/Kg, que nos indica valores de CIC altos para todos los pastizales de puna; la clase textural del suelo es Franco-Arcilloso-Arenoso.

Tabla 2.1: Análisis Físico – Químico de suelo procedente de la Comunidad de Ccarhuaccpampa Experimento 1 y 2.

PREDIO	Análisis Mecánico (%)			Clase Textural	pH (H2O)	C.E (dS/m)	CaCO3 (%)	M.O (%)	Nt (%)	Elementos Disp.		CATIONES CAMBIABLES Cmol (+)/Kg					C.I.C Cmol(+)/Kg	
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca+	Mg++	K+	Na+++	Al+++		H+
CCARHU ACCPAM PA.01	56	184	25,6	Fr-Ar-Ao	488	0,238	-	6,21	0,31	19,4	983	6,64	1,68	0,50	-	0,37	0,05	17,4
CCARHU ACCPAM PA.02	58	18,4	23,6	Fr-Ar-Ao	5,82	0,172	-	6,34	0,32	15,7	78,9	13,3	0,98	0,28	-	0,88	0,04	18,1

Fuente: Laboratorio de suelos NICOLÁS ROULET del Programa de Pastos y Ganadería. Ayacucho-Perú.

2.4 DATOS METEOROLÓGICOS

Los datos meteorológicos fueron tomados de la estación Apacheta perteneciente a la Operación y mantenimiento de la Red Hidrometeorológica-OPEMAN, del Gobierno Regional, a partir del mes de setiembre del 2012 a agosto del 2013.

En la tabla 2.2 y figura 2.1 se observa que la variación de la temperatura mínima absoluta es de -6.40 a 0 °C, presentándose la temperatura más baja en el mes de junio, mientras que la temperatura máxima absoluta varía de 17.8 °C, presentándose las máximas temperatura en el mes de octubre y la temperatura media mensual varia de 8.6 - 3.2°C. Las precipitaciones mensuales varían de 31.0 mm que se presentó en el mes de abril, hasta la máxima precipitación que se registró en el mes de marzo con 234.9 mm en el 2013.

Tabla 2.2. Temperatura Máxima, Mínima, Media, Precipitación y Balance Hídrico mensual de Septiembre 2012 - Agosto 2013, Estación Meteorológica APACHETA A 4150.0 msnm - Ayacucho - Cangallo – Paras

AÑO	2012				2013								TOTAL
MES	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
T ⁰ Máxima (°C)	16,8	17,8	17,6	14,4	14,2	14,4	15	15,8	15,8	13,2	12,8	15,4	
T ⁰ Mínima (°C)	-7	-4,6	-5,8	-2,2	-1,8	-1,4	0	-3,6	-5,4	-6,4	0	1,8	
T ⁰ Media (°C)	4,90	6,60	5,90	6,10	6,20	6,50	7,50	6,10	5,20	3,40	6,40	8,60	
Factor	8,82	9,05	13,36	39,61	37,89	28,75	19,89	5,08	11,44	13,32	3,20	5,05	
PP (mm)	43,2	59,7	78,8	241,6	234,9	186,9	149,2	31	59,5	45,3	20,5	43,4	1194
E.T.P (mm)	80,88	91,02	88,8	88,04	87,54	73,92	84,07	79,44	79,36	68,4	70,18	78,86	970,51
E.T.P ajustado	99,51	111,98	109,25	108,31	107,70	90,94	103,43	97,73	97,64	84,15	86,34	97,02	
Exceso (mm)				133,29	127,20	95,96	45,77						
Déficit (mm)	-56,31	-52,28	-30,45					-66,73	-38,14	-38,85	-65,84	-53,62	

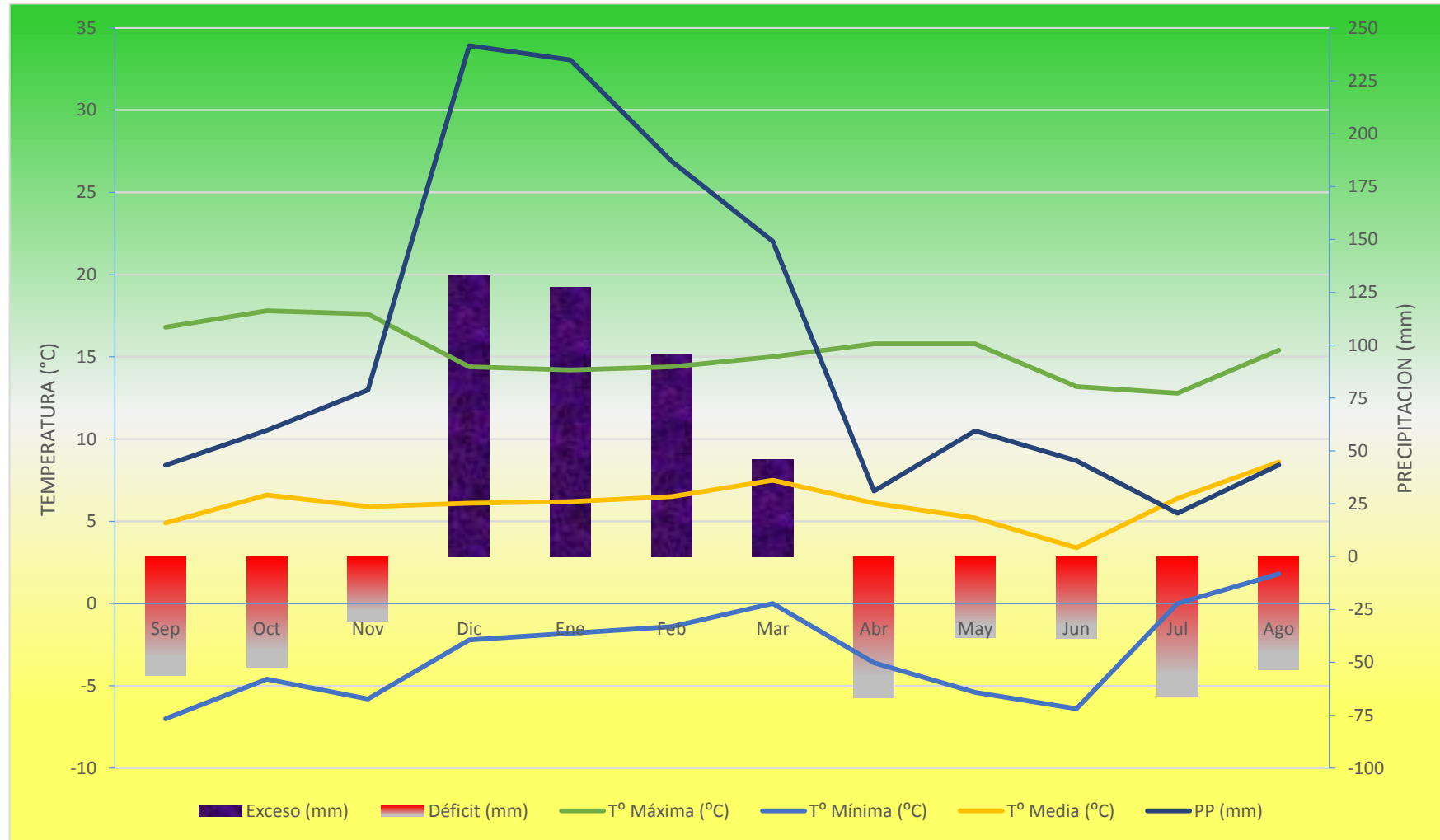


Figura 2.1. Variación de las temperaturas, máximas, mínimas, medias y precipitaciones mensuales de Septiembre 2012 - Agosto 2013.

2.5 TRATAMIENTOS

Se evaluaron 22 tratamientos, 19 cepas aisladas debidamente de los pastizales de la comunidad de Ccarhuaccpampa más abonamiento básico, un control con abonamiento básico, un control con fertilización química y un control sin abonamiento, sin fertilización química y sin bacterias.

Los tratamientos se indican a continuación:

Trat.	Código Bacterias	Descripción
1	BPCc1	Cepa 1 más abonamiento básico
2	BPCc2	Cepa 2 más abonamiento básico
3	BPCc3	Cepa 3 más abonamiento básico
4	BPCc4	Cepa 4 más abonamiento básico
5	BPCc5	Cepa 5 más abonamiento básico
6	BPCc6	Cepa 6 más abonamiento básico
7	BPCc7	Cepa 7 más abonamiento básico
8	BPCc8	Cepa 8 más abonamiento básico
9	BPCc9	Cepa 9 más abonamiento básico
10	BPCc10	Cepa 10 más abonamiento básico
11	BPCc11	Cepa 11 más abonamiento básico
12	BPCc12	Cepa 12 más abonamiento básico
13	BPCc13	Cepa 13 más abonamiento básico
14	BPCc14	Cepa 14 más abonamiento básico
15	BPCc15	Cepa 15 más abonamiento básico
16	BPCc16	Cepa 16 más abonamiento básico
17	BPCc17	Cepa 17 más abonamiento básico
18	BPCc18	Cepa 18 más abonamiento básico
19	BPCc19	Cepa 19 más abonamiento básico
20	Abonamiento básico	Control con abonamiento básico (15 Kg de guanosol, 1.9 Kg de roca fosfórica, 600 g de sulfato de potasio por 75 m ²)
21	Fertilización Química	Control con fertilización química (3.41 kg de nitrato de amonio, 3.2 kg de superfosfato triple, 2.21 de sulfato de potasio por 75 m ²)
22	Control	Control sin Cepa, sin fertilización y sin abonamiento

2.6 MATERIALES

2.6.1 Bacterias

Las bacterias, fueron aisladas de pastizales de la comunidad de Ccarhuaccpampa, del distrito de Paras, provincia de Cangallo, departamento de Ayacucho. De las que se seleccionó 19 cepas con mayor actitud en fijación del nitrógeno atmosférico, mayor producción de ácido indolacético, y solubilizadoras de fosfatos.

2.6.2. Plantas indicadoras

Como plantas indicadoras se consideraron aquellas, de mayor consumo por los animales de la zona:

- *Festuca dolichophylla* “Chilligua”
- *Muhlenbergia ligularis* “atun-chiji”, “grama blanca”

2.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los experimentos fueron conducidos en el Diseño Bloque Completo Randomizado (DBCR). Se consideró 22 tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 66 unidades experimentales por experimento.

2.7.1 Unidad experimental

El campo experimental estuvo conformado de 1 hectáreas ubicada en dos lugares. Cada hectárea tuvo 66 unidades experimentales (parcelas), 22 unidades experimentales por cada bloque y 3 bloques por hectárea.

2.7.2 Campo experimental

El experimento se realizó en una hectárea, de dos lugares diferentes de la comunidad de Ccarhuaccpampa. Los datos que se presentan a continuación son para una hectárea.

