

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



**RESTAURACIÓN DE LA FERTILIDAD NATURAL DE SUELOS
AGRÍCOLAS, MEDIANTE EL EMPLEO DE VICIA (*Vicia sativa*
LINNEO) Y GUANO DE ISLA ASOCIADOS A LA CAÑIHUA
(*Chenopodium pallidicaule* AELLEN).**

TESIS

PRESENTADA POR:

LUDWIN CRISTIAN OLIVERA TACORA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERA AGRONOMICA



RESTAURACION DE LA FERTILIDAD NATURAL DE SUELOS
AGRICOLAS, MEDIANTE EL EMPLEO DE VICIA (*Vicia sativa*
Linneo) Y GUANO DE ISLA ASOCIADOS A LA CAÑIHUA
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

TESIS PRESENTADA POR:

LUDWIN CRISTIAN OLIVERA TACORA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

PRESIDENTE:

D.Sc. EVARISTO MAMANI MAMANI

PRIMER MIEMBRO:

D.Sc. ERNESTO JAVIER CHURA YUPANQUI

SEGUNDO MIEMBRO:

Mg. Ag. MARILÚ CHANINI QUISPE

DIRECTOR

M.Sc. JULIO MAYTA QUISPE

ASESOR:

Ing. JORGE CANIHUA ROJAS

ÁREA : Ciencias Agrícolas

TEMA : Manejo Agronómico de Cultivos

FECHA DE SUSTENTACIÓN 27 DE DICIEMBRE DEL 2018

DEDICATORIA

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento dedicarle la presente tesis a DIOS y mis padres Cristóbal y Virginia por el apoyo incondicional que me han brindado

A mi hermano por estar siempre presente, y por el apoyo moral, que me brinda a lo largo de esta etapa de mi vida

A los ingenieros Jorge Canihua, Selima Salcedo, parte del Programa Presupuestal. “0089 Reducción de la degradación de los suelos agrarios” de la Estación Experimental Agraria Illpa Puno (EEA) – Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), quienes con su amplia experiencia y conocimientos me orientaron al correcto desarrollo y culminación con éxito de esta tesis para la obtención del título profesional de Ingeniero Agrónomo, a través de ellos a la Universidad Nacional del Altiplano: autoridades y docentes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo. A mis padres quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que a través de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino. A mis Director y asesores por el apoyo de manera personal e institucional alentándome a concluir la presente investigación Y por supuesto a mi querida Universidad y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

Finalmente agradezco a quien lee este apartado y más de mi tesis por permitir a mis experiencias investigaciones y conocimiento incurrir dentro de su repertorio de información mental

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE CAÑIHUA.....	14
2.1.1. CENTRO DE ORIGEN	14
2.1.2. POSICIÓN TAXONÓMICA.....	15
2.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	15
2.1.4. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO.....	17
2.1.5. PREPARACIÓN DEL TERRENO	17
2.1.6. SIEMBRA.....	17
2.1.7. ABONAMIENTO	18
2.1.8. LABORES CULTURALES	18
2.1.9. COSECHA	18
2.2. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE VICIA.....	19
2.2.1. Posición taxonómica	19
2.2.2. Particularidades Biológicas	20
2.2.3. Tecnología del cultivo	21
2.3. CULTIVOS ASOCIADOS.....	22
2.3.1. Descripción de los cultivos asociados	22
2.4. FERTILIDAD DE SUELOS	23
2.5. PROPIEDADES FÍSICAS QUÍMICAS DEL SUELO.....	24
2.5.1. Propiedades físicas.....	24
2.5.2. Propiedades químicas	25
2.5.3. Propiedades biológicas	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	30
3.2. MATERIALES E INSUMOS	32
3.2.1. Instrumentos de colecta de datos.....	32
3.2.2. Material de laboratorio y gabinete	32
3.2.3. Material vegetal	32
3.3. VARIABLES DE ESTUDIO	32
3.4. TRATAMIENTOS Y COMBINACIONES.....	33
3.4.1. DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS.....	33
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	33
3.5.1. Características del campo experimental.....	34

3.5.2.	Croquis del campo experimental	34
3.6.	CONDUCCION DEL EXPERIMENTO	35
3.6.1.	Preparación del terreno	35
3.6.2.	Siembra	35
3.6.3.	Control de malezas.....	36
3.6.4.	Cosecha	36
3.6.5.	Fase de campo.....	36
3.7.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	37
3.7.1.	Toma de muestras para el análisis de suelo	37
3.7.2.	Humedad gravimétrica del suelo	38
3.7.3.	Determinación de la temperatura del suelo	39
3.7.4.	Evaluación de macro organismos.....	40
3.7.5.	Determinación de la altura de planta	41
3.7.6.	Siembra de Vicia.....	42
3.7.7.	Rendimiento de la Cañihua	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1.	DETERMINACIÓN DE LOS MACRONUTRIENTES ESENCIALES DEL SUELO ANTES Y DESPUÉS DE LA SIEMBRA	45
4.1.1.	Análisis de suelos (macronutrientes).....	46
4.2.	EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA COBERTURA DE LA PLANTA DE VICIA SOBRE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA DEL SUELO	50
4.2.1.	Humedad gravimétrica del suelo	50
4.2.2.	Temperatura del suelo	52
4.2.3.	Cuantificación de macro organismos.....	53
4.1.1.	Altura de planta.....	54
4.2.	RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CAÑIHUA Y MATERIA SECA DE LA VICIA.....	56
4.2.1.	Rendimiento del cultivo de cañihua.....	56
4.2.2.	Materia seca de la Vicia	57
V.	CONCLUSIONES	58
VI.	RECOMENDACIONES.....	59
VII.	REFERENCIAS.....	60
	ANEXOS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de Ubicación de la parcela experimental, Cahualla - Mañazo.	31
Figura 2. Preparación del terreno con yuntas.	35
Figura 3. Siembra del Cultivo de Cañihua, parcela experimental Cahualla	36
Figura 4. Toma de muestras de suelo para su análisis	38
Figura 5. Toma de muestras de Humedad	39
Figura 6. Pesado de las muestras de Humedad	39
Figura 7. Determinación de la temperatura del suelo	40
Figura 8. Macroorganismos encontrados en las áreas de Evaluación.....	41
Figura 9. Área evaluada en macroorganismos.....	41
Figura 10. Determinación de altura de plantas de Cañihua	42
Figura 11. Pesado de semillas de Vicia	42
Figura 12. Obtención de granos de Cañihua.....	43
Figura 13. Planta de Vicia y pesado para la realización de materia seca.	44
Figura 14. Evaluación de los porcentajes de humedad por cada fecha de muestreo	52
Figura 15. Cantidad de macroorganismos en suelo por cada tratamiento	54
Figura 16. Contenido de materia seca foliar en los tratamientos con Vicia.	57

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Definición de los separados del suelo	24
Tabla 2. Clasificación de los suelos en función de la acidez	26
Tabla 3. Dosis de Fertilización del guano de isla.....	29
Tabla 4. Variables de estudio a evaluar.....	32
Tabla 5. Tratamientos a utilizar.	33
Tabla 6. Resultados del contenido de Macronutrientes y M.O.	45
Tabla 7. Análisis de varianza para contenido de nitrógeno total en suelo	46
Tabla 8. Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para contenido de nitrógeno en suelo.....	46
Tabla 9. Análisis de varianza para contenido de fósforo en suelo	47
Tabla 10. Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para contenido de fósforo en suelo	48
Tabla 11. Análisis de varianza para contenido de potasio disponible en el suelo.....	49
Tabla 12. Análisis de varianza para contenido de Materia orgánica en el suelo.....	49
Tabla 13. Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para contenido de Materia orgánica en el suelo.....	50
Tabla 14. Análisis de Varianza para humedad gravimétrica del suelo	51
Tabla 15. Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para la humedad gravimétrica del suelo.....	51
Tabla 16. Análisis de varianza para la temperatura del suelo	53
Tabla 17. Análisis de varianza para altura de planta de cañihua.....	54
Tabla 18. Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para altura de planta de cañihua.....	55
Tabla 19. Análisis de varianza para rendimiento de grano de cañihua	56
Tabla 20. Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para rendimiento de grano de cañihua	56

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

EEA = Estación Experimental Agraria

DCA = Diseño Completamente al Azar

ANVA= Análisis de Varianza

MO = Materia orgánica

°C = grados centígrados

N = Nitrógeno

P= Fosforo

K = Potasio

USDA = Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

ISSS = Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo.

DIN = Instituto Alemán de Estándares; BSI: Instituto Británico de Estándares.

pH = potencial de hidrógeno

Ppm = partes por millón

Kg = kilogramos

Cm = Centímetros

F.V. = Fuente de variación

Fc = F calculada

G.L. = Grados de libertad

C.M. = Cuadrados medios

CV = Coeficiente de variación o coeficiente de variabilidad

S.C. = Suma de cuadrados

RESUMEN

El potencial productivo de la mayoría de suelos de la sierra ha experimentado una significativa disminución de su fertilidad, debido a una tendencia al monocultivo, que implica ausencia de rotaciones de cultivos, insuficiente reposición de nutrientes y caída de la materia orgánica (MO). Es por esa razón que, durante la campaña agrícola 2017-2018, se instaló un ensayo en la Comunidad Campesina de Cahualla distrito de Mañazo, provincia y departamento de Puno, localizada a una altura de 3 926 metros sobre el nivel del mar, El trabajo se realizó con la finalidad de evaluar la influencia del empleo de la Vicia (*Vicia sativa* Linneo) como cultivo de cobertura y la aplicación de guano de islas, asociados al cultivo de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Bajo condiciones de secano. Los objetivos planteados fueron: a) Determinar los macronutrientes esenciales del suelo antes y después de la instalación del cultivo. b) Evaluar la influencia de la cobertura de la planta de Vicia sobre la humedad, temperatura del suelo, Macroorganismos y Altura de planta. c) Evaluar el rendimiento del grano de Cañihua y Materia seca de la Vicia. Para la determinación de macronutrientes se tomaron muestras de suelo antes y después de la siembra, en la evaluación de la influencia de la cobertura de planta se realizaron las evaluaciones respectivas, las cuales se efectuaron de acuerdo a las variables de estudio (Tabla 4). El rendimiento de la Cañihua se evaluó al finalizar la campaña y la materia seca de la Vicia a los 120 días después de la siembra. El experimento se condujo bajo el Diseño experimental: Diseño Completamente al Azar (DCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos en estudio fueron: T1= (Cañihua Variedad Cupi), T2 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla), T3 (Cañihua variedad Cupi + Vicia) Y T4 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla y Vicia). Los resultados obtenidos fueron: a) El tratamiento que obtuvo el mayor aporte de macronutrientes en el suelo en los Parámetros de N, P, K además de la materia orgánica fue el T4 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla y Vicia) con 0.15 % de Nitrógeno, 15.50 ppm de Fosforo, 312.8 ppm de Potasio y 2.97 % de Materia orgánica. b) En la influencia de la cobertura sobre humedad y temperatura fue el T4 con los mejores valores de 13.42 % de humedad, 19.33 °C de temperatura. Así también se obtuvo mejores resultados en la cuantificación de macroorganismos con un total de 13 (carábidos y lombrices) y 31.67 cm de altura de planta. c) En cuanto al rendimiento de cañihua los resultados obtenidos fueron T4= 1692.5, T3= 1475.0, T2= 1187.5, T1= 1055.0, kg/ha, en materia seca el T4 obtuvo 22.77 y el T3= 21.71 %. La Siembra de cañihua asociada con vicia contribuye a conservar la humedad y a mejorar la fertilidad natural del suelo, mediante la fijación biológica del nitrógeno y el reciclaje de nutrientes, por lo que se recomienda su utilización.

Palabras clave: Fertilidad, cultivo de cobertura, cañihua, vicia, guano de islas.

ABSTRACT

The productive potential of the majority of soils of the sierra have experienced a significant decrease in their fertility. Because of a tendency to single-crop farming, that implies the absence of crop rotation, insufficient replenishment of nutrients and falling organic matter (MO). It's for that reason that, during the agricultural season 2017- 2018, a trial was installed in the Peasant Community of Cahualla Mañazo District, Province and department of Puno. Located at an altitude of 3926 meters above sea level, The work was realised with the finality of evaluate the influence of the employment of vetch (*Vicia sativa* Linneo) as a cover crop and the application of Island guano, Associated with the cultivation of cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Under dry land conditions. The objectives were: a) Determine the essential macronutrients in the soil before and after the installation of the crop. b) To evaluate the influence of the coverage of the plant of Vicia on humidity, soil temperature, macro-organisms and plant height. c) To evaluate the performance of the grain of Cañihua and dry matter of vetch. For the determination of macronutrients soil samples were taken before and after planting, In the evaluation of the influence of the plant coverage, the respective evaluations were carried out, which were made in accordance with the study variables (Table 4). The performance of the Cañihua was evaluated at the end of the campaign and the dry matter of the Vicia to 120 days after planting. The experiment was conducted under the experimental design: Completely Randomized Design (DCA) with 4 treatments and 3 repetitions. The treatments in study were T1= (Cañihua variety cupi), T2 (Cañihua variety cupi + guano of island), T3 (Cañihua variety cupi + Vicia) and T4 (Cañihua variety cupi + guano of island and Vicia). The results were: a) The treatment that obtained the highest contribution of macronutrients in the soil in the parameters of N, P, K, in addition to the organic matter was the T4 (Cañihua variety cupi + guano of island and Vicia) with 0.15 % of nitrogen, 15,50 ppm of phosphorus, 312.8 ppm Potassium And 2.97 % organic matter. b) In the influence of the coverage on humidity and temperature was the T4 with values of 13.42 % Humidity, 19.33 °C. So also obtained better results in macro-organisms with a total of 13 and 31.67 cm in height. c) As for the performance of Cañihua results were T4= 1692.5, T3= 1475.0, T2= 1187.5, T1= 1055.0, kg/ha. Dry matter, the T4 obtained 22.77 and the T3= 21.71 %. The Planting of Cañihua associated with vicia contributes to conserve moisture and to improve the natural fertility of the soil, through biological nitrogen fixation and recycling of nutrients, so it is recommended to use it.

Keywords: Fertility, cover crop, cañihua, vetch, guano islands.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú está marcado por diferencias territoriales que envuelven diversos aspectos sociales, económicos, políticos y culturales. Hasta el siglo XX, al igual que en diversos países de la región andina, la población rural tenía un peso considerable; sin embargo, con el crecimiento de las ciudades, los flujos migratorios (tanto internos como externos) y el crecimiento de los mercados (capitales, trabajo y financiero), la población rural ha venido reduciéndose rápidamente. Es debido a este problema poblacional que surgen otros problemas como lo es la producción de alimentos, es a causa de esto que en el intento de incrementar la producción de alimentos es que se está deteriorando el suelo, aplicándose fertilizantes, pesticidas, y haciendo una sobre explotación de este. Es por esto que el potencial productivo de muchos suelos de regiones semiáridas ha experimentado una significativa disminución debido una creciente agriculturización, que implica ausencia de rotaciones de cultivos, insuficiente reposición de nutrientes y caída de la materia orgánica (MO). Existe una conciencia social muy clara sobre la necesidad de mantener unos parámetros mínimos de calidad del agua y de calidad del aire. Sin embargo, no existe una idea equivalente sobre la necesidad de mantener la calidad de los suelos, a pesar de que las calidades de estos tres elementos están con frecuencia muy relacionadas entre sí. Se pueden considerar cuatro grandes tipos de degradación: erosión, degradación física, degradación química y degradación biológica (Pintado, 2016).

La existencia de una cubierta vegetal es un factor determinante en la conservación del suelo, ya que reduce los impactos de la lluvia y la escorrentía y mantiene la fertilidad y la materia orgánica del suelo. A medida que la erosión avanza aumenta el estrés que soportan las pocas plantas que van siendo capaces de sobrevivir. Cuando la erosión es muy intensa se generan perturbaciones incluso por el arrastre, la rotura o el desenterramiento de los propios vegetales y, finalmente, esto implica la desaparición prácticamente total del suelo y de la cubierta vegetal. Además, la escorrentía arrastra las semillas haciendo que se empobrezca el banco de semillas del suelo y dificultando la renovación de la cubierta vegetal. Los suelos que experimentan procesos de degradación, en origen, antes de que se roturasen para ser cultivados, contaban con una cubierta vegetal que desempeñaba un papel fundamental en la conservación de su fertilidad, no sólo por evitar en gran medida la erosión, sino por su capacidad para mantener y renovar la materia orgánica (Bienes, 2001).

Algunos trabajos destacan la importancia de las leguminosas arbustivas para facilitar la regeneración del suelo. Se considera que la única forma razonable de conseguir el nitrógeno necesario para que exista auto sustentación, es la introducción de estas plantas capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. En definitiva, por su rápido establecimiento, su capacidad de sobrevivir en condiciones adversas, y su capacidad para enriquecer el suelo, se considera que la introducción de leguminosas puede tener una influencia positiva no sólo en la regeneración del suelo, sino en el incremento de la producción de nuestros suelos (Bienes, 2001).

La asociación de cultivos promueve una mayor diversidad biológica, disminuye el riesgo de pérdida total de la cosecha, mejora el uso de los recursos naturales, y proporciona protección contra daños de plagas y enfermedades (Francis, 1990) así como mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, lo cual redundará en un mejor desarrollo del cultivo. Por otro lado el mercado de granos andinos, específicamente en el cultivo de la Cañihua, exige un producto orgánico y para ello han implantado estándares de calidad, lo que motiva generar nuevas propuestas de producción orgánica sostenible. Todo ello representa una confirmación a la preocupación y al análisis que se plantea en el presente estudio respecto al impacto que tiene la mala utilización del suelo así como la búsqueda alternativa de alimentos los cuales posean gran valor nutricional y además tengan la capacidad de adaptación a distintos tipos de climas y suelos como lo es el cultivo de Cañihua (Zavaleta-Mejía, 1993).

El presente trabajo de investigación tiene el como objetivo, evaluar la influencia del empleo de la vicia (*Vicia sativa* Linneo) como cultivo de cobertura y la aplicación de guano de islas asociado al cultivo de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el mejoramiento de suelos agrícolas. Así como determinar los macronutrientes esenciales del suelo antes de la instalación y después de la cosecha del cultivo. Evaluar la influencia de la cobertura de la planta de vicia sobre la humedad y temperatura del suelo y establecer el incremento de la fertilidad del suelo con la utilización de la Vicia (*Vicia sativa* Linneo) y guano de isla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE CAÑIHUA

2.1.1. CENTRO DE ORIGEN

La Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una especie andina que durante cientos de años ha sido muy importante para la alimentación de los pobladores andinos. Actualmente está retomando auge, en la alimentación humana por la calidad de su proteína que los cereales comunes (Apaza, 2010).

El cultivo de la Cañihua no ha tenido mayor difusión fuera de las fronteras del altiplano de Perú y Bolivia, y de las serranías de Cochabamba en Bolivia y de Puno, Cusco, Ayacucho, Junín y Huaraz, en Perú a altitudes de 3812 a 4100 msnm. En estas áreas la Cañihua ha tenido éxito por sus características agronómicas de notable resistencia a bajas temperaturas. El área de mayor concentración de campos cultivados en esta especie se sitúa en la parte noreste del altiplano, alrededor de las poblaciones de Llalli, Macari, Ayaviri, Nuñoa y Huancané en el departamento de Puno, Perú (Mujica *et al*, 2002).

El “centro de origen” de una planta cultivada es aquella región con la mayor diversidad de ecotipos, tanto de plantas cultivadas como de sus progenitores silvestres (Vavilov, 1979).

Bajo esta consideración y según las condiciones agroecológicas donde se desarrollan las especies cultivadas, es posible encontrar subcentros de diversidad y variabilidad conocidos como “microgenocentros”, en estos lugares se presentan diferentes características botánicas, agronómicas y de adaptación de las especies (Dirección Regional Agraria, 2012).

Los orígenes de este cultivo se remontan hacia la cultura Tiahuanaco, siendo la región del Altiplano de Perú y Bolivia; la más representativa y donde se encuentra la mayor superficie cultivada actualmente (Tapia *et. al*, 2007).

Se le considera como zona agroecológica de centro de origen, al área circunlacustre del Lago Titicaca entre Perú y Bolivia. En Puno los subcentros de producción del cultivo, son las provincias de Lampa, Chucuito, Melgar, Azángaro, Puno, San Román y El Collao (Lescano, 1976).

2.1.2. POSICIÓN TAXONÓMICA

Taxonomía

Reino	:	Plantae
División	:	Angiospermophyta
Clase	:	Dicotyledoneae
Sub clase	:	Archichlamydeae
Orden	:	Centrospermales
Familia	:	Chenopodiáceae
Género	:	Chenopodium
Especie	:	<i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen

2.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La cañihua es una planta terófito erguida o muy ramificada desde la base, de un porte entre 20 y 70 cm. Tanto los tallos en su parte superior, como las hojas y las inflorescencias están cubiertos de vesículas blancas o rosadas (FAO, 2014).

- **Hojas.** Las hojas de esta especie son alternas y dimorfas en las ramas, las hojas terminales son sésiles, angostas, ovadas y de láminas gruesas; mientras, las hojas centrales y basales son pecioladas de ápice obtuso, trinervadas, trilobadas con tres a cinco dientes densamente cubiertas por pelos vesiculosos que le dan la apariencia de verde ceniciento en su estado juvenil. Al alcanzar la madurez fisiológica se tornan de colores amarillo, morado, rosado y anaranjado debido a los pigmentos de antocianina, betacianina y xantofilas que adquieren los diversos ecotipos (FAO, 2014).

- **Inflorescencia.** Las inflorescencias son inconspicuas, cimosas axilares o terminales y totalmente cubiertas por el follaje. Las flores están agrupadas formando espigas. Tienen flores hermafroditas o estaminadas muy pequeñas de 1 a 2 mm de diámetro, sésiles. El perigonio está compuesto de cinco partes. Los estambres son generalmente 1-3, con un estaminodio minúsculo. El gineceo está formado por el pistilo, superado por el periantio esférico y terminado en dos ramas estigmáticas apicales, generalmente soldadas en su base (FAO, 2014).

- **Fruto.** El fruto es un aquenio más pequeño que el de la quinua y está cubierto por el perigonio de color generalmente gris. El pericarpio es muy fino y traslúcido. La

semilla es de forma lenticular de 1 a 1,2 mm de diámetro y de color castaño o negro, con el episperma muy fino (FAO, 2014).