Las características del campo experimental se indican a continuación:

Largo	: 100m
Ancho	: 100m
Área total	: 10000 m ²

UNIDAD EXPERIMENTAL

Longitud	: 25.0 m
Ancho	: 3.0 m
Área	: 75.0 m ²
Nº total de parcelas	: 66.0
Calle	: 1.0 m

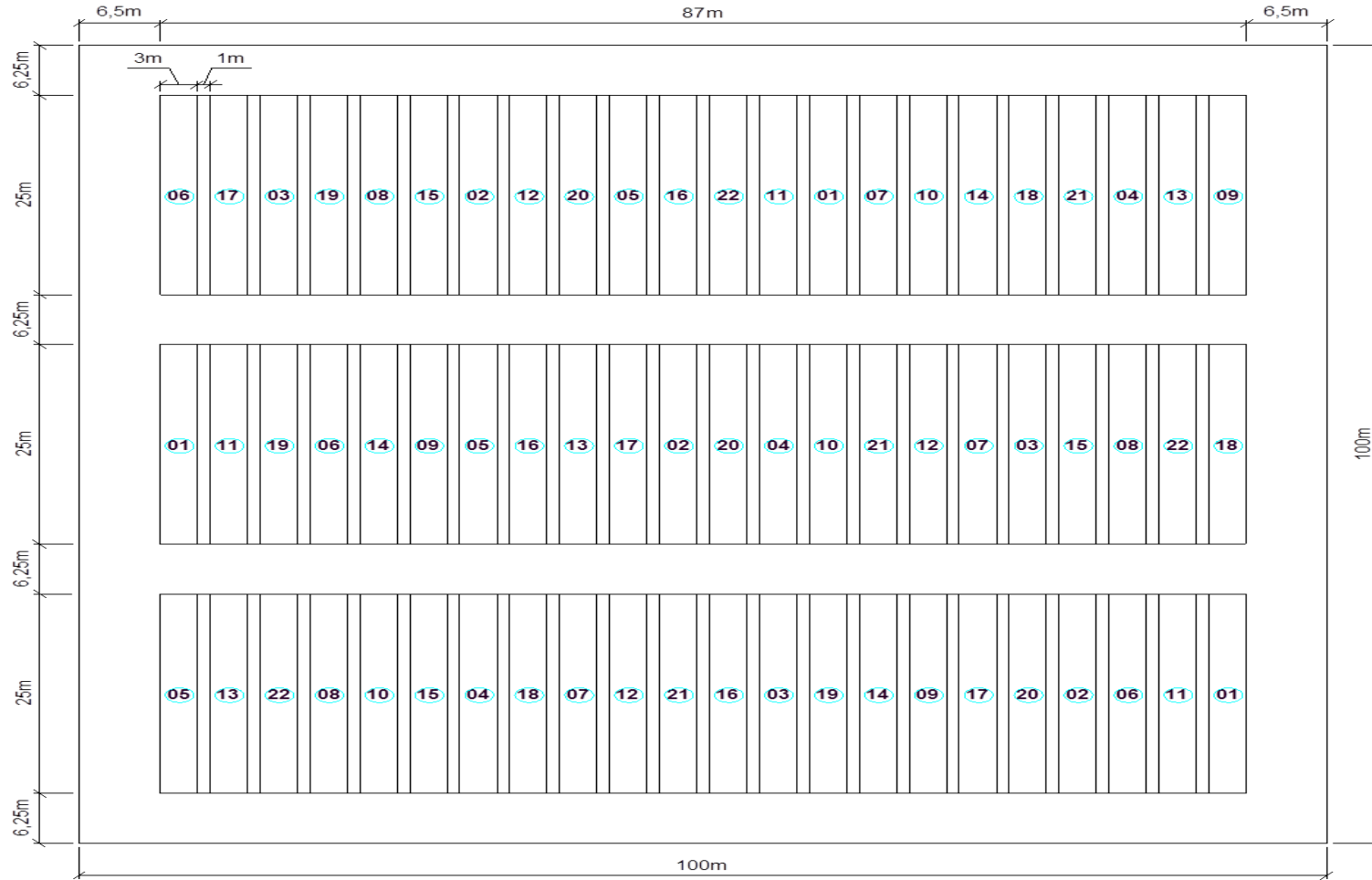
BLOQUE

Longitud	: 66.0 m
Ancho	: 25.0 m
Área de bloque	: 1650.0 m ²
Nº de bloques	: 3.0
Nº de parcelas por bloque	: 22.0

ÁREA TOTAL DEL EXPERIMENTO

Área efectiva por bloque	: 1650.0 m ²
Área total de las calles	: 5050.0 m ²
Área total del campo	: 10000 m ²
Área efectiva del experimento	: 4950.0 m ²

CROQUIS DEL EXPERIMENTO



2.8 INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.8.1 Preparación de los inoculantes

Los inoculantes fueron preparados en el laboratorio de Rhizobiología del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería. Cada una de las bacterias seleccionadas fue multiplicada en caldo nutritivo e incubada a 28°C por 48 horas, al término de este tiempo, fueron mezcladas con turba esterilizada en la proporción de 1:1. Un día antes de la siembra, cada uno de los inoculantes (22.5 g) se mezcló con tierra de la zona (2.0 Kg) con la finalidad de obtener la cantidad necesaria para cada tratamiento.

2.8.2 Instalación de los experimentos

Para la instalación de las clausuras (cercados), se realizó un recorrido de reconocimiento por toda el área que corresponde a la comunidad de Ccarhuaccpampa. Se seleccionó las zonas con mayor predominancia de especies deseables y mejores características para la producción de forraje.

Se procedió a la instalación de las clausuras (cercos) con mallas ganaderas (4 mallas de 100 m) y palos de eucalipto (de 2.20m a 2.30m) plantados en hoyos de 0.40 metros de profundidad, en una extensión de 1 ha por experimento. Posteriormente se inició con la delimitación del terreno.

Se distribuyeron las estacas en los puntos señalados, luego se procedió con la limpieza de residuos, piedras sobre todo, a un lado del terreno cercado; se delimitaron las unidades experimentales, y los bloques con rafias de colores, las cuales fueron retiradas al final de la evaluación; esto en ambas hectáreas de evaluación, considerando 75 m² (3.0m x 25.0 m) por unidad experimental. Se consideró un metro de calle entre unidades experimentales y 6.0 m entre bloques.

En las unidades experimentales delimitadas se realizó con la homogenización de los pastizales, con segaderas, tijeras de podar además de la limpieza de las mismas y retiradas a un lado de las unidades experimentales.

Días posteriores, se hizo la fertilización química y el abonamiento básico de cada una de las unidades experimentales de acuerdo a los tratamientos, utilizando el método al voleo. Posteriormente se procedió a la aplicación de las bacterias mezcladas con suelo de la zona.

Dentro de las clausuras se procedió con la identificación y marcado de las especies más importantes, mediante el método de Transectos Lineales al paso.

2.9 EVALUACIÓN

La evaluación se realizó después del periodo de lluvias en la zona, en el mes de mayo del 2013. Se evaluaron las siguientes características:

- **Características de productividad**

- **Rendimiento de pastizales**

Para obtener el rendimiento se consideraron tres muestras al azar (1.0 m² por muestra) por cada unidad experimental (75.0 m²). El corte uniforme de las plantas fueron colocadas en bolsas de papel, posteriormente, puestas en estufa a 95°C por 48 horas, luego fueron pesadas, haciendo un total de 198 muestras por experimento.

- **Análisis de nutrientes**

Las especies seleccionadas de cada tratamiento y de cada experimento fueron enviadas al laboratorio para el análisis de macro y micronutrientes, haciendo un total de 66 muestras. En el experimento 1 se seleccionó la especie *Festuca dolichophylla* “Chilligua” y en el experimento 2 la especie *Muhlenbergia ligularis* “atun-chiji”

- **Características microbiológicas**

La población bacteriana y fúngica, se obtuvo a partir de tres muestras de suelo de cada tratamiento. Se utilizó la técnica de dilución y siembra en placas de Petri. Se pesaron 10 g de suelo y se diluyeron en 90 ml de solución salina al 0.85%, a partir de esta solución se hicieron diluciones hasta la 10⁻⁶. Las diluciones 10⁻⁵ y 10⁻⁶ se sembraron en placas con Agar nutritivo para la evaluación de la población bacteriana y las diluciones 10⁻⁴ y 10⁻⁵ se sembraron en placas con agar papa dextrosa para la evaluación de la población fúngica (Hongos).

2.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados cuantitativos se sometieron al análisis de varianza, y cuando la fuente de varianza de los factores estudiados o la interacción fueron significativas, se realizó la prueba de significación de Tukey (0.05).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Del rendimiento de materia seca de pastizales (Kg.m⁻²)

El análisis de varianza del rendimiento en Kg de materia seca por m² de pastizal del experimento 1 (Tabla 3.1) determinó diferencias significativas entre tratamientos y no así entre bloques. El coeficiente de variabilidad fue de 32%, aceptable para condiciones de pastizales naturales.

Tabla 3.1. Análisis de varianza (ANVA) del Rendimiento Kg Materia Seca por m² de pastizales de Ccarhuaccpampa. Experimento 1

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Bloques	2	0.000117	0.000059	0.22	0.803 NS
Tratamientos	21	0.291127	0.013863	52.26	0.000 **
Error	42	0.011141	0.000265		
Total	65	0.302385			
C.V = 32%					

Al realizar la prueba de significación de Tukey (Tabla 3.2) para determinar las diferencias entre tratamientos se observó que los tratamientos 7, 9, 4, 8, 10, 11, 2, 5 y la fertilización química superaron con diferencias significativas al control y al abonamiento básico. Dichos tratamientos presentaron rendimientos entre 0.253 y 0.315 Kg Materia Seca por m², mientras que el control presentó 0.133 Kg Materia Seca por m² y el Abonamiento básico, 0.158 Kg Materia Seca por m².

Tabla 3.2: Prueba de Tukey (0.05) del Rendimiento en Kg de Materia Seca por m² de pastizales de Ccarhuaccpampa. Experimento 1

Tratamientos	Rdto. Kg MS.m ⁻²	Tukey (0.05)
7	0.315	a
9	0.315	a
4	0.306	ab
8	0.297	abc
10	0.294	abc
Fert.		
Química	0.269	abc
11	0.262	bc
2	0.261	bc
5	0.253	cd
12	0.205	de
14	0.204	def
6	0.183	efg
3	0.179	efgh
19	0.163	efgh
Abon. Básico	0.158	efgh
13	0.154	fgh
17	0.149	gh
15	0.144	gh
18	0.139	gh
16	0.136	gh
Control	0.133	gh
1	0.132	h

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Al respecto, Flores y Malpartida (1987) y Horber (1984) indican rendimientos de 0.227 y 0.276 Kg.m⁻² de materia seca respectivamente, en pastizales abonados con fertilización química.

El ANVA del rendimiento en Kg de materia seca por m² de pastizales de Ccarhuaccpampa, del experimento 2 demostró como en el experimento 1, diferencias significativas entre tratamientos, no así entre bloques. El coeficiente de variabilidad fue de 23%.

Tabla 3.3: Análisis de varianza (ANVA) del Rendimiento Kg Materia Seca por m² de pastizales de Ccarhuaccpampa. Experimento 2

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Bloques	2	0.0000019	0.0000010	0.02	0.983 NS
Tratamientos	21	0.0120702	0.0005748	10.16	0.000 **
Error	42	0.0023768	0.0000566		
Total	65	0.0144489			

C.V = 23%

Al realizar la prueba estadística de Tukey (Tabla 3.4) se observó que los tratamientos 12, 10, 11, 2, 15, 14 y la fertilización química superaron con diferencias significativas al control. Los rendimientos presentados variaron entre 0.077 y 0.091 Kg de materia seca por m², mientras que el control presentó 0.054 Kg de materia seca por m² y el abonamiento básico, 0.068 Kg de materia seca por m². Los valores determinados en el presente experimento, fueron ligeramente superiores a los reportados por YUPANQUI (2016) quien indica entre 0.036 a 0.057 Kg de materia seca por m², utilizando roca fosfórica, guano de isla, superfosfato triple a niveles bajos y medios, pero inferiores a los indicados por Flores y Malpartida (1987) y Horber (1984).

Tabla 3.4: Prueba de Tukey (0.05) del Rendimiento en Kg de Materia Seca por m² de pastizales de Ccarhuaccpampa. Experimento 2

Tratamientos	Rdto. Kg MS. m ⁻²	Tukey (0.05)
12	0.091	a
10	0.088	ab
11	0.082	abc
2	0.081	abc
15	0.080	abc
14	0.079	abcd
Fert. Química	0.077	abcde
1	0.072	abcdef
3	0.070	abcdefg
Abon. Básico	0.068	abcdefg
9	0.066	bcdefgh
8	0.063	cdefgh
6	0.062	cdefgh
19	0.060	cdefgh
4	0.056	defgh
7	0.055	efgh
16	0.055	efgh
Control	0.054	fgh
18	0.050	fgh
13	0.050	fgh
5	0.047	gh
17	0.044	h

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Los resultados obtenidos indicaron que el rendimiento de experimento 1 fue superior al rendimiento del experimento 2, posiblemente debido a la predominancia de la especie *Festuca dolichophylla* en el experimento 1, y *Muhlenbergia ligularis* en el experimento 2.

En los experimentos 1 y 2, las bacterias 12, 10, 11, 2, y 14 permitieron rendimientos de los pastizales que superaron con diferencias significativas al control sin inocular.

NODA (2009) indica que el uso de microorganismos permite que las plantas desarrollen una calidad biológica superior, en cuanto a mayor altura, vigor y área foliar, y se incrementan los rendimientos entre 15 y 50%, valores que fueron superados en el experimento 1 y dentro del rango en el experimento 2.