- **Tallo.** El tallo en un corte transversal es redondo y está cubierto por vesículas pubescentes. El porte de la Cañihua varía de 20 a 70 cm, presentándose el tallo de tipo erecto y poco ramificado (Saiwa) o de tipo algo postrado y muy ramificado (Lasta). La variación de forma y colores de la planta sigue un patrón muy semejante al de la quinua. Se han podido diferenciar cuatro factores principales de variación en la Cañihua:

- 1) El crecimiento de la planta que, como ya se indicó, puede ser de porte erguido (Saiwa), o muy ramificado desde la base (Lasta).
- 2) La coloración del tallo y follaje: amarillo, verde, anaranjado, rosado, rojo o púrpura.
- 3) El color de las vesículas: blanco o rosado.
- 4) El color y tamaño de las semillas: negro, castaño o castaño claro. (FAO, 2014)

- **Características del material vegetal Cañihua var. Cupi**

Como cultivo principal se utilizó la Cañihua de la variedad Cupi, la semilla fue adquirida del Instituto Nacional E Innovación Agraria – INIA. Se optó por la variedad Cupi, debido a la gran adaptabilidad que posee en cuanto a climas y suelos, sus principales características son:

Según Apaza, (2010) sus principales características son:

- Hábito de crecimiento de la planta: Saiwa.
- Altura de planta: 67 cm.
- Diámetro del tallo central: 5.0 mm.
- Color de estrías: rojo.
- Color del tallo en madurez fisiológica: anaranjado.
- Cobertura vegetativa medida a la madurez fisiológica considerando la cobertura más ancha de la planta: 31 cm.
- Longitud del peciolo de hojas del tercio medio de la planta en plena floración: 12 mm.
- Longitud máxima de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 2.40 cm.

- Color de la hoja a la madurez fisiológica: anaranjado.
- Grado de dehiscencia cuando alcanza la madurez fisiológica: ligera.

2.1.4. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO.

El Altiplano de la Región Puno se ubica a altitudes mayores a los 3800 msnm., las zonas más bajas del altiplano se encuentran alrededor del lago Titicaca. La temperatura media máxima varía entre 13 y 19°C y la temperatura media mínima entre -10 y 5°C dependiendo del lugar y la época del año; las temperaturas medias mínimas más bajas ocurren durante los meses de invierno junio y julio; la temperatura media anual varía de 6 a 9°C dependiendo en la altitud y proximidad al lago Titicaca. La precipitación anual media varía de 580 a 745 mm, humedad relativa promedio mensual 55%, fotoperiodo de 9 a 10 horas sol por día (Grace, 1985).

La Cañihua ha sido considerada como un cultivo marginal de poca importancia, debido a la no existencia de mercado para este cultivo y su poca productividad. Esto dió como consecuencia el desplazamiento de la Cañihua por otros cultivos como pastos mejorados, cebada, avena y otros que se encuentran hoy en pampas y áreas áridas donde las temperaturas oscilan 20 a -4 °C (Dirección Regional Agraria , 2012).

2.1.5. PREPARACIÓN DEL TERRENO

La preparación del terreno, generalmente sigue a la rotación con el cultivo de la papa que deja a la Cañihua nutrientes y una textura de los suelos adecuados para su normal desarrollo, responde bien a una buena aradura y desterronado, la nivelación es muy conveniente y se debe tener en cuenta que los excesos de humedad afectan la producción. Actualmente la preparación de suelos por los agricultores de las comunidades campesinas es realizada con yuntas de bueyes. El suelo para el cultivo de la Cañihua no necesita una preparación especial, pero al mismo tiempo se constituye en una labor indispensable si tomamos en consideración que la Cañihua es un cultivo que se quiere producir en grandes extensiones, se puede emplear arado, rastra y surcadora, implementos que están al alcance del agricultor. La Cañihua por poseer un grano muy pequeño (1.0 a 1.2 mm de diámetro), requiere un buen desterronado, nivelación de la tierra para una uniforme germinación y emergencia de plántulas (Apaza, 2010).

2.1.6. SIEMBRA

La fecha de siembra está muy ligada a las características de la localidad y la presencia de lluvias. En la actualidad la Cañihua se siembra al voleo, pero los resultados

con la siembra en surcos indican que esa modalidad es más conveniente para su posterior manejo y para la cosecha. La época fluctúa entre setiembre a noviembre como los más adecuados, cuando la siembra es en surcos, la forma de siembra es a chorro continuo y a una profundidad que no debe exceder los 3 cm. para garantizar una buena germinación, luego viene el tapado que puede ser con yunta o simplemente con picos o azadones es decir a mano. La gran mayoría de agricultores que siembra Cañihua, la siembra se realiza al voleo no utiliza surcos, pero técnicamente es más conveniente sembrar en surcos ya que facilita la realización de las labores culturales (deshierbo, riego, aporque, etc.) (Tapia & Fries, 2007).

2.1.7. ABONAMIENTO

Normalmente no se fertiliza cuando se usan terrenos que fueron cultivados con papa, sin embargo, da buenos resultados la fertilización con abonos orgánicos, como el estiércol de ovinos, pudiéndose añadir niveles de nitrógeno y fosforo. El abono es aplicado manualmente al fondo del surco antes de la siembra. La Cañihua responde a una fórmula de abonamiento: 40 kg de Nitrógeno, 20 kg de fosforo. La falta de un abonamiento adecuado explica en parte los rendimientos bajos (Lescano, 1976).

2.1.8. LABORES CULTURALES

La Cañihua como toda planta cultivada necesita protegerla del ataque de plagas y enfermedades, así como de la competencia que le producen otras plantas que viven a su alrededor, quitándole nutrientes y otros factores como la luz, aireación y humedad, necesarias para su normal desarrollo. Por lo que es importante realizar los deshiebos, aporques (cuando la siembra es en surcos), también, realizar los desahíjes a fin de eliminar el exceso de plantas eliminando las más débiles y dejando las más fuertes, las labores culturales incluyen también los riegos necesarios cuando se presentan períodos de sequía (Tapia *et. al*, 2010).

2.1.9. COSECHA

En los campos sembrados con mezclas, el periodo de cosecha se inicia a principio de marzo y se extiende hasta mayo, debido a que no todas las plantas maduran a la vez. Además, se cosechan las plantas sin haber alcanzado su total madurez, que se completa en los arcos que se forman al arrancar las plantas y amontonarlas para su secado. Un factor climático que puede afectar seriamente la producción del grano son las granizadas que ocurren en el mes de marzo; pueden ocasionar pérdidas de hasta 80%.

La cosecha comercial de variedades definidas aún es totalmente manual en cinco etapas (siega, emparvado, trilla, venteo y almacenamiento), durante el mes de abril (Mujica, 2002).

2.1.10. RENDIMIENTO DE GRANO

Con las prácticas de cultivo tradicionales del campesino como: escasa preparación del suelo, sin abonamiento, siembra a voleo que muchas veces pareciera estar sembrado en surcos, pero no son más que los surcos que quedan del cultivo de papa, el agricultor obtiene en promedio 500 a 700 kg/ha de grano. Sin embargo, se puede alcanzar rendimientos medios de 1.8 t/ha, con la tecnología descrita (Apaza, 2010).

2.2. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE VICIA

Entre los cultivos forrajeros anuales, la vicia es el más difundido en diversas regiones del planeta debido a su alto rendimiento, tanto en masa verde como en la producción de granos; por su elasticidad ecológica, su alta palatabilidad y propiedades nutritivas.

La vicia forrajera no es exigente al calor y es estable a las heladas y soporta alta humedad, pero no soporta las sequías. La vicia es una especie forrajera de alta significación en las zonas de clima templado. Como forraje se utilizan las semillas y la masa verde de la planta. Las semillas contienen 30-34 % de proteína, 1,2-2,4 % de grasas, 3,24-3,9 % de cenizas (del peso seco), y 220-230 g de proteína asimilable por kg. (Vavilov, 1979).

La vicia tiene el mayor valor forrajero de todas las plantas herbáceas leguminosas anuales, ya que su forraje es altamente nutritivo y de fácil asimilación y gustosamente es aceptado por cualquier especie de animal doméstico. Su forraje verde, heno y semillas contienen grandes cantidades de proteína digerible, sales minerales y vitaminas. Así, el grano de la vicia se utiliza en forma de harinas o como parte de los forrajes combinados. 100 kg de semillas contienen 116 unidades forrajeras, 22,7 kg de proteína digerible, 140 g de calcio, 10 g de fósforo, 1480 g de lisina, 680 g de metionina y 210 g de triptofano. El contenido de proteínas puede alcanzar el 30%. Pero en los granos se contiene ácido cianhídrico que es necesario tener en cuenta en su uso para forraje. De otro lado, gracias a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y suprimir a las malezas, a la vicia se le considera como un buen predecesor para cualquier cultivo (Ten, 2002).

2.2.1. POSICIÓN TAXONÓMICA

Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsida
Sub clase : Rosidae
Orden : Fabales
Familia : Fabaceae
Género : Vicia
Especie : *Vicia sativa* Linneo

La vicia forrajera (*Vicia sativa* Linneo), presenta un sistema radicular pivotante, con un gran número de raíces laterales en las cuales se disponen los nódulos (Vavilov, 1979), (Antoniý , 1995).

2.2.2. PARTICULARIDADES BIOLÓGICAS

La vicia es una planta de poca exigencia al calor. Las semillas pueden germinar a una temperatura de 1-3 °C, y las plántulas pueden emerger a 4-5 °C y pueden soportar heladas de -5 a -7 °C. La temperatura óptima para la formación de los órganos vegetativos es de 14- 19 °C, y para la maduración de las semillas es de 16-22 °C. Es exigente en lo que se refiere a la humedad, especialmente en la etapa de floración. En periodos de lluvia la cosecha de forraje verde es mayor que en periodos de sequía, pero las semillas maduran en forma desuniforme y lentamente. Es considerada como planta de días largos y es muy sensible a las variaciones del régimen de luz. En periodos de días cortos (hasta 13-13,5 horas) se interrumpe la formación de órganos generativos (Antoniý, 1995).

En relación al tipo de suelos, la vicia es menos exigente que la arveja, pero es preferible los suelos ricos en materia orgánica, asimismo los suelos arcillosos, semiarcillosos y semiarenosos con reacción neutral o débilmente ácidos. No se recomiendan suelos pobres y arenosos con reacción ácida, asimismo los suelos con alta densidad y turberas (Antoniý, 1995).

Los requerimientos básicos de las exigencias de este cultivo: (Zohary, 2000)

- Luz: penumbra.
- Temperatura: zonas muy cálidas.
- Humedad: suelos de moderadamente secos a húmedos.
- Acidez: pH entre 5,5 y 8.
- Nitrógeno: suelos pobres o ligeramente ricos en nitrógeno

2.2.3. TECNOLOGÍA DEL CULTIVO

Para la obtención de heno, forraje verde o semilla se instala después de cualquier predecesor anual o perenne ya que no es exigente en este aspecto, también da buenos resultados después de cultivos de gramíneas y tuberosas. La vicia es considerada como un buen predecesor para la mayoría de cultivos. Los incrementos en los rendimientos de cultivos instalados después de vicia o de una asociación están relacionados al control natural de las malezas y el enriquecimiento del suelo con nitrógeno (Vavilov, 1979) & (Ten, 2002).

- **Labranza del suelo.** Es muy semejante al que se realiza con cultivos de grano: después de la cosecha del cultivo predecesor se realiza la aradura básica a una profundidad de 20-25 cm luego se pasan las rastras dependiendo de la madurez física del suelo y la textura obtenida. Antes de la siembra puede pasarse una rastra dentada o de garras, esto favorece en la germinación de las semillas y mejora las condiciones para la recolección mecanizada. Es recomendable pasar la rastra a una profundidad de 10-12 cm. Si el suelo es pesado, se pasará una cultivadora cuando se trata de sembrar en surcos (Ten, 2002).

- **Siembra.** En las parcelas bien preparadas para la siembra, el poder germinativo en el campo deberá ser de 80-90 %. La preparación de las semillas es igual como cualquier otro cultivo de grano, pero teniendo en cuenta que las mejores cualidades de las semillas son las que tienen 3-4 mm de espesor y se consideran malas las que tienen menor de 2 mm de espesor. Esto se puede obtener tamizando las semillas con redes de 3 x 2 mm de abertura. La dosis de siembra oscila entre 50 - 90 kg/ha. (Ten, 2002).

- **Labores post siembra.** Los cultivos de vicia y con asociación a menudo no exigen cuidados, además, su desarrollo denso y pomposo hace que las malezas no se desarrollen. Pueden presentarse plagas como los pulgones, cortadores, entre otros lo que se controla químicamente dependiendo del grado de daño; asimismo ocurre con las enfermedades, los que ocurren muy esporádicamente (Ten, 2002).

- **Cosecha.** Para determinar el momento de la recolección para la obtención de forraje verde o heno se debe tener en cuenta la composición botánica de la asociación. Si predomina la vicia, la recolección debe realizarse en la fase de formación de las legumbres. Pero si predomina el otro cultivo asociado entonces se realizará, antes de la floración. El atraso en la recolección de la asociación trae consigo la obtención de forraje o heno de baja calidad (Ten, 2002).

La vicia presenta las siguientes exigencias agronómicas: Zarate (2006)

- **Suelo.** Con buena proporción de cal, razón por la que se denomina planta calcicota, prefiere fertilización adecuada; pero se puede adaptar a una diversidad de suelos.
- **Época de siembra.** Es variable de acuerdo al tipo de clima, si los terrenos cuentan con riego se les puede sembrar durante el invierno por su peculiaridad de ser resistentes al frío.
- **Sistema de siembra.** Pueden sembrarse al voleo, así como en líneas, pero es preferible sembrarlas utilizando plantas tutoras, por alcanzar rendimientos adecuados de biomasa, recomendándose para ello a los cereales.
- **Densidad de siembra.** Puede ser variado de acuerdo al propósito con el que se esté utilizando, ya sea para forraje o semillas, así como si es asociado con otro cultivo, se da una densidad de siembra de 50-90 kilos por hectárea.
- **Manejo y utilización.** Se le aprovecha al pastoreo, o al corte, para alimentación directa inmediata, o para heno o ensilaje. Para su consumo en verde, la época oportuna de aprovechamiento es cuando las poblaciones de plantas presenten un 10 % de floración; mientras que, para las otras formas de utilizarlo, la época oportuna es cuando las plantas se encuentren en plena floración.

Una condición necesaria para la conservación de las cualidades forrajeras, es la recolección oportuna, para lo cual, si se trata de forraje verde se debe realizar al inicio de la floración de la vicia, y para la obtención de heno la recolección se debe realizar durante el periodo de floración o formación de las legumbres inferiores. Para la obtención de semillas el corte debe realizarse al momento de la maduración pastosa (ennegrecimiento) de las legumbres, debido a que tienen un periodo de maduración prolongada, este proceso se culmina bien en grupos o montones (Guryenev, 1995).

2.3. CULTIVOS ASOCIADOS

2.3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS CULTIVOS ASOCIADOS

Son sistemas en los cuales dos o más especies de vegetales se plantan con suficiente proximidad espacial para dar como resultado una competencia inter-específica y/o complementación. Estas interacciones pueden tener efectos inhibidores o estimulantes en los rendimientos (Hart, 2003).

Las ventajas del diseño correcto de los policultivos son varias. Por una parte, influye sobre la dinámica de las poblaciones de insectos-plaga que generalmente provocan menos daños a los cultivos y, por otra, la supresión de hierbas adventicias

molestas debido al sombreado, alelopatía, etc. y un mejor uso de los nutrientes del suelo con el consiguiente mejoramiento de la productividad por unidad de superficie. Existen diferentes asociaciones de cultivos siendo algunas desfavorables o no recomendables y otras favorables (Eyhorn, 2000).

La asociación de cultivos promueve una mayor diversidad biológica, disminuye el riesgo de pérdida total de la cosecha, mejora el uso de los recursos naturales, y proporciona protección contra daños de plagas y enfermedades (Francis, 1990), (Vandermeer, 1990).

Eyhorn, (2000) Menciona algunas conclusiones generales sobre cultivos asociados:

- La competición entre las raíces debería ser mínima (especialmente durante la fase con mayor demanda de nutrientes).
- Las raíces deberían ocupar el espacio del suelo en la mejor forma posible. Asimismo, dan ciertas conclusiones específicas para los cultivos asociados:
- Los cultivos con sistemas radiculares fuertes deberían ser asociados o alternados con cultivos con sistemas radiculares débiles.
- Las distancias entre las plantas deberían ser tales que la competición por nutrientes entre plantas pueda ser minimizada.
- Los cultivos con raíces profundas son mejor asociados con las especies con raíces de crecimiento poco profundo.
- Las plantas perennes pueden ser asociadas con plantas estacionales.
- Los cultivos leguminosos pueden cultivarse en asociación o antes de cultivos que tengan una alta demanda por nitrógeno.

La funcionalidad económica permite maximizar la intensidad y eficiencia de factores de producción escasos y costosos, como el tamaño de la propiedad, la mano de obra y el capital (Velez, 1999).

2.4. FERTILIDAD DE SUELOS

La fertilidad de un suelo es la capacidad que tiene el mismo de sostener el crecimiento de los cultivos o ganado. Esta es una definición agronómica. En definiciones más modernas se incluye la rentabilidad y la sustentabilidad de los agroecosistemas. Muchas veces se divide a la fertilidad en “química”, “física” y “biológica” para su abordaje particular, pero muchas veces resulta complicado separarlas. La fertilidad química se refiere a la capacidad que tiene el suelo de proveer nutrientes

esenciales a los cultivos (aquellos que de faltar determinan reducciones en el crecimiento y/o desarrollo del cultivo). En este sentido se evalúa la disponibilidad de nutrientes en el suelo a través de análisis de suelos y/o plantas a través de un proceso de diagnóstico y posteriormente se definen estrategias de fertilización. La “fertilidad física” está relacionada con la capacidad del suelo de brindar condiciones estructurales adecuadas para el sostén y crecimiento de los cultivos. La “fertilidad biológica” se vincula con los procesos biológicos del suelo, relacionados con sus organismos, en todas sus formas (Duggan, 2008).

2.5. PROPIEDADES FÍSICAS QUÍMICAS DEL SUELO

2.5.1. PROPIEDADES FÍSICAS

El suelo es el hábitat que soporta y sustenta a las plantas y a la multitud de microorganismos que conviven con ellas. Así como el almacén del que extraen el agua, el aire y los nutrientes que precisan para su desarrollo. Las características físicas son en gran parte responsables del buen desarrollo de las plantas. Pero muy pocas veces se les tiene en cuenta. Pues generalmente sólo se consideran las características químicas. En realidad. Para que exista un medio óptimo para el crecimiento de las plantas debe darse una interacción dinámica entre las características físicas. Químicas y biológicas del suelo (Carvajal, 1997).

a) Textura

La textura es aquella propiedad que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm, es decir, la tierra fina, en el suelo; estas partículas, llamadas separados, se agrupan en tres clases, por tamaños: Arena (A), Limo (L) y Arcilla (Ar) y son definidas como se muestra en la Tabla 1, según varias instituciones internacionales (Jaramillo, 2002).

Tabla 1. Definición de los separados del suelo. (Montenegro, 1990).

SEPARADO	RANGO DE DIAMETRO DE PARTICULA (mm)		
	USDA	ISSS*	DIN y BSI**
ARENA	2 – 0.05	2 – 0.02	2 – 0.08
LIMO	0.05 – 0.002	0.02 – 0.002	0.08 – 0.002
ARCILLA	< 0.002	< 0.002	< 0.002

*ISSS: Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo.

** DIN: Instituto Alemán de Estándares; BSI: Instituto Británico de Estándares.

La textura influye decisivamente en el comportamiento del suelo respecto a su capacidad de retención de agua y nutrientes, su permeabilidad (encharcamiento, riesgo de lixiviación de agua y nitrógeno, etc.) y su capacidad para descomponer la materia orgánica. Los suelos arenosos, sueltos tienen pocos poros y grandes, están bien aireados, son permeables y pueden almacenar poca agua y nutrientes. Los suelos arcillosos, fuertes, con muchos más poros, pero más pequeños, son más compactos, menos permeables y pueden retener una mayor cantidad de agua y elementos químicos. Su fertilidad es, por tanto, más elevada (Rojas & Mayta 2016).

b) Estructura

La estructura del suelo es una de las principales propiedades, ya que el arreglo que presente la fase sólida está determinando por el espacio que queda disponible para las otras dos fases de éste: la líquida y la gaseosa; puede decirse que esta propiedad es la que controla las interrelaciones entre las diferentes fases físicas del suelo y la dinámica de líquidos y gases en él, ya que tiene una influencia directa en propiedades como porosidad, densidad aparente, régimen hídrico, régimen térmico, permeabilidad, aireación, distribución de la materia orgánica, entre otras; por lo anterior, no es casual que se estime la degradación de un suelo de acuerdo con el grado de deterioro de su estructura (Plaster, 2000).

2.5.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

Las propiedades químicas del suelo pueden ser consideradas como posibles indicadores de su fertilidad (Lal, 2008). Así también es el potencial que un suelo tiene para suplir los elementos nutritivos en las formas, cantidades y proporciones requeridas para lograr un buen crecimiento y rendimiento de las plantas. Esa disponibilidad de elementos nutritivos por el sistema radical puede ser inmediata, constituyendo la fertilidad activa y representada por los nutrimentos en formas solubles de fácil absorción por las raíces. (Petroquímica de Venezuela, 2016).

a) pH

El pH es una de las variables más importantes en los suelos agrícolas, pues afecta directamente a la absorción de los nutrientes del suelo por las plantas, así como a la resolución de muchos procesos químicos que en él se producen. En general, el pH óptimo de estos suelos debe variar entre 6,5 y 7,0 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad, ya que se trata del rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables, y, por tanto, donde mejor se aportarán la mayoría de los cultivos. Así mismo,

esta unidad química es un valor no constante a lo largo del año, pudiendo variar incluso un punto en suelos arenosos. Este proceso se debe, principalmente, a los aportes nitrogenados en épocas concretas (fondo y cobertera) donde se descenden los valores para volver a aquellos iniciales cuando la mineralización finaliza. (Salas, 2016)

En los suelos donde no se consiga llegar a la neutralidad, es preciso tener en cuenta diversos puntos para controlar el uso de fertilizantes y cultivos concretos.

Tabla 2. Clasificación de los suelos en función de la acidez

GRADO DE ACIDEZ O ALCALINIDAD	PH
Extremadamente ácido	< 4.6
Ácido	4.6 – 5.4
Moderadamente ácido	5.5 – 6.4
Neutro	6.5 – 7.3
Moderadamente alcalino	7.4 – 8.1
Alcalino	8.2 – 8.8
Extremadamente alcalino	> 8.9

(Castellanos, 2000)

El rango de pH del suelo que de forma general se considera el más adecuado por la razonable disponibilidad que muestran los nutrimentos esenciales para las plantas es aquél que va de 6.0 a 6.5. Sin embargo, otros autores incluso manejan un rango más amplio que va de 5.5 a 7.0. El incremento o decremento del valor de pH en el suelo depende de distintos factores como son:

- alcalinidad del agua de riego.
- enmiendas orgánicas (composta, abonos, etc.) o minerales (yeso, cal agrícola o azufre).
- acidificación por las raíces.
- uso de fertilizantes de reacción ácida o alcalina,
- precipitación (Intagri., 2018).

b) Potasio (K)

El potasio (K⁺) es un macronutriente esencial para las plantas, las cuales necesitan cantidades elevadas de este nutriente, incluso semejantes a las necesidades del nitrógeno en algunos casos. Cumple un papel importante en la activación de más de 60 enzimas que

actúan en diferentes procesos metabólicos, dentro de los más importantes están la fotosíntesis y la síntesis de proteínas y carbohidratos. (García & Quinke, 2012).