INFOPOS (2003), señala que las especies forrajeras, especialmente las gramíneas responden muy bien a la fertilización, particularmente a la aplicación de N, que suele producir respuestas muy altas en pastos de altura y de clima medio. El presente trabajo demuestra que los pastos también responden a la aplicación de bacterias.

3.2 Del contenido foliar de macronutrientes y micronutrientes en plantas de *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia ligularis*

El ANVA del contenido de macronutrientes en plantas de *Festuca dolichophylla* (Anexos 1 al 8) indica diferencias significativas en todos los macroelementos y sin diferencias significativas entre bloques.

La prueba de Tukey ($P > 0.05$) se presenta en la tabla 3.5. De manera general se observó que el contenido de macroelementos se encuentra en los niveles indicados por diferentes autores en diferentes plantas (Ohlson and Staaland 2001, Vicente y Legaz 2000, Schroeder y Burgos 2011).

Tabla 3.5: Prueba de Tukey (P=0.05) del contenido de macronutrientes en plantas de *Festuca dolichophylla*

Trat	Macronutrientes (%)								
	N	P	K	Na	Ca	Mg	S	CL	
1	1.5 d-f	0.1 d-f	0.97 ef	0.019 b	0.24 e-g	0.075 c-f	0.073 i	0.103 hi	
2	1.03 gh	0.07 gh	0.76 g	0.015 c	0.16 jk	0.055 f-h	0.08 i	0.131 f-h	
3	1.8 bc	0.11 b-e	1.07 de	0.021 ab	0.25 d-f	0.089 a-d	0.13 c-e	0.25 a	
4	2.1 ab	0.13 ab	1.47 a	0.013 d	0.29 c	0.1 ab	0.14 b-d	0.25 a	
5	1 h	0.06 h	0.73 g	0.01 ef	0.19 ij	0.05 g-h	0.073 i	0.15 ef	
6	1.1 gh	0.06 h	0.73 g	0.009 f	0.14 kl	0.04 h	0.073 i	0.123 f-i	
7	2.1 ab	0.11 b-e	1.33 ab	0.021 a	0.35 b	0.103 a	0.12 a	0.223 ab	
8	2.1 ab	0.11 b-e	1.26 bc	0.012 de	0.36 b	0.093 a-c	0.15 a-c	0.233 a	
9	1.7 cd	0.08 gh	1.17 b-d	0.01 ef	0.25 d-f	0.1 ab	0.14 b-d	0.2 bc	
10	2.2 a	0.12 a-c	1.49 a	0.012 de	0.33 b	0.086 a-d	0.16 ab	0.1 i	
11	1.03 gh	0.06 h	0.73 g	0.01 ef	0.21 g-i	0.057 e-h	0.09 g-i	0.12 gi	
12	2.3 a	0.1 c-e	1.47 a	0.015 c	0.42 a	0.087 a-d	0.18 a	0.25 a	
13	1.6 c-e	0.08 f-h	0.97 ef	0.01 ef	0.27 cd	0.076 c-f	0.13 c-e	0.17 de	
14	1.1 gh	0.06 h	0.73 g	0.009 f	0.26 c-e	0.056 f-h	0.12 d-f	0.103 hi	
15	1.3 f-h	0.06 h	0.8 fg	0.01 ef	0.23 e-h	0.057 e-h	0.11 e-h	0.1 i	
16	1.03 gh	0.06 h	0.73 g	0.009 f	0.12 l	0.055 f-h	0.073 i	0.103 hi	
17	1.3 e-g	0.14 a	1.13 c-e	0.01 ef	0.28 c	0.073 c-f	0.12 d-f	0.25 a	
18	1.2 f-h	0.09 e-g	0.77 g	0.01 ef	0.2 hi	0.06 e-h	0.083 hi	0.23 a	
19	1.1 gh	0.07 gh	0.73 g	0.01 ef	0.2 hi	0.07 c-g	0.095 f-i	0.143 e-g	
A.B	1.6 c-e	0.12 bcd	1.02 de	0.009 f	0.24 ef	0.079 b-e	0.12 d-g	0.19 cd	
F.Q	1.3 e-g	0.07 gh	0.73 g	0.01 ef	0.22 f-h	0.067 d-h	0.09 hi	0.15 ef	
C	1.1 gh	0.06 h	0.73 g	0.009 f	0.13 kl	0.057 e-h	0.073 i	0.103 hi	
%	1-3.5	0.05-1	0.3-6	1	0.1-7	0.05-0.7	0.05-1	0.01-0.5	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

El efecto de los tratamientos en el contenido de macronutrientes fue diverso, sin embargo, destacan los tratamientos 4, 7, 8, 10 y 12 que superaron estadísticamente al grupo con abonamiento básico, fertilización química y testigo, excepto en el contenido de fósforo y calcio, en los que destaca el tratamiento 17. En suelos ácidos, como el de Ccarhuaccpampa, el contenido de P disponible disminuye (MEYER *et al.* 1970) por lo que el beneficio otorgado por el tratamiento 17 es de importancia.

Los beneficios de las bacterias aplicadas a plantas han sido reportados por varios autores, así por ejemplo, Merryweather y Fitter (1996), Alkaraki y Clark (1999), Rivas, (1997) y Alkaraki (1998) citados por Noda (2009) indican que los

microorganismos al ser inoculados a las plantas aumentan de forma marcada la absorción de nutrientes como el nitrógeno, el potasio, el calcio, el zinc, el magnesio y el fósforo; mejoran el transporte y la absorción de agua en el vegetal, así como la resistencia de la planta huésped a la sequía.

En la figura 3.1 se presenta el contenido de macronutrientes acumulados por cada tratamiento, en la que se observa que los tratamientos 12, 10, 9, 8, 7, 4 y 3 superaron al resto de tratamientos incluyendo a los tratamientos 20 (abonamiento básico), 21 (fertilización química) y 22 (control), estos resultados indican el efecto positivo de las bacterias aplicadas, en la absorción de macronutrientes.

Asimismo, se observa mayor concentración de K con relación a las concentraciones de Ca y Mg. El K, el Ca y el Mg son tradicionalmente considerados en conjunto, debido al efecto de uno de ellos sobre la concentración de los otros dos iones. En el presente estudio, el K parece ser el más activo de los tres cationes, teniendo mayor efecto depresor sobre la absorción de Ca y Mg. Los efectos competitivos probablemente se deben a que el K es más rápidamente absorbido por las células e forma activa o por difusión facilitada (Vicente y Legaz 2000).

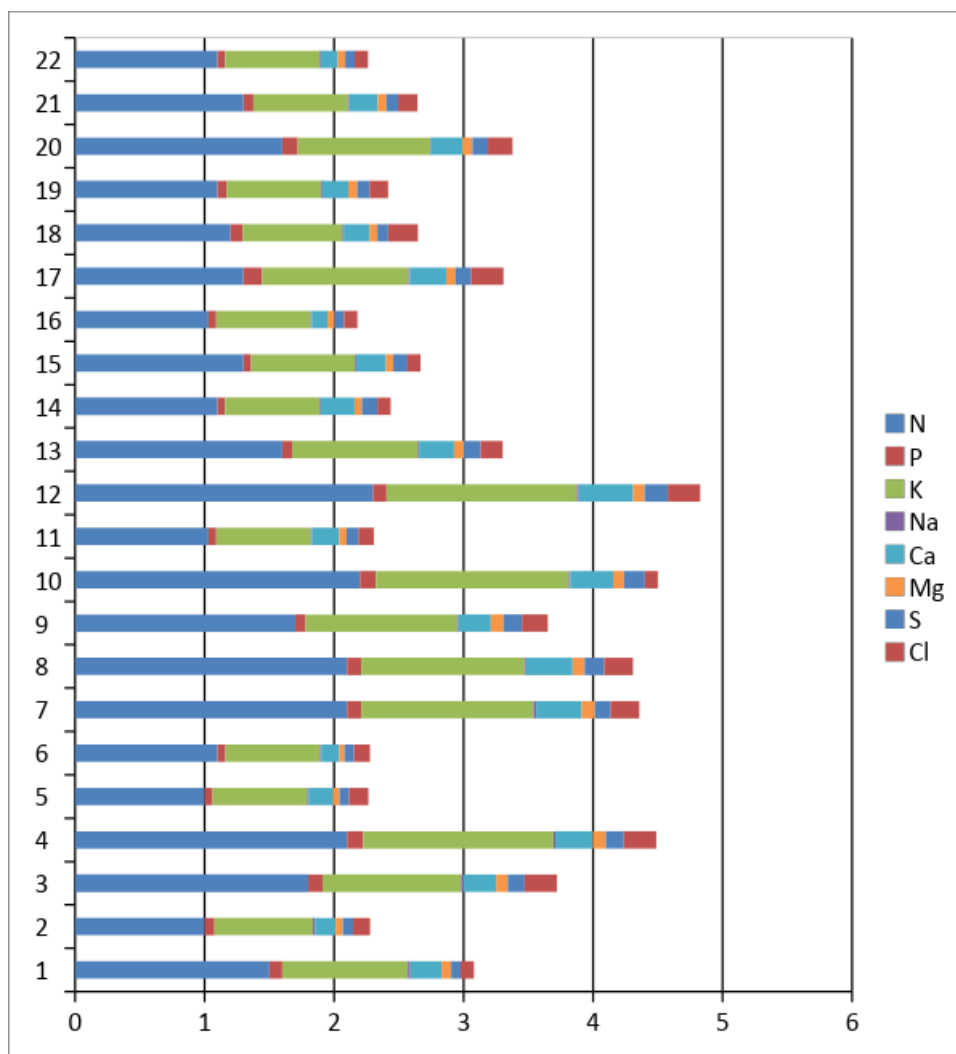


Figura 3.1: Contenido de macronutrientes acumulados en *Festuca dolichophylla*

El ANVA de los micronutrientes en plantas de *Festuca dolichophylla* (Anexos 9, 10, 11, 12, 13, 14) indicó diferencias significativas en el contenido de todos los micronutrientes.

En la tabla 3.6 se observa que el contenido de los micronutrientes se encuentra en el rango establecido, excepto en el Fe, donde todos los tratamientos presentaron valores inferiores a 10 ppm. Referente al bajo contenido de Fe, Schroeder y Burgos (2011) indican que las concentraciones foliares de este elemento se ven influenciadas por bajas temperaturas, que es común en las condiciones de Ccarhuaccpampa, a pesar de que en suelos ácidos este microelemento se encuentra disponible (Meyer *et al.* 1970).

Tabla 3.6: Prueba de Tukey (P=0.05) del contenido de micronutrientes en plantas de *Festuca dolichophylla*

Trat	Micronutrientes					
	Bo	Fe	Cu	Zn	Mn	Mo
1	1.33 e-g	3.83 e	0.57 c	1.19 cd	8.33 cd	0.015 e
2	1.01 g-j	3.83 e	0.32 ef	1.2 cd	7.0 ef	0.019 d
3	1.47 d-f	4.61 c	0.57 c	1.03 d-g	10.3 b	0.027 ab
4	1.59 c-e	5.3 b	0.69 ab	1.67 ab	12.5 a	0.028 a
5	1.03 h-k	2.6 g	0.77 a	0.93 d-h	10.6 b	0.019 d
6	0.93 i-k	2.03 h	0.31 ef	0.73 h	5.1 h	0.016 e
7	1.97 ab	5.6 b	0.56 c	1.63 ab	12.7 a	0.027 a-c
8	1.33 e-g	6.5 a	0.55 c	1.43 bc	6.87 ef	0.019 d
9	1.43 ef	4.57 c	0.33 ef	1.17 c-e	6.63 fg	0.015 e
10	1.8 a-c	4.63 c	0.6 bc	1.68 ab	13.1 a	0.025 c
11	1.3 f-h	3.17 f	0.34 ef	1.17 c-e	7.37 d-f	0.027 a-c
12	2.03 a	6.48 a	0.74 a	1.87 a	8.9 c	0.028 ab
13	1.2 f-i	4.5 cd	0.62 bc	1.13 d-f	5.27 h	0.026 bc
14	1.27 f-h	3.16 f	0.4 d-f	0.9 e-h	11.2 b	0.015 e
15	1.07 g-j	4.13 de	0.41 d-f	0.93 d-h	5.42 h	0.019 d
16	0.83 jk	2.07 h	0.3 f	1.05 d-f	5.53 gh	0.015 e
17	1.33 e-g	3.23 f	0.51 cd	1.07 d-f	7.87 c-e	0.015 e
18	0.87 jk	3.07 f	0.33 ef	0.77 gh	6.83 ef	0.015 e
19	1.03 h-k	3.25 f	0.42 d-f	0.87 f-h	8.35 cd	0.015 e
A.B	1.73 b-d	4.7 c	0.43 de	1.56 b	13.1 a	0.016 e
F.Q	0.97 i-k	3.4 f	0.33 ef	0.87 f-h	7.33 d-f	0.016 e
C	0.77 k	2.03 h	0.3 f	0.73 h	5.17 h	0.014 e
ppm	0.01-20	10-1500	0.01-6	0.01-20	0.5-50	0.01-0.5

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En este caso, también destacaron los tratamientos 12, 10, 8, 7 y 4 que superaron con diferencias significativas a todos los controles, excepto en el contenido de manganeso en el que, el tratamiento con abonamiento básico (Tratamiento 20) superó con diferencias significativas al resto de tratamientos.

En la figura 3.2 se presenta el contenido acumulado de micronutrientes, en la que se observa que los tratamientos 20, 10, 7 y 4 presentaron mayor cantidad de

micronutrientes en relación al resto de tratamientos incluyendo el tratamiento con fertilización química (21) y el control (22).

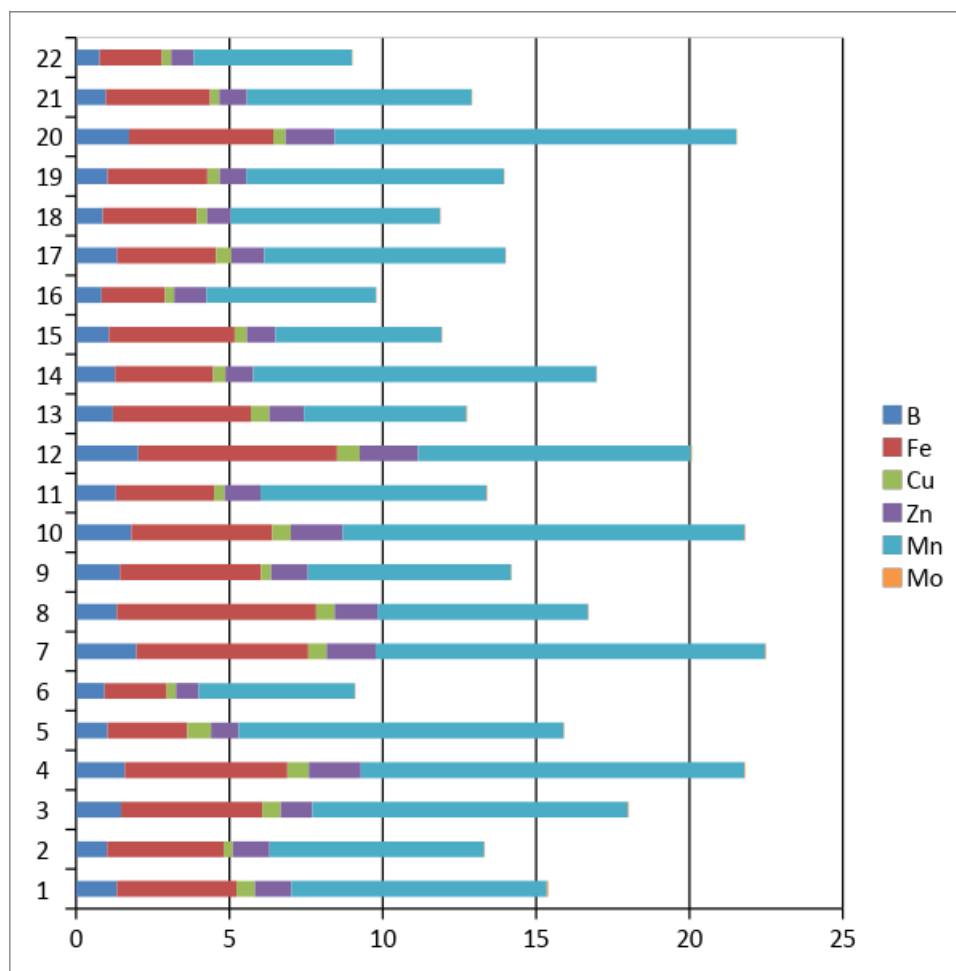


Figura 3.2: Contenido de micronutrientes acumulados en *Festuca dolichophylla*

En la Figura 3.3 se presenta el contenido de macro y micronutrientes acumulados en plantas de *Festuca dolichophylla*, se observa que los tratamientos, 20, 12, 10, 7 y 4 superaron a los tratamientos 22 (control), 21 (fertilización química) y al resto de tratamientos.

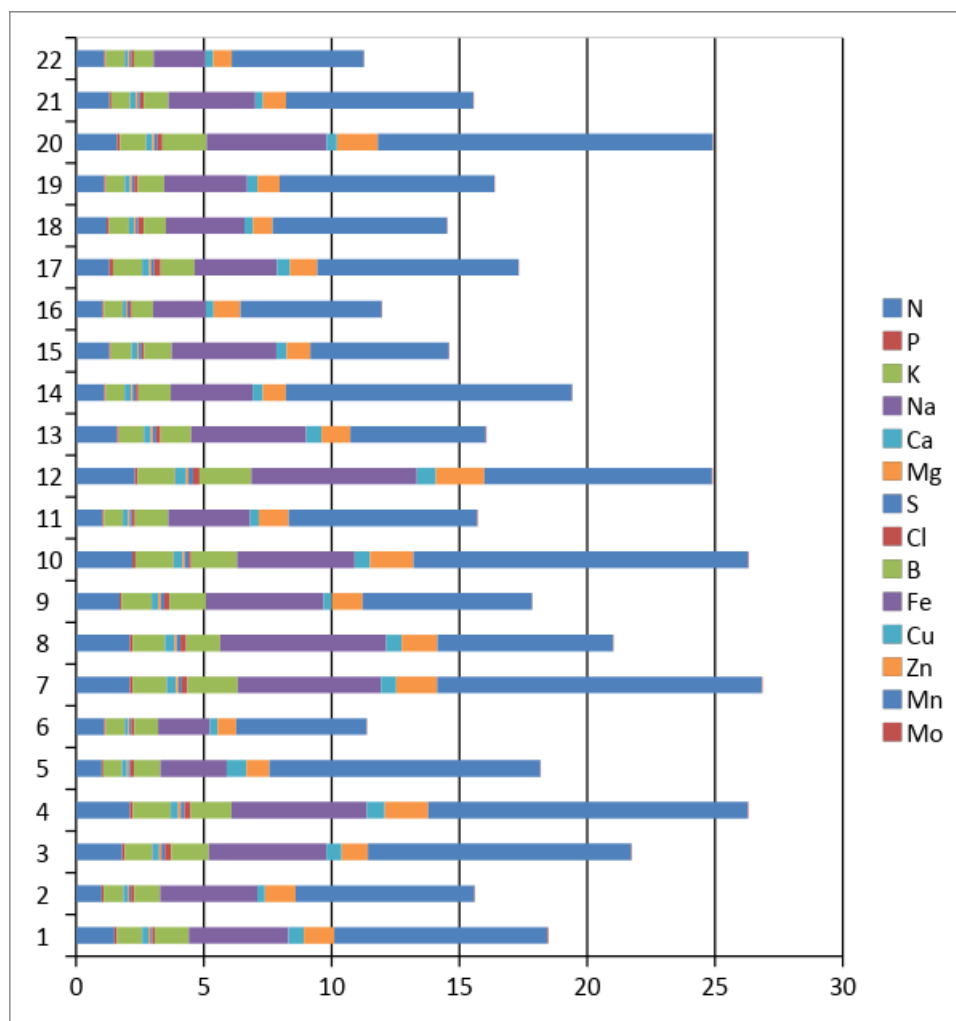


Figura 3.3: Contenido de macro y micronutrientes acumulados en *Festuca dolichophylla*

En la tabla 3.7 se presenta el contenido de macronutrientes en plantas de *Muhlenbergia ligularis*. En forma general, se ha observado que el contenido de los macronutrientes en esta especie de plantas, se encuentra entre los rangos indicados por diferentes autores, tales como Ohlson and Staaland (2001), Vicente y Legaz (2000), Schroeder y Burgos (2011), excepto en N donde se observa valores inferiores a 1, solamente los tratamientos 7 y 13 presentan valores de 1%, estos resultados se deben probablemente a que tienen por naturaleza un bajo contenido de proteína, 7% según Mamani y Noa (2011). Asimismo el contenido de Na fue inferior al rango indicado, posiblemente por las características del suelo.

Al realizar el ANVA de cada uno de los macronutrientes (Anexos 15 al 22) se ha determinado que existen diferencias significativas entre tratamientos. La prueba de Tukey (Tabla 3.7) ha demostrado que los tratamientos 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14 y 15 superaron con diferencias significativas a los controles, excepto en algunos macronutrientes como N, Na, Cl principalmente.

Como en el caso de *Festuca dolichophylla*, el contenido de K fue superior a los contenidos de Ca y Mg, debido posiblemente a que el K parece ser el más activo de los tres cationes, teniendo mayor efecto depresor sobre la absorción de Ca y Mg.

Tabla 3.7: Prueba de Tukey (P=0.05) del contenido de macronutrientes en plantas de *Muhlenbergia ligularis*

Trat	Macronutrientes (%)							
	N	P	K	Na	Ca	Mg	S	CL
1	0.83 bc	0.085 f-h	0.33 f-j	0.007 h-j	0.29 ab	0.047 de	0.07 e-h	0.121 ab
2	0.66 c	0.087 e-g	0.35 e-i	0.006 j	0.197 d-g	0.026 gh	0.065 f-j	0.069 g-j
3	0.83 bc	0.073 gh	0.33 f-j	0.0063 ij	0.133 h	0.041 ef	0.063 g-j	0.09 d-f
4	0.77 bc	0.11 cd	0.35 d-h	0.0093 cd	0.22 d-f	0.034 fg	0.067 e-i	0.089 e-g
5	0.88 a-c	0.1 c-e	0.41 b-f	0.008 e-h	0.25 b-d	0.043 de	0.069 e-h	0.128 a
6	0.63 c	0.087 e-g	0.32 g-k	0.0061 ij	0.23 cd	0.044 de	0.069 e-h	0.077 f-i
7	1.03 ab	0.12 bc	0.44 a-d	0.0075 f-i	0.31 a	0.056 a-c	0.093 bc	0.12 a-c
8	0.85 a-c	0.087 e-g	0.41 c-f	0.0072 g-j	0.22 de	0.04 ef	0.074 d-g	0.13 a
9	0.57 cd	0.072 gh	0.3 h-k	0.0083 d-g	0.16 f-h	0.03 g	0.056 h-j	0.056 i-k
10	0.77 bc	0.1 c-e	0.41 b-f	0.011 ab	0.22 de	0.055 bc	0.08 c-f	0.08 f-h
11	0.68 bc	0.11 bc	0.42 a-e	0.007 f-g	0.28 a-c	0.05 cd	0.087 cd	0.12 a-c
12	0.87 a-c	0.13 b	0.5 a	0.013 a	0.3 ab	0.061 ab	0.104 ab	0.097 c-f
13	1.21 a	0.097 d-f	0.48 a-c	0.01 bc	0.29 ab	0.051 cd	0.092 bc	0.102 b-e
14	0.77 bc	0.096 d-f	0.39 d-g	0.012 a	0.23 cd	0.048 c-e	0.08 c-e	0.111 a-d
15	0.83 bc	0.19 a	0.49 ab	0.013 a	0.29 ab	0.064 a	0.12 a	0.081 e-h
16	0.58 cd	0.07 gh	0.28 i-l	0.0093 c-e	0.16 f-h	0.033 fg	0.051 j	0.047 k
17	0.58 cd	0.069 gh	0.25 kl	0.0061 ij	0.15 gh	0.027 gh	0.053 ij	0.063 h-k
18	0.82 bc	0.07 gh	0.36 d-h	0.0068 h-j	0.17 e-h	0.046 de	0.065 f-j	0.127 a
19	0.53 cd	0.067 h	0.24 j-l	0.0069 g-j	0.124 h	0.031 g	0.051 j	0.058 i-k
A.B	0.64 c	0.067 h	0.32 g-k	0.0097 cd	0.164 f-h	0.034 fg	0.058 h-j	0.097 c-f
F.Q	0.73 bc	0.068 h	0.41 b-f	0.0087 d-f	0.2 d-g	0.043 de	0.068 e-i	0.056 i-k
C	0.24 d	0.067 h	0.2 l	0.0062 ij	0.15 gh	0.021 h	0.053 ij	0.049 jk
%	1-3.5	0.05-1	0.3-6	1	0.1-7	0.05-0.7	0.05-1	0.01-0.5

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

En la figura 3.4 se presenta el contenido de macronutrientes acumulados en cada tratamiento, donde se observa que los tratamientos 18,15, 14,13,12,11,10, 8, 7, 5, 4 y 1 superaron al resto de tratamientos incluyendo a los controles, 22 (control), 21 (abonamiento básico) y 20 (fertilización química).