La cantidad de potasio en la solución del suelo es mínima y rápidamente es absorbido por las plantas por estar inmediatamente disponible. Cuando este potasio es absorbido y extraído por las plantas, es renovado y restituido inmediatamente por la cesión de formas menos fácilmente accesibles ubicadas en las zonas de adsorción de los coloides minerales y orgánicos del suelo. Otros factores que aumentan la fijación aparte de los ya mencionados son la humedad y el pH del suelo. El primero sucede cuando el contenido de humedad en el suelo es bajo, es decir, conforme el suelo se seca aumentan las posibilidades de fijación de potasio; es un fenómeno variable y también depende de la naturaleza del material. Por su parte, cuando el pH se reduce las posibilidades de fijación de potasio se reducen (Intagri., 2018).

c) Nitrógeno (N)

La gran mayoría de los compuestos orgánicos vegetales contiene nitrógeno. Entre los compuestos nitrogenados que podemos citar a los ácidos nucleicos aminoácidos y numerosas enzimas, en un componente esencial de la clorofila, el nitrógeno es absorbido por las raíces de la planta en la forma de nitratos, aunque las plantas jóvenes toman una parte en forma de Amonio (Chilón, 2014).

d) Fosforo (P)

El fosforo es un componente esencial del material energético también juega un rol importante en el material genético del núcleo de la célula y favorece la división celular y en la formación de grasas principalmente en la semilla, intensifica el crecimiento radicular de las plantas, favoreciendo la absorción de agua y nutrientes. (Chilón, 2014).

2.5.3. PROPIEDADES BIOLÓGICAS

a) Materia Orgánica (MO)

La parte viva del suelo es responsable de mantener la disponibilidad de agua y aire, proveer nutrientes a las plantas, destruir a los agentes contaminantes y mantener la estructura del suelo. Esto contribuye a la renovación de la porosidad mediante los procesos de excavación de túneles y formación de sustancias pegajosas asociadas con la actividad biológica. Consecuentemente, el suelo puede almacenar más agua y actuar como sumidero de dióxido de carbono. En sistemas convencionales, si no hay suficiente tiempo y recursos para la restauración biológica completa que permitan superar los daños

causados por la labranza, la fertilidad del suelo declinará y, por ende, su productividad, evaluada por los rendimientos de las plantas (FAO., 2016).

La materia orgánica que contiene el suelo procede tanto de la descomposición de los seres vivos que mueren sobre ella, como de la actividad biológica de los organismos vivos que contiene: lombrices, insectos de todo tipo, microorganismos. La descomposición de estos restos y residuos metabólicos da origen a lo que se denomina humus, en la composición del humus se encuentra un complejo de macromoléculas en estado coloidal constituido por proteínas, azúcares, ácidos orgánicos, minerales, en constante estado de degradación y síntesis, el humus por tanto, abarca un conjunto de sustancias de origen muy diverso que desarrollan un papel de importancia capital en la fertilidad, conservación y presencia de vida en los suelos (Peña, 2016).

b) Macro organismos

Los principales grupos de animales que pertenecen a este componente biótico del suelo son los anélidos y los artrópodos; los primeros se refieren a las lombrices de tierra y los segundos a aquellos animales que presentan un esqueleto externo endurecido que recubre todo su cuerpo, como una coraza y que son articulados. Los principales representantes de los artrópodos son los insectos, los arácnidos, los miriápodos y los crustáceos; otros grupos que se destacan son los nemátodos (algunos pocos, por su tamaño, se ubican dentro de los microorganismos), los moluscos y algunos vertebrados roedores y mamíferos pequeños (Jaramillo, 2002).

c) Materia orgánica y actividad biológica

La descomposición de la Materia orgánica es un proceso biológico que ocurre naturalmente. Su velocidad es determinada por los siguientes factores: Composición y cantidad de organismos del suelo Entorno físico (oxígeno, humedad y temperatura) Calidad de la materia orgánica (FAO., 2016).

Los microorganismos como bacterias, y los invertebrados como las lombrices de tierra y los insectos, ayudan a descomponer los residuos de cultivos mediante su ingestión y mezcla con la mineral madre del suelo; en el proceso reciclan energía y nutrientes de las plantas. La vida en el suelo lo constituyen microorganismos tales como bacterias, hongos, protozoarios, nemátodos, virus y algas; y macroorganismos en los suelos incluyen vertebrados e invertebrados. Este último grupo incluye artrópodos que varían desde ácaros hasta grandes escarabajos, milpiés, termitas y lombrices de tierra, entre

otros. Las plantas, representadas por sus raíces y sus residuos sobre la superficie del suelo, forman la macroflora del suelo. Todos estos elementos tienen su propia función en los procesos de reciclaje de nutrientes (FAO., 2016).

d) guano de islas

El Guano de las islas se origina por acumulación de las deyecciones de las aves guaneras que habitan las islas y puntas de nuestro litoral. Entre las aves más representativas tenemos al Guanay (*Phalacrocorax bouganivilli* Lesson), Piquero (*Sula variegata* Tshudi) y Pelicano (*Pelecanus thagus*) (Agrorural, 2008).

Y tiene las siguientes propiedades:

- **Es un fertilizante natural y completo.** Contiene todos los nutrimentos que la planta requiere para su normal crecimiento y desarrollo.
- **Es un producto ecológico.** No contamina el medio ambiente.
- **Es biodegradable.** El Guano de las Islas completa su proceso de mineralización en el suelo, transformándose parte en humus y otra se mineraliza, liberando nutrientes a través de un proceso microbiológico.
- **Mejora las condiciones físico-químicas y microbiológicas del suelo.** En suelos sueltos se forman agregados y en suelos compactos se logra la soltura. Incrementa la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), favorece la absorción y retención del agua. Aporta flora microbiana y materia orgánica mejorando la actividad microbiológica del suelo.
- **Es soluble en agua.** De fácil asimilación por las plantas (fracción mineralizada).
- **Tiene propiedades de sinergismo.** En experimentos realizados en cultivos de papa, en cinco lugares del Perú, considerando un testigo sin tratamiento, se aplicó el Guano de las Islas, estiércol y una mezcla de ambos. En los cinco lugares experimentados, la producción se incrementó significativamente con el tratamiento Guano de las Islas + estiércol.

Dosis de Fertilización:

Tabla 3. Dosis de Fertilización del guano de isla

Fuente	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
Guano de isla	10-14	10-12	2-3

Fuente: MINAGRI – AGRORURAL

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El experimento estuvo ubicado en la comunidad campesina de Cahualla, en el distrito de Mañazo, provincia y departamento de Puno, se llevó a cabo en el mes de noviembre del 2017 en las parcelas de productores agrarios y con el apoyo del Programa Presupuestal. “0089 Reducción de la degradación de los suelos agrarios” de la Estación Experimental Agraria Illpa Puno (EEA) – Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Distrito de Mañazo, Provincia y Departamento Puno.

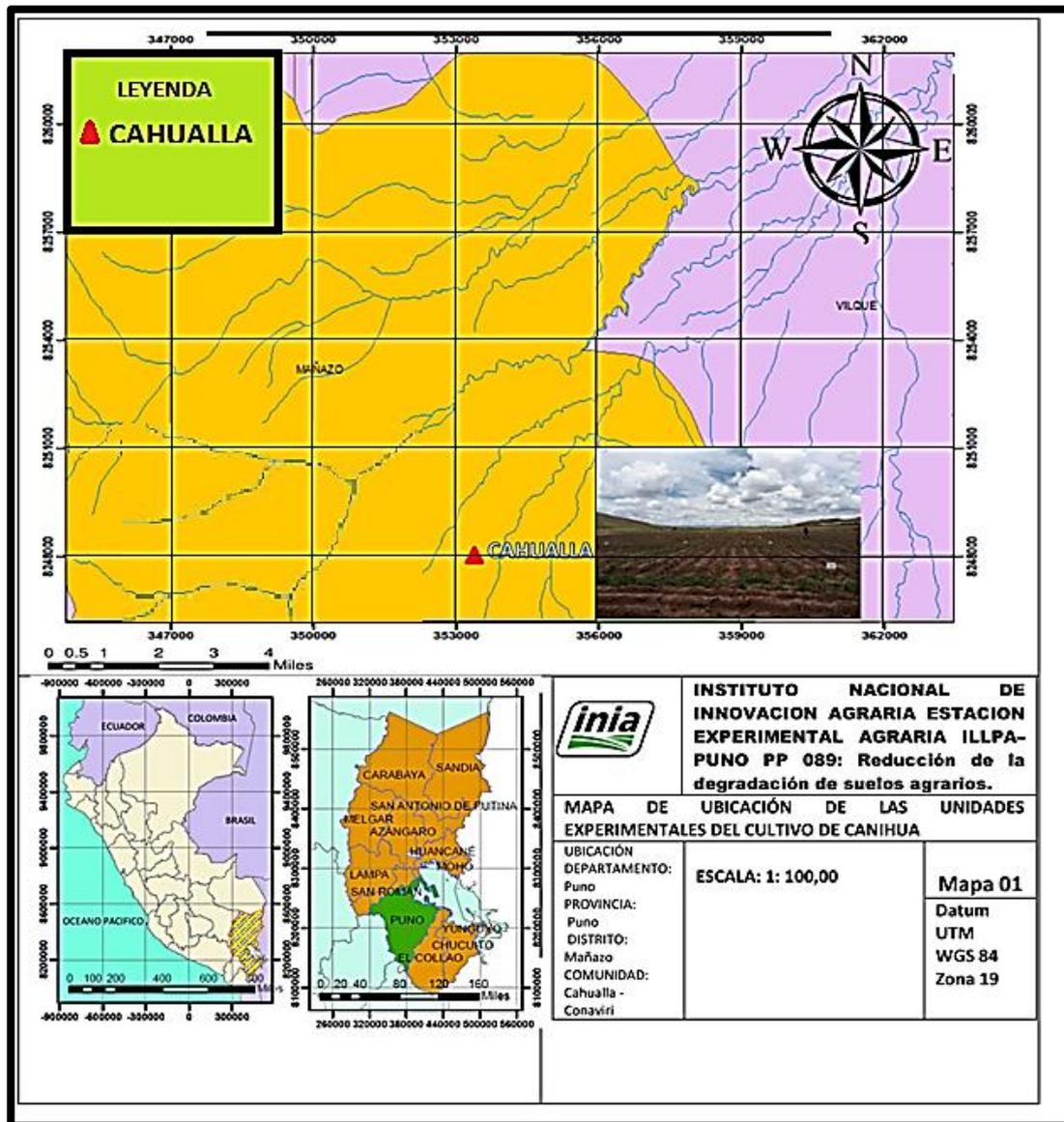


Figura 1. Mapa de Ubicación de la parcela experimental, Cahualla - Mañazo.

Ubicación política:

Región: Puno

Provincia: Puno

Distrito: Mañazo

Comunidad: Cahualla

Altitud: 3926 msnm.

3.2. MATERIALES E INSUMOS

3.2.1. INSTRUMENTOS DE COLECTA DE DATOS

- Balanza analítica con aprox.0.01g
- Wincha de 50 m.
- Yeso
- Regla
- Cinta Masking
- Papel bond
- Grapas
- Engrapador
- Plumón indeleble
- Costales
- Pico
- Azadón
- Rafia
- Cámara fotográfica
- Estacas
- Cordel de 100 m
- Libreta de campo y lapiceros
- Bolsas
- Taras
- Agua destilada
- Papel periódico
- Lampa pequeña de jardinería
- Fichas de evaluación

3.2.2. MATERIAL DE LABORATORIO Y GABINETE

- Etiquetas de rotulación
- Cuaderno u hoja de registro de datos
- Estufa
- Balanza de precisión
- Computadora (laptop)
- Fichas de recolección de datos

3.2.3. MATERIAL VEGETAL

- Semilla cañihua (Variedad Cupi)
- Semilla de Vicia
- semilla de avena (para las calles)

3.3.VARIABLES DE ESTUDIO

Tabla 4. Variables de estudio a evaluar.