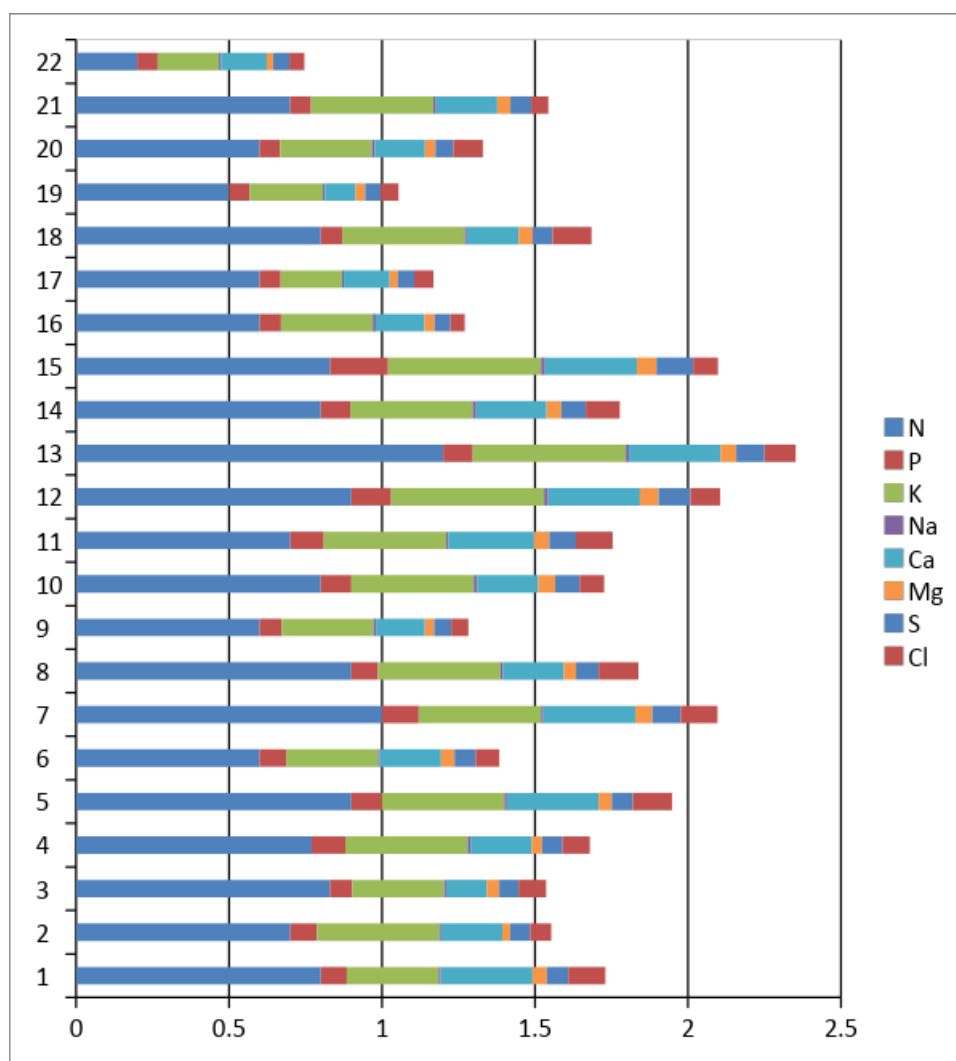


Figura 3.4: Contenido de macronutrientes acumulados en *Muhlenbergia ligularis*

En la tabla 3.8 se presenta el contenido de micronutrientes en plantas de *Muhlenbergia ligularis*. Se observa valores dentro de los rangos establecidos, excepto en el contenido de Fe, donde sólo los tratamientos con bacterias 5, 7 y 9 presentaron valores superiores a 10%, como se indicó anteriormente debido, posiblemente a las bajas temperaturas de Ccarhuaccpampa.

El ANVA de los micronutrientes (Anexos 23 al 28) indicó diferencias significativas en el contenido de todos los micronutrientes.

Al realizar la prueba de Tukey (Tabla 3.8) se observó que los tratamientos 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12 y 15 superaron con diferencias significativas a los controles en la absorción de B y Mn. El tratamiento 9 fue superior en la absorción de Fe y Mo, el tratamiento 13, en B y Mo, el tratamiento 17 en B, Zn y Mo, el tratamiento 18 en Mn y Mo.

Tabla 3.8 Prueba de Tukey (P=0-05) Contenido de micronutrientes en plantas de *Muhlenbergia ligularis*

Trat	Micronutrientes (ppm)					
	Bo	Fe	Cu	Zn	Mn	Mo
1	1.94 gh	6.71 b	0.48 ab	1.17 ab	7.14 f	0.01 f
2	3.73 cd	4.36 h-j	0.26 i-k	0.76 d-h	7.57 ef	0.01 f
3	2.91 ef	4.74 g-i	0.31 g-j	0.71 e-h	3.38 k	0.01 f
4	3.42 de	4.72 g-i	0.26 i-k	0.63 h	6.42 g	0.01 f
5	4.47 b	10.32 a	0.45 bc	1.27 a	8.54 c	0.01 ef
6	4.23 bc	5.46 d-f	0.34 e-h	0.69 f-h	7.62 ef	0.01 ef
7	5.51 a	10.75 a	0.37 d-g	0.98 bc	10.48 a	0.01 ef
8	4.25 bc	5 f-h	0.37 d-g	0.68 gh	7.87 de	0.01 ef
9	3.23 de	10.46 a	0.29 h-j	0.83 c-g	3.35 k	0.028 a
10	4.15 bc	4.27 ij	0.34 e-h	0.84 c-g	8.53 c	0.024 b
11	4.36 b	4.67 g-j	0.39 c-f	0.82 c-g	9.53 b	0.01 f
12	5.65 a	4.94 f-h	0.41 cd	0.98 bc	7.65 ef	0.016 d
13	5.17 a	5.68 de	0.39 c-e	0.89 c-e	6.13 gh	0.017 cd
14	4.05 bc	4.17 ij	0.3 h-j	0.88 c-f	5.57 h	0.018 c
15	5.4 a	4.46 h-j	0.44 bc	0.94 cd	8.43 cd	0.018 c
16	2.42 fg	5.8 de	0.22 k	0.66 gh	4.4 i	0.01 f
17	4.01 bc	6 cd	0.36 d-h	1.29 a	3.67 jk	0.012 e
18	2.96 e	5.27 e-g	0.34 e-h	0.8 c-h	7.36 ef	0.016 d
19	1.93 gh	4.07 j	0.32 f-i	0.62 h	4.03 ij	0.016 d
A.B	2.96 e	6.52 bc	0.54 a	0.95 c	5.61 h	0.01 f
F.Q	2.41 fg	5.24 e-g	0.24 jk	0.64 gh	5.63 h	0.011 ef
C	1.8 h	4.07 j	0.14 l	0.38 i	3.85 i-k	0.01 f
ppm	0.01-20	10-1500	0.01-6	0.01-20	0.5-50	0.01-0.5

En la figura 3.5 se presenta el contenido acumulado de micronutrientes de plantas de *Muhlenbergia ligularis*, en la que se observa que los tratamientos 15, 12, 11, 9, 7 y 5 superaron a los controles (20,21 y 22) y al resto de tratamientos

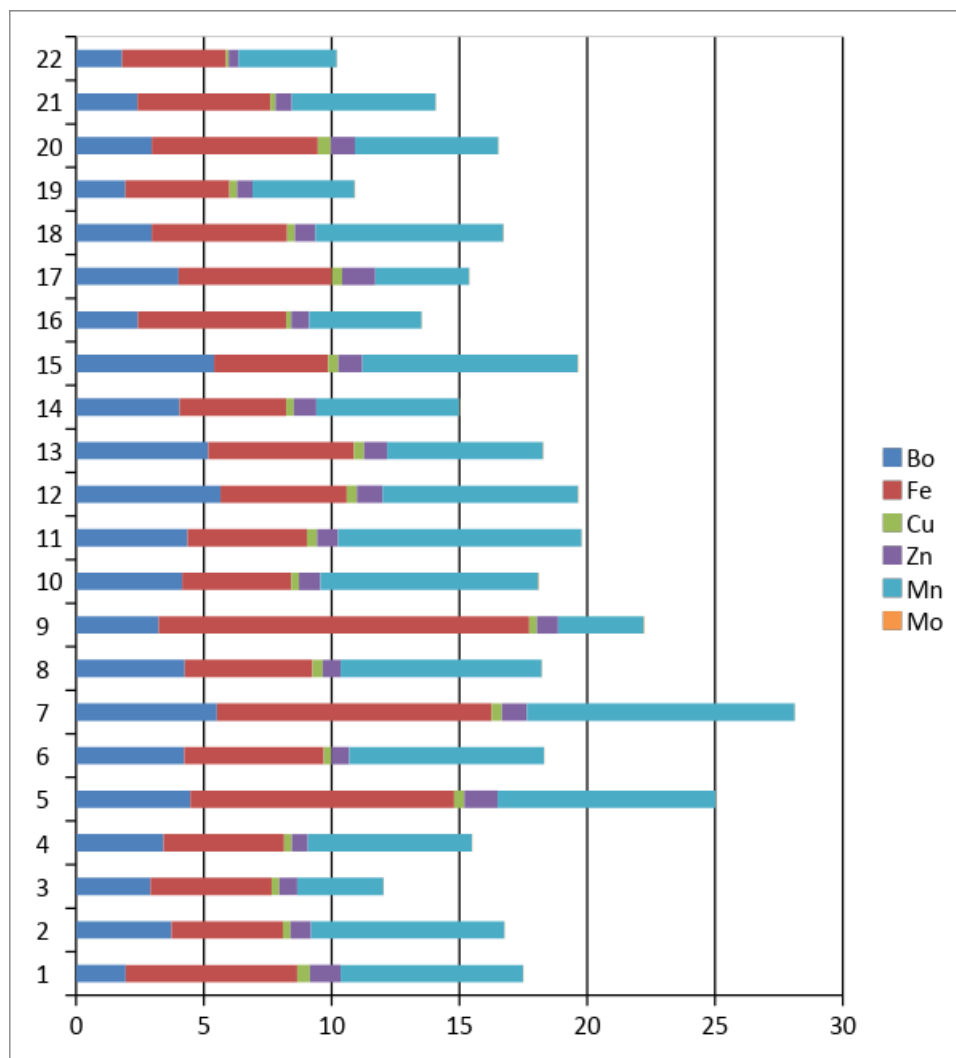


Figura 3.5: Contenido de micronutrientes acumulados en *Muhlenbergia ligularis*

En la figura 3.6 se presenta el contenido acumulado de macro y micronutrientes en plantas de *Muhlenbergia ligularis*, en la que se observa que los tratamientos 15, 13, 12, 11, 9, 7, 6 y 5 superaron al resto de tratamientos