Variable	Momento de evaluación	Unidad
Análisis de suelos	Antes y después de la cosecha	(%, ppm)

Humedad Gravimétrica del suelo	30, 60, 90 y 120 días después de la siembra del cultivo	%
Temperatura del suelo (15cm de Prof.)	120 días después del aporque	°C
Cuantificación de macro organismos (lombrices).	120 días después del aporque	unidad
Altura de planta	30, 60, 90 y 120 dds del cultivo	cm
Rendimiento del grano de Cañihua	cosecha	Kg
Materia Seca de la Vicia	120 días después de la siembra	%

3.4. TRATAMIENTOS Y COMBINACIONES

3.4.1. DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS

Tabla 5. Tratamientos a utilizar.

Tratamiento	Identificación	Descripción
1	T1	Cañihua Variedad Cupi Sin Vicia
2	T2	Cañihua Variedad Cupi + guano de isla
3	T3	Cañihua Variedad Cupi + Vicia
4	T4	Cañihua Variedad Cupi + guano de isla + Vicia

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente trabajo se realizará bajo un Diseño experimental: Diseño de Bloques Completos al Azar (DCA) con 3 repeticiones por tratamiento mediante un análisis de varianza ANVA cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Valor esperado de las variables

μ : Media general de la variable de respuesta

T_i : Efecto del tratamiento

E_i : error experimental del diseño

3.5.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

- Número de tratamientos : 4
- Número de repeticiones : 3
- Número de unidades experimentales (N° de parcelas) : 12
- Ancho de parcela : 5m.
- Largo de parcela : 8 m.
- Área de parcela : 40 m².
- Largo neto del Campo Experimental : 24 m
- Ancho neto del Campo Experimental : 20 m
- Área Neta del campo experimental : 480m².
- Largo total del campo experimental : 29 m
- Ancho total del Campo experimental : 25 m
- Área total del terreno : 725m²
- Distanciamiento entre parcelas : 1 m
- Distanciamiento entre bloques : 1 m
- Número de surcos por parcela : 6 surco

3.5.2. CROQUIS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

T1	Calle	T2	Calle	T3	tratamientos
Calle		Calle		Calle	
T2		T1		T4	
Calle		Calle		Calle	
T3		T4		T1	
Calle		Calle		Calle	
T4		T3		T2	
Repetición I		Repetición II		Repetición III	

3.6.CONDUCCION DEL EXPERIMENTO

3.6.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO

La roturación se hizo con ayuda de Yuntas, y herramientas como azadones, debido a que los bordes de la parcela no se encontraban adecuadamente roturados.



Figura 2. Preparación del terreno con yuntas.

3.6.2. SIEMBRA

Previamente a la siembra, se prepararon las semillas según las proporciones y asociaciones haciendo corresponder a las parcelas de acuerdo al croquis experimental. Luego se hicieron los surcos con ayuda de maquinaria. Se limitaron las parcelas experimentales y calles marcándolos con yeso para seguidamente distribuir los sobres en cada parcela y proceder a la siembra, el cual se realizó en forma de chorro continuo. El tapado de las semillas se realizó manualmente. Las calles y bordes de la parcela se sembraron avena para que se puedan diferenciar y además sirvan de barrera contra cualquier percance que pudiera pasar.



Figura 3. Siembra del Cultivo de Cañihua, parcela experimental Cahualla

3.6.3. CONTROL DE MALEZAS

La extracción de las malezas se realizó en forma manual, la primera que coincidió con el momento del primer apoque, las siguientes se realizaron con el segundo aporque, en general la cantidad de malezas fue de media a mínima.

3.6.4. COSECHA

Cuando Cañihua se encontraba en la etapa de madurez se procedió a realizar el segado de las plantas de forma manual con ayuda de la hoz, el momento adecuado fue por las mañanas, ya que, con la presencia del sol, las plantas tienden a secarse haciendo que se desperdicie gran cantidad de semillas.

3.6.5. FASE DE CAMPO

En esta fase se desarrollaron una serie de actividades mediante las cuales se realizará los procesos de identificación, rotulado, toma de muestras, así como las evaluaciones correspondientes.

- a) Una vez las plantas de Cañihua emergieron, se procedió a identificarlas, para lo cual: Se seleccionaron 5 plantas por cada tratamiento y en las 3 repeticiones y cada una de estas fue codificada, con una etiqueta la cual se colocó en la base de la planta.
- b) Evaluación de área experimental

- Se tomó una primera muestra de suelo mediante el muestreo de zigzag a una profundidad de 30cm, para su análisis físico y químico. Esta se realizó antes de la siembra de la Cañihua y la Vicia.
- Se tomaron datos suelos de humedad y temperatura por cada mes.
- Una vez realizada la cosecha de los cultivos se realizó un segundo muestreo del suelo, este realizo mediante el muestreo de zigzag a una profundidad de 30cm, por cada tratamiento, para su respectivo análisis.

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos se empleó la técnica de la observación y medición, según las variables de estudio. Los instrumentos empleados fueron la hoz, bolsas de papel, cinta métrica, balanza de precisión, geotermómetro, estufa y otros.

3.7.1. TOMA DE MUESTRAS PARA EL ANÁLISIS DE SUELO

- Procedimiento

Para la toma de muestras de suelo se hicieron dos muestreos, el primero antes de realizar el sembrado de los cultivos, se tomaron las muestras mediante el método del zigzag, una vez obtenida la muestra se procedió a homogenizar y obtener u a sola muestra de 500 gramos. Y como se observa en la figura 4 Para el segundo muestreo se realizó por cada unidad experimental, la metodología consistió en tomar muestras en 5 puntos (Método del zigzag), los cuales se homogenizaron hasta lograr una muestra de 500gramos, por cada tratamiento y repetición. Con ayuda de una pala y un pico, se tomaron las muestras a una profundidad máxima de 20 cm. (Capa arable).

Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio de aguas y suelos del INIA



Figura 4. Toma de muestras de suelo para su análisis

3.7.2. HUMEDAD GRAVIMÉTRICA DEL SUELO

- Procedimiento

Como se muestra en las Figuras 5 y 6 Se codifican las taras y se realiza el pesado de estas. Una vez en el campo se realizó la toma de las muestras a por cada tratamiento y a 10 cm de profundidad. Se colocan las taras en el suelo y se presionan contra el suelo, una vez adentro se procede a retirarlas, con la muestra de suelo. Una vez se tenga las muestras se sellan con la cinta adhesiva, y final mente se toman datos para su identificación.

Estas muestras se tomaron según las fechas de muestreo y se secaron en la estufa a 105°C por un periodo de 24 horas. Una vez obtenido el peso seco del suelo a la estufa, se procedió a determinar el % de la humedad gravimétrica empleando la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Humedad Gravimétrica} = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps} \right) \times 100$$

Dónde:

Ph: Peso húmedo del suelo

Ps: Peso seco del suelo



Figura 5. Toma de muestras de Humedad**Figura 6. Pesado de las muestras de Humedad**

3.7.3. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL SUELO

- Procedimiento

Los datos fueron tomados al azar en cada repetición a los 120 días de la Siembra, a una profundidad de 15 cm, con ayuda de un geotermómetro. En donde con ayuda del punzón se realizó un agujero en el suelo y se colocó el termómetro. Luego de 5 minutos aproximadamente, realizar la lectura respectiva. Los resultados son expresados en grados centígrados.



Figura 7. Determinación de la temperatura del suelo

3.7.4. EVALUACIÓN DE MACRO ORGANISMOS

- Procedimiento

Para la evaluación y conteo de macro organismos en el suelo, primero se procedió a colocar las áreas de evaluación, dos por cada repetición, estas fueron delimitadas por las varillas de madera y la rafia, en cada área de evaluación se tomó 4 puntos para la evaluación de la cantidad de macro organismos, los cuales se buscaron con ayuda de la pala pequeña, entre los encontrados se encuentran las lombrices de tierra, carábidos, entre otros. Finalmente, todos los datos fueron colectados en las respectivas fichas de evaluación.



Figura 8. Macro organismos encontrados en las áreas de Evaluación



Figura 9. Área evaluada en macro organismos

3.7.5. DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE PLANTA

- Procedimiento

Para la determinación de la altura de planta, estas fueron etiquetadas previamente. Se midieron desde la base del cuello de la planta hasta el ápice de esta, la medida se expresó en centímetros. Por cada unidad experimental se midieron 5 plantas.



Figura 10. Determinación de altura de plantas de Cañihua

3.7.6. SIEMBRA DE VICIA

- Procedimiento

Las semillas fueron pesadas y embolsadas en el laboratorio. La densidad de siembra fue de 50 kg por hectárea. Una vez en campo se procedió a realizar pequeñas líneas de aproximadamente 2cm de profundidad entre cada surco de Cañihua. Se realizó la siembra a chorro continuo, y una vez finalizada se procedió a teparlas con ayuda del rastrillo, se realizó un tapado ligero para acelerar el proceso de germinación de la semilla.



Figura 11. Pesado de semillas de Vicia

3.7.7. RENDIMIENTO DE LA CAÑIHUA

- Procedimiento

La determinación del rendimiento de la Cañihua. Se realizó después de la cosecha, una vez trillada y limpia la semilla esta se procedió a pesar, este se realizó por cada tratamiento, en la figura 12 se puede observar las semillas limpias y listas para su pesado. Una vez obtenido el peso de las semillas se realiza el cálculo respectivo para saber el rendimiento total.



Figura 12. Obtención de granos de Cañihua

3.7.8. MATERIA SECA DE LA VICIA

Para la determinación de la materia seca de las plantas de Vicia se procedió de la siguiente manera, con ayuda del rastrillo pequeño se tomó dos plantas al azar, de cada unidad experimental, las cuales se lavaron con el agua destilada, luego se procedió a envolverlas con papel periódico, el cual se tiene que encontrar húmedo, para poder trasladar la muestra y esta no pierda humedad.

Una vez envuelta la muestra se embolso, y se codifico ubicando primero el lugar, el número de repetición, y finalmente el número de tratamiento.

Como se observa en la Figura 13. Las muestras obtenidas son llevadas al laboratorio de suelos del INIA, en donde se procede a pesar las muestras en una balanza de precisión. Luego cada muestra se coloca en bolsas de papel y finalmente son llevadas a la estufa a 105 °C durante 24 horas. Transcurridas estas, las muestras son retiradas de la estufa y vuelven a pesar, con los datos obtenidos es que se puede determinar el porcentaje de materia seca con el cual cuenta la planta.



Figura 13. Planta de Vicia y pesado para la realización de materia seca.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LOS MACRONUTRIENTES ESENCIALES DEL SUELO ANTES Y DESPUÉS DE LA SIEMBRA

La tabla 6 nos muestra los resultados del contenido de Macronutrientes (N, P, K) y Materia Orgánica del análisis de suelos, antes de la instalación del cultivo y después de la cosecha, al realizar las comparaciones respectivas se puede observar que en los tratamientos T3 y T4 existe un alto incremento en los macronutrientes y Materia Orgánica, a diferencia de los tratamientos T2 Y T1 obtuvieron mínimas diferencias.

Tabla 6. Resultados del contenido de Macronutrientes y M.O.