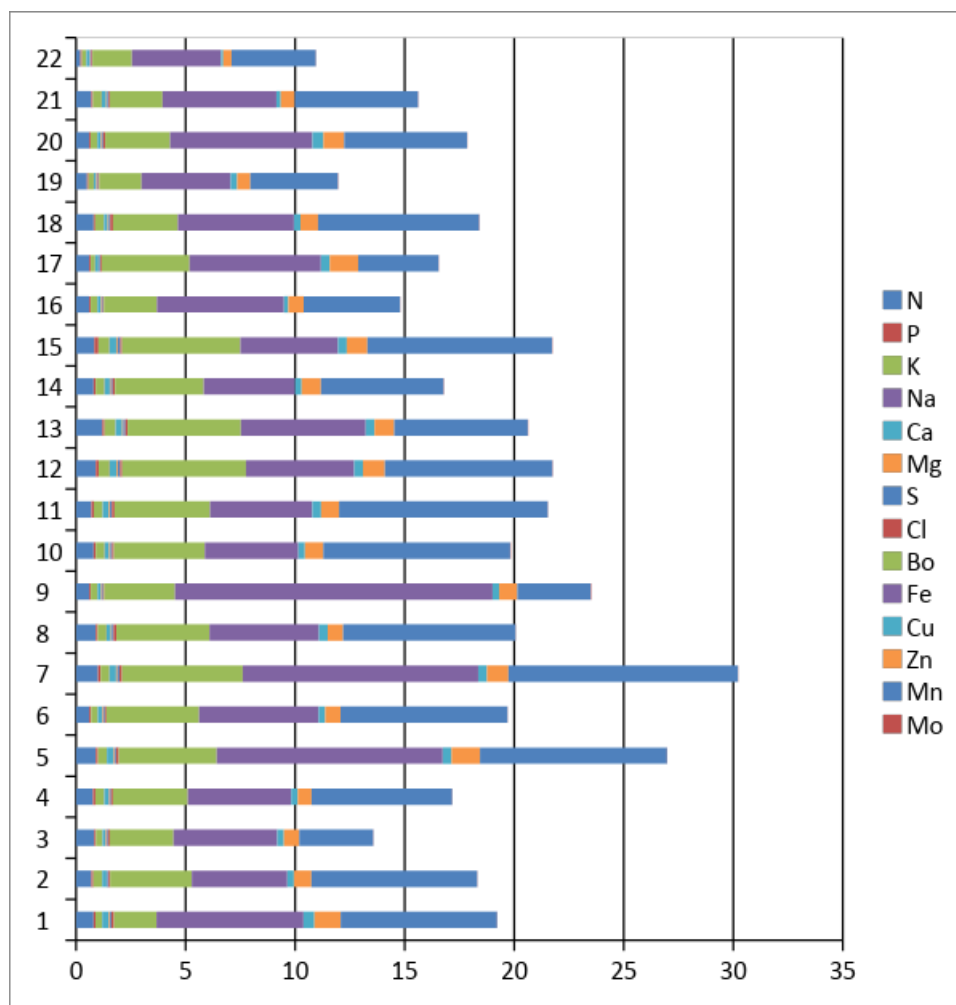


Figura 3.6: Contenido de macro y micronutrientes acumulados en *Muhlenbergia ligularis*

En la figura 3.7, se presenta el contenido acumulado de macro y micronutrientes en las dos especies de pastos evaluados, donde se observa que los tratamientos 4, 5, 7, 10 y 12 incrementaron entre 2 a 33% el contenido de macro y micronutrientes en relación al tratamiento con abonamiento básico.

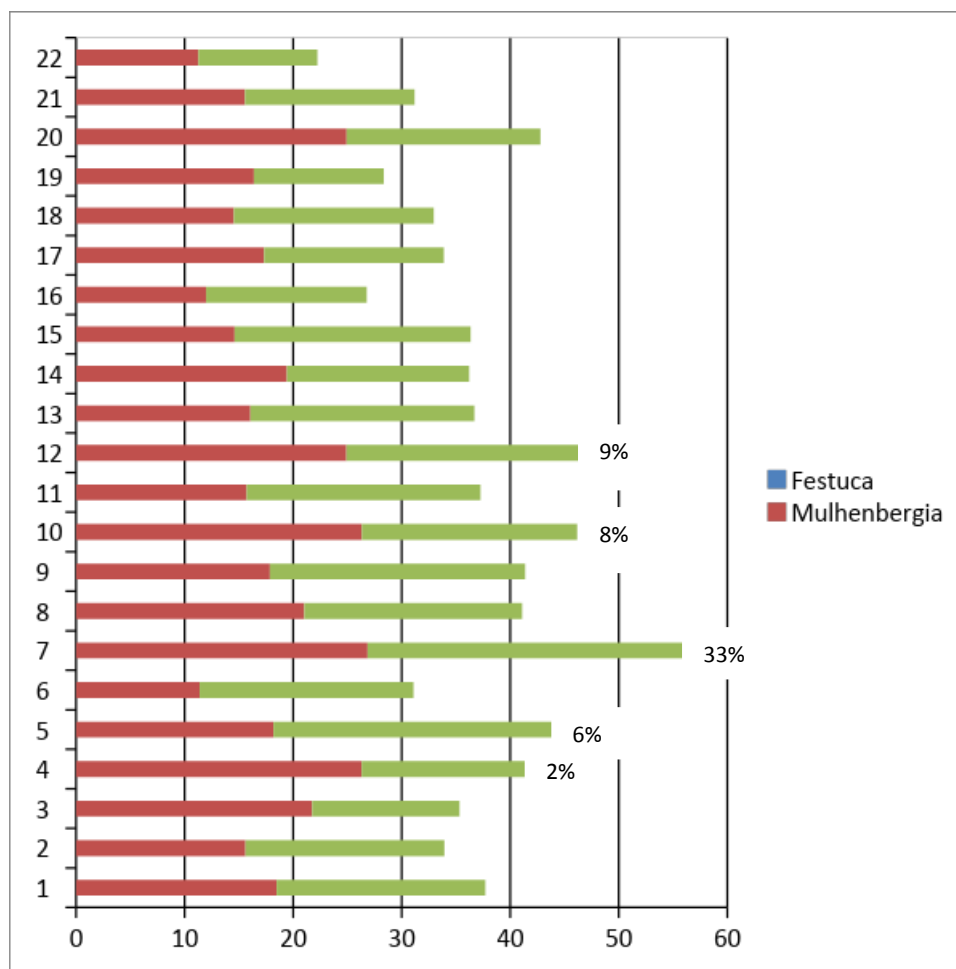


Figura 3.7: Contenido de macro y micronutrientes acumulados en *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia ligularis*

El efecto de las bacterias en el incremento de macro y micronutrientes de las plantas evaluadas posiblemente se deben a la capacidad de las bacterias de fijar el nitrógeno atmosférico, la capacidad de solubilizar elementos que no se encuentran disponibles y producir fitohormonas como el ácido indol acético, que ha permitido el mejor desarrollo de las raíces y por ende mayor absorción de nutrientes y mayor rendimiento, tal como indican RYAN *et al.* (2008), Jorge *et al.* (2008), Cárdenas-Caro *et al.* (2009) entre otros. Asimismo, la aplicación de materia orgánica a los tratamientos con bacterias ha afectado positivamente la biomasa del suelo al promover una cantidad mayor de raíces, exudados y residuos suministrando así de una mayor cantidad de substrato que sirve de sustento el crecimiento microbiano, Espinoza (1996).

Melgar y Quintero (2008), mencionan que el análisis cuantitativo de los nutrientes en los tejidos vegetales, ya sea de las hojas, pecíolos, frutos, semillas o de la planta completa, es usado con frecuencia como método de diagnóstico de fertilidad. La planta integra muchos factores que hacen a su nutrición y el análisis de la concentración de un determinado elemento puede asociarse con la respuesta al aporte de ese nutriente en aumentos de rendimiento o de calidad. Tal como se ha observado en la presente investigación, donde las cepas 10 y 12 permitieron los mayores rendimientos en los dos experimentos y mayor acumulación de macro y micronutrientes en las dos especies de pastos evaluados.

3.3 De la población de bacterias y hongos

En las tablas 3.9 y 3.10 se presentan los análisis de varianza del número de bacterias por gramo de suelo en los experimentos 1 y 2. En el experimento 2 se determinó diferencias significativas entre bloques, debido posiblemente a la pendiente del terreno. En ambos experimentos se determinó diferencias significativas entre tratamientos indicando que la aplicación de materia orgánica y bacterias afectó a la población microbiana.

Tabla 3.9: Análisis de varianza (ANVA) del Número de Bacterias por gramo de suelo en el Experimento 1

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Bloques	2	0.03	0.01	0.33	0.722 NS
Tratamientos	21	2.68	0.13	2.95	0.0014 **
Error	42	1.82	0.04		
Total	65	4.53			
C.V = 3.46%					

Tabla 3.10: Análisis de varianza (ANVA) del Número de Bacterias por gramo de suelo en el Experimento 2

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Bloques	2	2.23	1.12	11.32	0.0001 **
Tratamientos	21	5.23	0.25	2.52	0.0001 **
Error	42	4.15	0.1		
Total	65	11.6			
C.V = 4.43%					

En la tabla 3.11 se presenta la prueba de Tukey (0.05) del número de bacterias por gramo de suelo en los experimentos 1 y 2.

En ambos experimentos se observó que no existe diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, excepto el tratamiento 14 (experimento 1) que fue estadísticamente diferente a los tratamientos 1,2,4,6,10,12,13,17 y 19, y el tratamiento 12 (experimento 2), que presentó diferencias estadísticas frente a los tratamientos 4, 5, 14 y 19.

Se observó además, que la población bacteriana del experimento 2 fue superior al del experimento 1, debido posiblemente a que la humedad del suelo fue superior en el experimento 1. ALEXANDER (1981) indica que uno de los factores que influye negativamente en la población bacteriana es el contenido de humedad.

En el experimento 1 se encontró poblaciones bacterianas comprendidas entre 10^5 y 10^6 UFC/g de suelo, mientras que en el experimento 2, entre 10^6 a 10^7 UFC/g de suelo. Valores similares a los encontrados por YUPANQUI (2016) en suelos de Ccarhuaccpampa, aplicando roca fosfórica y superfosfato triple. Sin embargo, diferentes autores como Alexander (1980), indican poblaciones de bacterias entre 10^6 y 10^9 UFC/ g de suelo, superiores a los obtenidos en el presente experimento, seguramente debido a que en la localidad de estudio, las temperaturas disminuyen a partir del mes de marzo, al respecto, PAHUARA Y ZÚÑIGA (2002) indican que las bacterias muestran mayor sensibilidad a los factores ambientales como la

disminución de temperatura, que la población de hongos. Asimismo, ROMERO (1994) indica que la población de bacterias es mayor en zonas cálidas que en zonas frías y mayor en zonas cultivables que en suelos vírgenes.

Tabla 3.11: Prueba de Tukey del Número de Bacterias por gramo de suelo (Log UFC/g suelo) en los Experimentos 1 y 2

Tratamientos	EXP. 1		EXP. 2	
	Nº Bacterias x g suelo	Tuke y (0.05)	Nº Bacterias x g suelo	Tuke y (0.05)
1	6.20	a	6.90	ab
2	6.23	a	7.31	ab
3	5.82	ab	7.06	ab
4	6.19	a	7.48	a
5	6.07	ab	7.44	a
6	6.13	a	6.83	ab
7	6.02	ab	6.77	ab
8	5.71	ab	6.88	ab
9	5.95	ab	6.59	ab
10	6.11	a	7.24	ab
11	5.88	ab	7.22	ab
12	6.12	a	6.34	b
13	6.20	a	7.15	ab
14	5.45	b	7.46	a
15	6.01	ab	7.06	ab
16	5.89	ab	7.18	ab
17	6.15	a	7.04	ab
18	5.63	ab	7.29	ab
19	6.26	a	7.33	a
Abon.Básico	6.08	ab	7.32	ab
Fert.Química	6.03	ab	7.03	ab
Control	6.03	ab	7.00	ab

En las tablas 3.12 y 3.13 se presentan los análisis de varianza del número de hongos por gramo de suelo en los experimentos 1 y 2 respectivamente. En ambos experimentos se determinó diferencias estadísticas entre bloques, indicando que los suelos utilizados no fueron homogéneos. En el experimento 1 no se determinó diferencias significativas entre tratamientos, mientras que en el experimento 2 se observó diferencias significativas entre tratamientos. Los tratamientos 18, 19, 3, 11, 4, 14, 17, 5, 6, 16, 12 y 8 presentaron diferencias frente a los controles.

Tabla 3.12: Análisis de varianza (ANVA) del Número de Hongos por gramo de suelo en el Experimento 1

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Bloques	2	0.75	0.37	7.93	0.0012 **
Tratamientos	21	1.73	0.08	1.75	0.0617 NS
Error	42	1.98	0.05		
Total	65	4.46			
C.V = 5.50%					

Tabla 3.13: Análisis de varianza (ANVA) del Número de Hongos por gramo de suelo en el Experimento 2

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Bloques	2	2.23	1.12	11.32	0.0001 **
Tratamientos	21	5.23	0.25	2.52	0.0053 **
Error	42	4.15	0.1		
Total	65	11.61			
C.V = 1.07%					

La población fúngica del experimento 2 fue superior a la población fúngica del experimento 1 (Tabla 3.14), debido posiblemente al mayor contenido de humedad en los suelos del experimento 1, al momento del muestreo. Alexander (1994) indica que los hongos abundan en suelos bien aireados.

Tabla 3.14: Número de Hongos por gramo de suelo (Log UFC/g suelo) en los Experimentos 1 y 2

Tratamientos	Log. UFC/g suelo	
	Exp.1	Exp. 2
1	4	4.41 gh
2	3.9	5.10 c-e
3	3.9	5.33 ab
4	4.3	5.17 bd
5	4	4.32 h
6	3.8	4.31 h
7	3.9	5.07 c-e
8	3.9	4.09 i
9	4.2	4.46 gh
10	4.1	5.02 de
11	3.8	5.18 bc
12	3.9	4.10 i
13	3.8	4.48 j
14	3.7	4.77 f
15	3.8	5.03 de
16	3.8	4.11 i
17	4	4.67 f
18	3.6	5.35 a
19	4	5.33 a
Abon. Básico	4.1	4.97 e
Fert. Química	4.1	4.97 e
Control	4.1	4.50 g

El número de hongos, osciló entre 10^3 y 10^4 en el experimento 1, mientras que en el experimento 2 fue de 10^4 y 10^5 . Valores inferiores a los encontrados por YUPANQUI (2016) en suelos de Ccarhuaccpampa aplicando roca fosfórica y superfosfato triple. Quien encontró poblaciones fúngicas superiores a 10^5 UFC/g de suelo. Sin embargo, Alexander (1980), indica poblaciones fúngicas entre 10^3 y 10^5 UFC/g de suelo, similares a los encontrados en el presente experimento.

No se determinó los géneros de microorganismos presentes en los suelos de pastizales, sin embargo, ROMERO (1994) menciona que los principales géneros de bacterias del suelo son *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Sarcina*, *Staphilococcus*, *Streptococcus* y *Xantomonas*. Además indica también, que los géneros de mayor presencia de Hongos en los suelos son los siguientes: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Geotrichum*, *Scopulariopsis*, *Monilia*, *Mucor*, *Candida*, *Cryptococcus*, *Sacharomyce*, *Hansenula*, *Pichia*, *Torula*, *Fusarium*, *Helmintosporium*, *Phitophtora*, *Pythium*, *Histoplasma*, *Coccidiodes*, *Mycrosporium*.

CONCLUSIONES

Finalizando el estudio, se arribó a las siguientes conclusiones:

1. Se determinó un efecto positivo de las bacterias con potencial agrobiotecnológico en el rendimiento de pastizales de la comunidad de Ccarhuaccampa. En el experimento 1, los tratamientos 7, 9, 4, 8, 10, 11, 2 y 5 presentaron rendimientos entre 0.253 y 0.315 Kg de materia seca por m², en el experimento 2, los tratamientos 12, 10, 11, 2, 15 y 14 presentaron entre 0.077 y 0.091 Kg de materia seca por m², con diferencias significativas frente al control sin inocular (0.133 Kg y 0.054 Kg de materia seca por m² respectivamente)
2. Se comprobó que los tratamientos 10, 12, 7 y 4 en *Festuca dolichophylla*; y los tratamientos 15, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6 y 5 en *Muhlenbergia ligularis* incrementaron los contenidos de macro y micronutrientes en relación al abonamiento básico, control absoluto y fertilización química.
3. Los tratamientos 2, 10 y 11 incrementaron el rendimiento de los pastizales en ambos experimentos y los tratamientos 7, 10 y 12 incrementaron el contenido de macro y micronutrientes de las dos especies en estudio.
4. La aplicación de las bacterias y el abonamiento básico a los suelos de los experimentos no afectó la población de bacterias y hongos, excepto en el experimento 2 donde la población de hongos presentó diferencias con los controles. La población de bacterias al final del experimento estuvo en el rango de 10⁵ y 10⁷, mientras que la población de hongos, entre 10³ y 10⁵.

RECOMENDACIONES

1. Caracterizar e identificar las bacterias con mejor resultado obtenido en el presente trabajo.
2. Continuar con la evaluación de las cepas de mejor comportamiento en el rendimiento y la absorción de nutrientes, utilizadas en el presente trabajo de investigación.
3. Realizar investigaciones en otras especies nativas, y en diferentes zonas ganaderas de la Región; para determinar su eficiencia y especificad

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alexander, M. (1980) Introducción a la Microbiología del Suelo. Segunda Edición. Libros y editoriales S.A. México. 491 p.
2. Alexander, M. (1994) “Introducción a la Microbiología del Suelo”. AGT Editor. México. 1994.
3. Baldani J, Caruso L, Baldani V, Goi R y Döbereiner J (1997) Recent advances in BNF with non-legume plants. *Soil Biol. Biochem.* 29: 911-922.
4. Cárdenas, C. (2009) “Efecto de la inoculación con bacterias fosfatodisolvilizadoras sobre indicadores de importancia agronómica en pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.)”. Memorias de la XXIV Reunión Latinoamericana de Rhizobiología y I Conferencia Iberoamericana de Interacciones beneficiosas microorganismo – Planta- Ambiente. La Habana, Cuba.
5. Casado A., y Fernández H. (1998) Estudio "in vitro" sobre la fertilización natural de pastizales. Suelos de la sierra de Guadarrama Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. Edafología. Volumen 5. Diciembre 1998. pag 121-128. Consultado 05 de marzo del 2014.
6. Döbereiner J, Baldani J. y Reis V (1995) Endophytic occurrence of diazotrophic bacteria in non-leguminous crop. In *Azospirillum and Related Microorganisms*, pp. 3-14. Edited by Fendrik I, del Gallo M Vanderleyden J and Zamaroczy M. Berlin: Springer-Verlag.
7. Döbereiner J, y Ruschel (1958) Una nova espécie de Beijerinckia. *Revista de Biologia* 1: 261-272.
8. El – Shatnawi M., y Makhameh M. (2001) Ecophysiology of the plant – rhizosphere. *System. J. Agronomy & Crop Science* 187, 1-9
9. Escobar, C. (2011) Caracterización de cepas nativas de *azotobacter* spp. y su efecto en el desarrollo de *Lycopersicon esculentum* Mill. “tomate” en Lambayeque. *Scientia Agropecuaria. Revista científica de la Universidad Nacional de Trujillo.* Vol. 2, núm. 1 (2011).

10. Espinoza, J. (1996). "Relación entre la Fertilización Mineral, la Materia Orgánica y los Microorganismos del Suelo". Quito. Ecuador. Instituto de la Potasa y el Fósforo. 1996. Disponible en la página web: www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-III_119.pdf (Fecha de acceso: Setiembre 2014).
11. Fernández, M. y Casado, A. (1996) "Fertilización fosfobacteriana de cultivos pratenses en suelos hidromorfos de la sierra de Guadarrama". *Agrochimica*. XL, nº 1, 9-18.
12. Flores, A. y Malpartida, E (1987) Manejo de praderas nativas y pasturas en la región altoandina del Perú. Banco Agrario Tomo I.
13. Flores, M. (2005). Manual de pastos y forrajes alto andinos, Edit. ITDG AL, OIKOS. Lima 53p.
14. Gonzales, W. , Ruiz C. (1988). Recursos Forrajeros, Edit. Ayacucho- Perú.
15. Hariprasad P, Niranjana S. (2008) "Isolation and characterization of phosphate solubilizing rhizobacteria to improve plant health of tomatoes". *Plant Soil*. Regular Article.
16. Hill, S. (1988) How is nitrogenase regulated by oxygen? *FEMS Microbiol. Lett.* 54: 111-130.
17. Hong Li J., Tao Wang E., Feng Chen W., Xin Chen W. (2008). "Genetic diversity and potencial for promotion of plant growth detected in nodule endophytic bacteria of soybean grow in China". *Soil Biology & Biochemistry* 40:238-240.
18. Horber, F. (1984) Experiencias en la fertilización de pastos nativos alto andinos. Convenio COTESU-UNSCH. Ayacucho.
19. Instituto de la Potasa y el fosforo (INFOPOS). 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. Instituto de la Potasa y el Fósforo de Canadá.
20. Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) (1995). Mapa ecológico del Perú. Guía explicativa. Lima – Perú. 271 p.
21. Jorge, E. (2008). "La inoculación de plantas con *Pantoca* sp. bacterias solubilizadora de fosfatos, incrementa la concentración de P en los tejidos". *Rev. Coloma. Biotecnol.* Vol X Nº 1, 111-121

22. Lara, C. (2011) Bacterias nativas con potencial en la producción de ácido indolacético para mejorar los pastos. *Zootecnia Trop.*, 29(2): 187-194. 2011.
23. Mamani, G. y Noa (2011) La pradera nativa y su potencial para el desarrollo de la zona altoandina. *Revista Agroinnova*. Noviembre, Año 3, Edición N° 10. 08 pág. Lima – Perú.
24. Melgar, R. Y Quintero, C. (2008) Diagnóstico de fertilidad y recomendaciones de fertilización. En: *La fertilización de cultivos y pasturas*. 2ª ed. ampliada y actualizada. Hemisferio sur S.A.; Buenos aires: p. 51 - 83.
25. Meyer, B. (1970) *Introducción a la Fisiología Vegetal*. Editorial Universitaria de Buenos Aires. 579 p.
26. Noda, Y. (2009) Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba.
27. Ohlson, M. y Staaland, H. (2001), Vicente y Legaz (2000), Schroeder y Burgos (2011) Mineral diversity in wild plants: benefits and bane for moose. *OIKOS* **94**, 442-454.
28. Okon, Y. y Vanderleyden, J. (1997). Root associated Azospirillum species can stimulate plants. *ASMNew* 63:366-370.
29. Pahuara, D. y Zúñiga, D. (2002) “Efecto del Fósforo Sobre la Población Microbiana en Suelos con Pasturas en la Zona Altoandina de Junín”. Lima. Perú. *Ecología Aplicada*, vol. 1, núm. 1. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2002. Disponible en la página web:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34100109> (Fecha de acceso: Setiembre 2014).
30. Paredes, M. y Espinoza, D. (2010). ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: una revisión crítica *terra latinoamericana*, vol. 28, núm. 1, pp. 61-70 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57316076007>
31. Park, M., Chungwoo K., Yanga J., Hyoungseok L., Wansik S., Seunghwan K. y Tongmin S. (2005). Isolation and characterization of diazotrophic growth promoting bacteria from rhizosphere of agricultural crops of Korea” *Microbiological Research* 160 : 127-133.