Parámetro	Análisis Inicial	Análisis final
T1		
Nitrógeno (%)	0.03	0.06
Fósforo (ppm)	6.00	5.85
Potasio disponible (ppm)	280	411.27
Materia Orgánica (%)	1.08	1.60
T2		
Nitrógeno (%)	0.03	0.09
Fósforo (ppm)	6.00	11.62
Potasio disponible (ppm)	280	358.9
Materia Orgánica (%)	1.08	2.05
T3		
Nitrógeno (%)	0.03	0.13
Fósforo (ppm)	6.00	13.32
Potasio disponible (ppm)	280	372.18
Materia Orgánica (%)	1.08	2.42
T4		
Nitrógeno (%)	0.03	0.15
Fósforo (ppm)	6.00	15.50
Potasio disponible (ppm)	280	312.8
Materia Orgánica (%)	1.08	2.97

Fuente: laboratorio de Aguas y Suelos, EEA Illpa-Puno 2018

4.1.1. ANÁLISIS DE SUELOS (MACRONUTRIENTES)

a. Nitrógeno (N)

En la tabla 7 se observa el análisis de varianza para contenido de Nitrógeno en el suelo, al comparar $F_c = 53.67 > F_t = 4.06$, entonces existe evidencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en estudio en cuanto al porcentaje de Nitrógeno del suelo. Esto es debido a la incorporación del guano de isla y la Fijación de nitrógeno por parte de la asociación con Vicia. Además, la probabilidad de error es de $Pr = 0.0001 < 0.05$, evidenciando nuevamente que si existe diferencia estadística significativa.

El coeficiente de variabilidad es de 9.05 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables. Tiene un Promedio de 0.11 % lo cual indica que se encuentra en un rango medio, sobre la cantidad de Nitrógeno.

Tabla 7. Análisis de varianza para contenido de nitrógeno total en suelo

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Pr>F
tratamientos	0.01	3	0,0049	53.67	<0.0001
Error	0,000 73	8	0,000 092		
Total Correcto	0.02	11			

$CV=9.05\% \bar{X}=0.11$

En la tabla 8 se observa la prueba Duncan para el porcentaje de Nitrógeno total del suelo, en donde los tratamientos T4 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla y vicia), T3 (Cañihua variedad Cupi + Vicia) ocupan los dos primeros lugares con promedios de 0.15 Y 0.13 % respectivamente, no muestran significación estadística entre ellos; mientras que los tratamientos T2 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla) Y T1 (Cañihua Variedad Cupi) Con promedios de 0.09 y 0.06 respectivamente, muestran significación estadística entre ellos. Así como el T4 supera estadísticamente al T1 el cual ocupa el último lugar.

Tabla 8. Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para contenido de nitrógeno en suelo

Orden de merito	Tratamientos	Promedio Nitrógeno (%)	Agrupamiento Duncan
1	T4	0.15	A

2	T3	0.13	A
3	T2	0.09	B
4	T1	0.06	C

De la misma forma Fontana, (2018) Realizo ensayos sobre la aplicación de leguminosas para la recuperación de la fertilidad del suelo en donde se observaron diferencias significativas en la cantidad residual de nitratos disponibles a favor de los tratamientos con incorporación de Trébol de color blanco y vicia como abono verde.

En nuestros resultados el nivel de Nitrógeno obtenido con la asociación de del cultivo de Cañihua y Vicia tuvo un gran incremento respecto al obtenido en tratamiento testigo, este incremento garantizara un aumento en la producción, en la siguiente campaña agrícola, así mismo estos resultados respaldan lo mencionado por Fontana, quien trabajo con trébol blanco, resaltando la importancia de las leguminosas, en la asociación de Cultivos.

b. Fosforo (P)

En la tabla 9 se observa el análisis de varianza para contenido de fósforo en el suelo, al comparar $F_c = 84.46 > F_t = 4.06$, entonces existe evidencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en estudio. Además, la probabilidad de error es de $Pr = 0.0001 < 0.05$, evidenciando nuevamente que si existe diferencia estadística significativa.

El coeficiente de variabilidad es de 6.73 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables. Con una media de 11.57 lo cual indica que el suelo se encuentra con un rango medio, en la cantidad de Fosforo en el suelo.

Tabla 9. Análisis de varianza para contenido de fósforo en suelo

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Pr>F
tratamientos	153.61	3	51.20	84.46	<0.0001
Error	4.85	8	0.61		
Total	158.46	11			
Correcto					

$$CV = 6.73\% \quad \bar{X} = 11.57$$

En la tabla 10 se observa la prueba Duncan para la cantidad de fosforo del suelo, en donde los tratamientos T4 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla y vicia) Y T3

(Cañihua variedad Cupi + Vicia) ocupan los dos primeros lugares con promedios de 15.50 Y 13.32 ppm de fósforo respectivamente, muestran una significación estadística alta entre ellos; mientras que los tratamientos, Así también se puede decir que el T4 = 15.50 ppm es superior frente a todos los tratamientos y que el T1 = 5.85 ppm es mucho menor que todos los demás tratamientos.

Tabla 10. Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para contenido de fósforo en suelo

Orden de merito	Tratamientos	Promedio fósforo en el suelo (ppm)	Agrupamiento Duncan
1	T4	15.50	A
2	T3	13.32	B
3	T2	11.62	C
4	T1	5.85	D

Según el estudio de Lacasta *et al*, (2003) quien realizó un estudio sobre la incorporación de abono verde en cultivos de secano, indica que es el fósforo quien, con una aportación casi simbólica 5 kg/ha cada dos años por el enterrado del cultivo de Vicia, el que muestra diferencias significativas, aumentando en las parcelas en las que se ha utilizado abono verde.

En nuestro experimento los contenidos de Fósforo en el suelo obtuvieron incrementos de aproximadamente el triple con respecto al tratamiento testigo. Así también estos resultados pueden ser comparados con los obtenidos por Lacasta *et al*, (2003), con la diferencia de que el experimento se realizó en una sola campaña agrícola, y que la Vicia se utilizó como cultivo asociado, mas no como abono verde, y aun así se obtuvieron resultados favorables.

c. Potasio disponible (K)

En la tabla 11 se observa el análisis de varianza para el contenido de potasio disponible (K) en el suelo, al comparar $F_c = 0.64 < F_t = 4.06$, entonces se puede decir que no existe evidencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio.

El coeficiente de variabilidad es de 12.51 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables. El promedio es de 383.5 ppm, esto indica que se encuentra en un rango alto de Potasio disponible en el suelo. Esto puede deberse al tipo de suelos con los cuales cuenta la Sierra, los cuales son ricos en Potasio.

Tabla 11. Análisis de varianza para contenido de potasio disponible en el suelo.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Pr>F
tratamientos	4720.46	3	1573.49	0.68	0.5867
Error	18418.66	8	2302.33		
Total	23139	11			
Correcto					

$$CV=12.51 \% \quad \bar{X}=383.5$$

Según los datos reportados por Lacasta *et al*, (2003) quien realizó un estudio sobre la incorporación de abono verde para cultivos de secano, observó un aumento no significativo estadísticamente de potasio en el suelo.

Estos resultados tienen cierto grado de similitud con los mostrados por nuestro experimento.

d. Materia Orgánica (MO)

En la tabla 12 se observa el análisis de varianza para contenido de Materia Orgánica en el suelo, al comparar $F_c = 37.29 > F_t = 4.06$, entonces existe evidencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en estudio. Además, la probabilidad de error es de $Pr = 0.0001 < 0.05$, evidenciando nuevamente que si existe diferencia estadística significativa.

El coeficiente de variabilidad es de 7.27 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables. Y el promedio es de 2.3 % de Materia Orgánica, lo cual indica que se encuentra en un rango medio.

Tabla 12. Análisis de varianza para contenido de Materia orgánica en el suelo.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Pr>F
tratamientos	3.02	3	1.01	37.29	<0.0001
Error	0.22	8	0.03		
Total	3.24	11			
Correcto					

$$CV=7.27 \% \quad \bar{X}=2.3$$

En la tabla 13 se observa la prueba Duncan para la cantidad de Materia Orgánica del suelo, en donde los tratamientos T4 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla y vicia

) Y T3 (Cañihua variedad Cupi + Vicia) ocupan los dos primeros lugares con promedios de 2.97 Y 2.42 ppm de Materia Orgánica respectivamente, muestran una significación estadística alta entre ellos; mientras que los tratamientos T2 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla) Y T1 (Cañihua Variedad Cupi) Con promedios de 2.05 y 1.60 respectivamente, muestran una significación estadística alta entre ellos.

Tabla 13. Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para contenido de Materia orgánica en el suelo

Orden de merito	Tratamientos	Promedio de Materia Orgánica en el suelo (%)	Agrupamiento Duncan
1	T4	2.97	A
2	T3	2.42	B
3	T2	2.05	C
4	T1	1.60	D

Los resultados se pueden comparar con los obtenidos por Fontana, (2018) quien realizó la evaluación sobre la utilización de leguminosas como abono verde sobre la fertilidad del suelo. Sus resultados indican que existieron incrementos mínimos incrementos de Materia orgánica. Así también Romero. & Ruiz, (2001) encontraron para un sitio experimental similar un incremento en la MO luego de la incorporación de *Melilotus albus* como abono verde durante 4 años seguidos con respecto al tratamiento testigo.

Ambos resultados respaldan los nuestros, a pesar de que en nuestro experimento no se utilizó la leguminosa como abono verde, sino como cultivo asociado, si bien los incrementos no son altos, estos se deben a que los niveles de Materia Orgánica tienden a incrementar de forma lenta, esto por acción de algunos macro organismos (lombrices) estos podrían mostrarse recién a partir de los 4 años trabajando sobre la misma área.

4.2. EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA COBERTURA DE LA PLANTA DE VICIA SOBRE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA DEL SUELO

4.2.1. HUMEDAD GRAVIMÉTRICA DEL SUELO

En la tabla 14 se observa el análisis de varianza para la humedad gravimétrica del suelo, al comparar $F_c = 3.95 > F_t = 6.59$, entonces se puede decir que no existe diferencias estadísticas significativas.

El coeficiente de variabilidad es de 15.52 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables.

Tabla 14. Análisis de Varianza para humedad gravimétrica del suelo

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Pr>F
tratamientos	32.30	3	10.77	3.95*	0.1089
Error	10.91	4	2.73		
Total	43.21	7			
Correcto					

$$C.V = 15.52 \% \quad \bar{X} = 10.65$$

En la tabla 15 se observa la prueba Duncan para los promedios de la humedad gravimétrica del suelo, en donde los tratamientos T4 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla y vicia) y T3 (Cañihua variedad Cupi + Vicia) ocupan los dos primeros lugares con promedios de 13.42 y 11.68 % respectivamente, no muestran significación estadística entre ellos; mientras que los tratamientos T2 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla) y T1 (Cañihua Variedad Cupi) con promedios de 9.00 y 8.48 respectivamente, no muestran significación estadística entre ellos. Sin embargo, el T4 supera estadísticamente al T1 el cual ocupa el último lugar; esto debido a la cobertura del suelo que ofrece el cultivo de Vicia.

Tabla 15. Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para la humedad gravimétrica del suelo

Orden de merito	Tratamientos	Promedio de Humedad Gravimétrica (%)	Agrupamiento Duncan
1	T4	13.42	A
2	T3	11.68	A B
3	T2	9.00	A B
4	T1	8.48	B

La figura 14, nos muestra que el tratamiento T4 Cañihua Variedad Cupi + guano de isla y vicia) mantiene los porcentajes de humedad siempre con valores altos, seguido por el tratamiento T3. (Cañihua variedad Cupi + Vicia) y finalmente el T2 y T1. Esto reafirma que, en la asociación de los cultivos de cañihua y Vicia, existe una retención de agua en el suelo, lo cual favorece al desarrollo de la planta, además existe una disminución

de humedad en la última evaluación, esto debido a la ausencia de lluvias, y momento de madures fisiológica de la planta.