32. Quispe, Y. (2012) Abonamiento con guano de isla y fertilizantes sintéticos en 5 especies de pastos naturales en Ccarhuaccpampa – Ayacucho 4000 m.s.n.m.
33. Reinhold-Hurek B. y Hurek T. (1998) Life in grasses: diazotrophic endophytes. *Trends Microbiol.* 6: 139-144.
34. Romero, S. (1994) “Apuntes de Microbiología del Suelo”. Ayacucho. Perú. Departamento Académico de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. 1994.
35. Rosenblueth M., Martínez-Romero E. (2006). “Bacterial endophytes and their interactions with host”. *Mol Plant Microbe Interact* 19: 827-837
36. Ryan R, Germaine K, Franks A, Ryan D, Dowling D. (2008) Bacterial endophytes: recent developments and applications. *FEMS Microbiol Lett* 278: 1-9
37. Santillana, N, Mamani, G. (2010). Indicadores biológicos de la microbiota del suelo de pastizales alto andinos,
38. Schroeder, M. y Burgos, A. (2011) *Revista Cubana de Plantas Medicinales.* 2011; 16(4)374-389
39. Tovar, O. (1960). Revisión de las Especies Peruanas del género *Calamagrostis* (Gramineae). *Memorias del Mus. Hist. Nat.* “J Prado” 11:1-91. Lima.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza del contenido de NITROGENO en *Festuca dolichophylla*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Tratamientos	21	12.31227	12.31227	0.58630	53.83	0.000
Bloque	2	0.02114	0.02114	0.01057	0.97	0.387
Error	42	0.45746	0.45746	0.01089		
Total	65	12.79087				

Anexo 2. Análisis de varianza del contenido de FOSFORO en *Festuca dolichophylla*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Tratamientos	21	0.0426770	0.0426770	0.0020322	43.30	0.000
Bloque	2	0.0000906	0.0000906	0.0000453	0.96	0.389
Error	42	0.0019714	0.0019714	0.0000469		
Total	65	0.0447390				

Anexo 3. Análisis de varianza del contenido de POTASIO en *Festuca dolichophylla*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Tratamientos	21	4.84805	4.84805	0.23086	72.46	0.000
Bloque	2	0.00718	0.00718	0.00359	1.13	0.333
Error	42	0.13382	0.13382	0.00319		
Total	65	4.98905				

Anexo 4. Análisis de varianza del contenido de SODIO en *Festuca dolichophylla*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Tratamiento	21	0.0009160	0.0009160	0.0000436	83.36	0.000
Bloque	2	0.0000002	0.0000002	0.0000001	0.18	0.835
Error	42	0.0000220	0.0000220	0.0000005		
Total	65	0.0009382				

Anexo 5. Análisis de varianza para del contenido de CALCIO en *Festuca dolichophylla*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Tratamiento	21	0.368066	0.368066	0.017527	178.98	0.000
Bloque	2	0.000370	0.000370	0.000185	1.89	0.163
Error	42	0.004113	0.004113	0.000098		
Total	65	0.372549				

Anexo 6. Análisis de varianza para del contenido de MAGNESIO en *Festuca dolichophylla*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Tratamiento	21	0.0208678	0.0208678	0.0009937	17.67	0.000
Bloque	2	0.0000161	0.0000161	0.0000081	0.14	0.867
Error	42	0.0023614	0.0023614	0.0000562		
Total	65	0.0232453				

Anexo 7. Análisis de varianza para del contenido de AZUFRE en *Festuca dolichophylla*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Tratamiento	21	0.0788362	0.0788362	0.0037541	43.85	0.000
Bloque	2	0.0001233	0.0001233	0.0000617	0.72	0.493
Error	42	0.0035960	0.0035960	0.0000856		
Total	65	0.0825555				

Anexo 8. Análisis de varianza para del contenido de BORO en *Festuca dolichophylla*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Tratamiento	21	8.24258	8.24258	0.39250	49.53	0.000
Bloque	2	0.00197	0.00197	0.00099	0.12	0.883
Error	42	0.33283	0.33283	0.00792		
Total	65	8.57738				

Anexo 9. Análisis de varianza para del contenido de HIERRO en *Festuca dolichophylla*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Tratamiento	21	106.8260	106.8260	5.0870	280.19	0.000
Bloque	2	0.0467	0.0467	0.0234	1.29	0.287
Error	42	0.7625	0.7625	0.0182		
Total	65	107.6352				

Anexo 10. Análisis de varianza para del contenido de COBRE en *Festuca dolichophylla*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Tratamiento	21	1.431242	1.431242	0.068154	47.71	0.000
Bloque	2	0.001064	0.001064	0.000532	0.37	0.691
Error	42	0.060003	0.060003	0.001429		
Total	65	1.492309				

Anexo 11. Análisis de varianza para del contenido de ZINC en *Festuca dolichophylla*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Tratamiento	21	7.16259	7.16259	0.34108	42.15	0.000
Bloque	2	0.00634	0.00634	0.00317	0.39	0.678
Error	42	0.33986	0.33986	0.00809		
Total	65	7.50879				

Anexo 12. Análisis de varianza para del contenido de MANGANESO en *Festuca dolichophylla*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Trataiento	21	472.484	472.484	22.499	166.24	0.000
Bloque	2	0.579	0.579	0.290	2.14	0.130
Error	42	5.684	5.684	0.135		
Total	65	478.748				

Anexo 13. Análisis de varianza para del contenido de MOLIBDENO en *Festuca dolichophylla*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Tratamiento	21	0.0017633	0.0017633	0.0000840	178.40	0.000
Bloque	2	0.0000011	0.0000011	0.0000006	1.21	0.309
Error	42	0.0000198	0.0000198	0.0000005		
Total	65	0.0017842				

Anexo 14. Análisis de varianza del contenido de NITRÓGENO en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.06834	0.06834	0.03417	2.59	0.087
Tratamientos	21	2.37702	2.37702	0.11319	8.59	0.000
Error	42	0.55349	0.55349	0.01318		
Total	65	2.99884				

Anexo 15. Análisis de varianza del contenido de FOSFORO en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.0002727	0.0002727	0.0001363	3.90	0.028
Tratamientos	21	0.0552077	0.0552077	0.0026289	75.22	0.000
Error	42	0.0014678	0.0014678	0.0000349		
Total	65	0.0569482				

Anexo 16. Análisis de varianza del contenido de POTASIO en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.001443	0.001443	0.000721	1.11	0.340
Tratamientos	21	0.386473	0.386473	0.018403	28.23	0.000
Error	42	0.027383	0.027383	0.000652		
Total	65	0.415299				

Anexo 17. Análisis de varianza del contenido de SODIO en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.0000043	0.0000043	0.0000022	9.67	0.000
Tratamientos	21	0.0002978	0.0002978	0.0000142	63.79	0.000
Error	42	0.0000093	0.0000093	0.0000002		
Total	65	0.0003115				

Anexo 18. Análisis de varianza del contenido de CALCIO en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.0027566	0.0027566	0.0013783	4.58	0.016
Tratamientos	21	0.2215614	0.2215614	0.0105505	35.06	0.000
Error	42	0.0126381	0.0126381	0.0003009		
Total	65	0.2369561				

Anexo 19. Análisis de varianza del contenido de MAGNESIO en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.0000428	0.0000428	0.0000214	2.71	0.078
Tratamientos	21	0.0086843	0.0086843	0.0004135	52.44	0.000
Error	42	0.0003312	0.0003312	0.0000079		
Total	65	0.0090583				

Anexo 20. Análisis de varianza del contenido de ASUFRE en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.0000656	0.0000656	0.0000328	1.36	0.269
Tratamientos	21	0.0195767	0.0195767	0.0009322	38.57	0.000
Error	42	0.0010152	0.0010152	0.0000242		
Total	65	0.0206575				

Anexo 21. Análisis de varianza del contenido de CLORO en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloq	2	0.0000185	0.0000185	0.0000092	0.20	0.820
Tratamientos	21	0.0470264	0.0470264	0.0022394	48.42	0.000
Error	42	0.0019426	0.0019426	0.0000463		
Total	65	0.0489875				

Anexo 22. Análisis de varianza del contenido de BORO en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.0217	0.0217	0.0109	0.39	0.678
Tratamientos	21	87.9954	87.9954	4.1903	151.36	0.000
Error	42	1.1627	1.1627	0.0277		
Total	65	89.1798				

Anexo 23. Análisis de varianza del contenido de HIERRO en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.294	0.294	0.147	3.42	0.042
Tratamientos	21	265.787	265.787	12.657	294.45	0.000
Error	42	1.805	1.805	0.043		
Total	65	267.887				

Anexo 24. Análisis de varianza del contenido de COBRE en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.000942	0.000942	0.000471	1.06	0.355
Tratamientos	21	0.522501	0.522501	0.024881	56.08	0.000
Error	42	0.018633	0.018633	0.000444		
Total	65	0.542076				

Anexo 25. Análisis de varianza del contenido de ZINC en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.01644	0.01644	0.00822	2.24	0.119
Tratamientos	21	2.99471	2.99471	0.14261	38.96	0.000
Error	42	0.15375	0.15375	0.00366		
Total	65	3.16489				

Anexo 26. Análisis de varianza del contenido de MANGANESO en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.004	0.004	0.002	0.06	0.940
Tratamientos	21	274.303	274.303	13.062	359.74	0.000
Error	42	1.525	1.525	0.036		
Total	65	275.833				

Anexo 27. Análisis de varianza del contenido de MOLIBDENO en *Muhlebergia ligularis*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.0000014	0.0000014	0.0000007	3.38	0.044
Tratamientos	21	0.0016764	0.0016764	0.0000798	384.89	0.000
Error	42	0.0000087	0.0000087	0.0000002		
Total	65	0.0016865				

Anexo 28. Rendimiento de Materia Seca en Kilogramos por metro cuadrado, del experimento 01.

TRATAMIENTOS	BLOQUES (Kgr./m ²)		
	I	II	III
1	0.133	0.131	0.131
2	0.294	0.246	0.243
3	0.172	0.160	0.204
4	0.296	0.300	0.322
5	0.248	0.225	0.286
6	0.190	0.164	0.195
7	0.319	0.315	0.311
8	0.297	0.295	0.300
9	0.310	0.319	0.316
10	0.302	0.295	0.286
11	0.250	0.282	0.255
12	0.212	0.195	0.209
13	0.155	0.151	0.156
14	0.206	0.205	0.200
15	0.120	0.184	0.129
16	0.119	0.148	0.141
17	0.152	0.133	0.163
18	0.136	0.143	0.138
19	0.165	0.154	0.171
20	0.161	0.172	0.140
21	0.255	0.290	0.261
22	0.132	0.131	0.135

Anexo 29. Rendimiento de Materia Seca en Kilogramos por Hectárea, del experimento 01.

TRATAMIENTOS	BLOQUES (Kgr./Ha)		
	I	II	III
1	1,330	1,310	1,310
2	2,940	2,460	2,430
3	1,720	1,600	2,040
4	2,960	3,000	3,220
5	2,480	2,250	2,860
6	1,900	1,640	1,950
7	3,190	3,150	3,110
8	2,970	2,950	3,000
9	3,100	3,190	3,160
10	3,020	2,950	2,860
11	2,500	2,820	2,550
12	2,120	1,950	2,090
13	1,550	1,510	1,560
14	2,060	2,050	2,000
15	1,200	1,840	1,290
16	1,190	1,480	1,410
17	1,520	1,330	1,630
18	1,360	1,430	1,380
19	1,650	1,540	1,710
20	1,610	1,720	1,400
21	2,550	2,900	2,610
22	1,320	1,310	1,350

Anexo 30. Rendimiento de Materia Seca en Kilogramos por metro cuadrado, del experimento 02.

TRATAMIENTOS	BLOQUES (Kgr./m ²)		
	I	II	III
1	0.072	0.070	0.075
2	0.070	0.094	0.079
3	0.067	0.068	0.074
4	0.059	0.058	0.051
5	0.049	0.050	0.043
6	0.057	0.061	0.069
7	0.053	0.054	0.059
8	0.059	0.073	0.056
9	0.063	0.060	0.075
10	0.082	0.087	0.094
11	0.098	0.078	0.071
12	0.089	0.103	0.081
13	0.045	0.050	0.054
14	0.085	0.068	0.085
15	0.088	0.077	0.075
16	0.060	0.050	0.055
17	0.048	0.043	0.041
18	0.047	0.047	0.056
19	0.062	0.054	0.065
20	0.068	0.075	0.062
21	0.068	0.088	0.074
22	0.058	0.048	0.056

Anexo 31. Rendimiento de Materia Seca en Kilogramos por Hectárea, del experimento 02.

TRATAMIENTOS	BLOQUES (Kgr./Ha)		
	I	II	III
1	720	700	750
2	700	940	790
3	670	680	740
4	590	580	510
5	490	500	430
6	570	610	690
7	530	540	590
8	590	730	560
9	630	600	750
10	820	870	940
11	980	780	710
12	890	1030	810
13	450	500	540
14	850	680	850
15	880	770	750
16	600	500	550
17	480	430	410
18	470	470	560
19	620	540	650
20	680	750	620
21	680	880	740
22	580	480	560

Anexo 32
Panel fotográfico



Fotografia 01. Instalacion del experimento 01



Fotografia 02. Instalacion del experimento 02



Fotografía 03. Delimitacion del experimento 01



Fotografía 04. Delimitacion del experimento 02



Fotografía 05. Uniformizacion de los experimentos 01



Fotografía 06. Uniformizacion de los experimentos 02



Fotografía 07. Corte de metros cuadrados en los experimentos 01



Fotografía 08. Corte de metros cuadrados en los experimentos 02