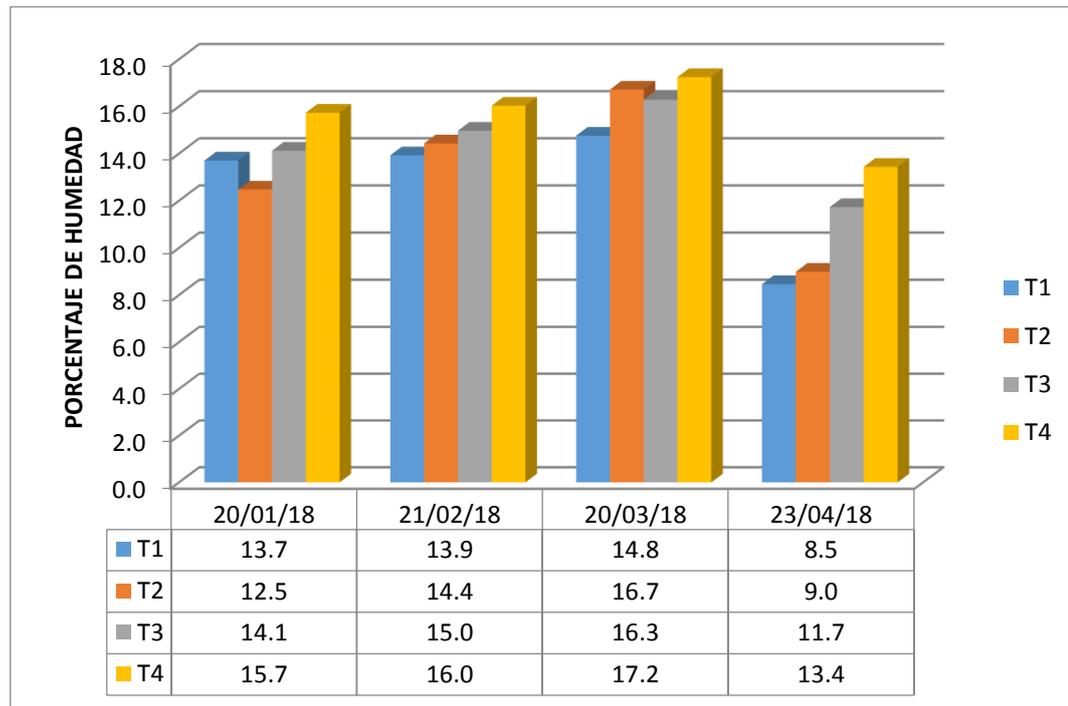


Figura 14. Evaluación de los porcentajes de humedad por cada fecha de muestreo

Al respecto, Parsons, (2004) Menciona que el efecto que tienen los cultivos de cobertura sobre la conservación de la humedad.

Los resultados obtenidos evidencian la importancia de la asociación de los pues la reducción de la evaporación del agua, promovida por la cobertura de la Vicia, mejora el almacenamiento de la humedad en el suelo y tiene una ventaja significativa, porque evita el stress del cultivo. También, esta reducción de la evaporación del agua desde el suelo, favorece la parte biológica del suelo, pues genera condiciones para la presencia de agentes productores de materia orgánica.

4.2.2. TEMPERATURA DEL SUELO

En la tabla 16 se observa el análisis de varianza para temperatura del suelo, al comparar $F_c = 0.10 > F_t = 4.06$, entonces se puede decir que no existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio.

El coeficiente de variabilidad es de 5.64 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables.

Tabla 16. Análisis de varianza para la temperatura del suelo

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Pr>F
tratamientos	0.33	3	0.11	0.10	0.9605
Error	9.33	8	1.17		
Total	9.67	11			
Correcto					

$$C.V = 15.52 \% \quad \bar{X} = 19.17$$

Los datos Mostrados muestran una diferencia en cuanto a lo mencionado por Chunhuay, (2017) quien, al trabajar con Maíz, obtiene una menor temperatura al trabajar con cultivo asociado, justifica sus datos con el hecho de que los cultivos de cobertura reducen la temperatura del suelo y la trasmisión de la luz a la superficie del suelo, lo que reduce la emergencia de malezas.

Algo a mencionar con respecto a esto es que, al existir un cultivo de cobertura, estos tienden a mantener una temperatura estable en el suelo, lo cual favorece el desarrollo del cultivo.

4.2.3. CUANTIFICACIÓN DE MACRO ORGANISMOS

La figura 15 nos muestra que la cantidad de macro organismos (lombrices, carábidos, etc.) fue incrementando, por cada evaluación realizada, la máxima diferencia se ve en la última evaluación, en donde el T4, obtuvo 13 macro organismos por el área de evaluación, seguido por el tratamiento 3, con 11 y al final los tratamientos T2, T1 los cuales obtuvieron 8 y 7 respectivamente. Los datos nos muestran que, si bien no existe una amplia diferencia en la cantidad de macro organismos en las 3 primeras evaluaciones, esto se debe a los niveles de desarrollo de la planta.

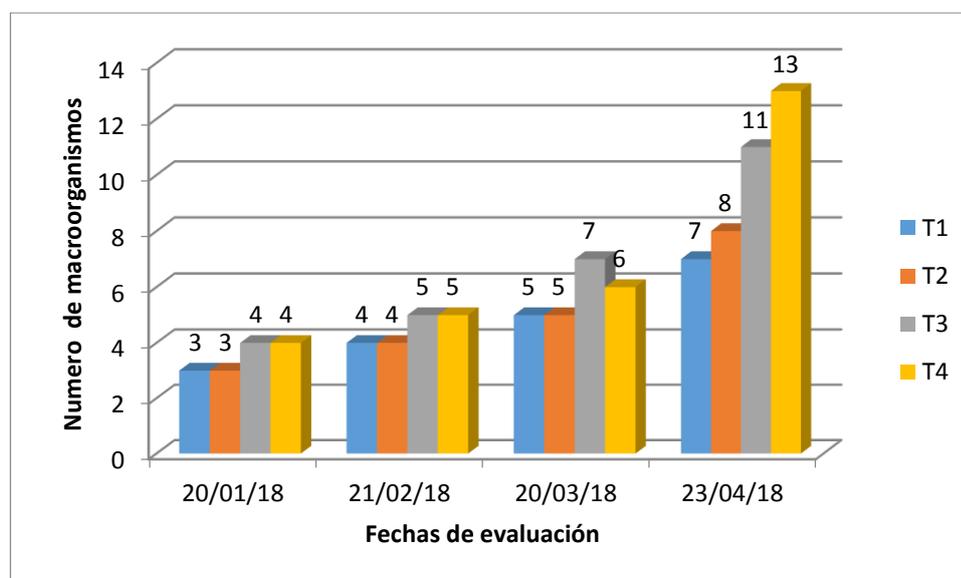


Figura 15. Cantidad de macroorganismos en suelo por cada tratamiento

Los resultados mostrados tienen respaldo por lo mencionado por Bonilla et al, (2002) quien menciona que los organismos que habitan el suelo desempeñan papel importante ya que contribuyen al mejoramiento de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Su presencia o ausencia sirve como indicador de la calidad y salud del suelo estos forman una comunidad organizada compuesta por productores, consumidores, depredadores y descomponedores de la materia orgánica. El crecimiento, la duración del ciclo de vida y la actividad que desarrollan estos organismos dependen del tipo de suelo, del alimento existente (materia orgánica) y de las condiciones climáticas.

Además, se puede mencionar que, debido a la cobertura de suelo, ofrecida por la Vicia es que favorecen el desarrollo de tales organismos en el suelo.

4.2.4. ALTURA DE PLANTA

En la tabla 17 se observa el análisis de varianza para la altura de planta del cultivo de Cañihua, los datos nos indican que existen diferencias estadísticas altamente significativas en cuanto a la altura de plantas de Cañihua.

El coeficiente de variabilidad es de 2.99 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables.

Tabla 17. Análisis de varianza para altura de planta de Cañihua

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Pr>F
tratamientos	12.33	3	4.11	4.93**	0.0316

Error	6.67	8	0.83		
Total	19.00	11			
Correcto					

$C.V = 2.99 \% \quad \bar{X} = 30.5$

En la tabla 18 se observa la prueba de Duncan para los resultados de altura de planta de Cañihua, estos nos indican que el T4 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla y vicia) ocupa el primer lugar con una altura promedio de 31.67 cm. Seguido del tratamiento T3 T3 (Cañihua variedad Cupi + Vicia) con 31.33 cm y el tratamiento T1 con 29.67 cm. En último lugar se encuentra el tratamiento T2 con 29.33 cm. Las razones de estas diferencias entre los dos primero y dos últimos pudieron deberse a la cobertura del suelo que ofrece la Vicia, razón por la que las plantas obtienen un mejor desarrollo.

Debido a la diferencia en cada uno de los tratamientos es que existe significancia entre los tratamientos T4, y los T2, T1.

Tabla 18. Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para altura de planta de cañihua

Orden de merito	Tratamientos	Promedio de Altura de plantas de cañihua (cm)	Agrupamiento Duncan
1	T4	31.67	A
2	T3	31.33	A B
3	T1	29.67	B C
4	T2	29.33	C

Los resultados mostrados tienen cierta similitud con lo reportado por ARONI, (2016); quien trabajó con variedades de avena asociadas con vicia (*Vicia sativa* Linneo) ($P < 0.05$), respecto al parámetro de altura de planta, obtuvo muy buenos resultados tanto en avena como en vicia;

Estos resultados se pudieron mejorar si se tomaba más en cuenta el periodo de desarrollo de la Vicia, para así poder incrementar todos los beneficios que nos ofrece. Otro de los factores que favoreció el buen desarrollo de la planta fue que se realizaron las actividades culturales a tiempo y bien trabajadas.

4.3. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CAÑIHUA Y MATERIA SECA DE LA VICIA

4.3.1. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CAÑIHUA

En la tabla 19 se observa el análisis de varianza para el rendimiento del cultivo de cañihua, los datos nos indican que existen diferencias estadísticas significativas en cuanto al rendimiento del grano de Cañihua. Estos datos se deben a los buenos resultados que en cuanto los otros factores de estudio que se mostraron más arriba.

El coeficiente de variabilidad es de 7.26 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables.

Tabla 19. Análisis de varianza para rendimiento de grano de cañihua

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Pr>F
tratamientos	12.07	3	4.02	21.49*	0.0003
Error	1.50	8	0.19		
Total	13.57	11			
Correcto					

$$C.V = 7.26 \% \quad \bar{X} = 98.92$$

En la tabla 20 se observa la prueba de Duncan para los resultados de rendimiento de Grano de Cañihua, estos nos muestran que el T4 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla y vicia) ocupa el primer lugar con un rendimiento de 1692.5 Kg/ha, Seguido del T3 (Cañihua variedad Cupi + Vicia) el cual tiene 1475.0 Kg/ha; en último lugar se ubica el T1 (Cañihua Variedad Cupi) el cual posee 1055.0 Kg/ha de grano de Cañihua. Debido a la diferencia en cada uno de los tratamientos es que existe significancia entre los T4, T3 y los T2, T1.

Tabla 20. Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para rendimiento de grano de cañihua

Orden de merito	Tratamientos	Promedio de rendimiento del cultivo (Kg/Ha)	Agrupamiento Duncan
1	T4	1692.5	A
2	T3	1475.0	A
3	T2	1187.5	B
4	T1	1055.0	B

Según los resultados Reportados por Chunhuay, (2017) el cual trabajo con el cultivo de maiz asociado con trebol y guano de Islas, muestra que los mejores resultados en rendimiento se obtuvieron con los tratamientos en los cuales se asocio los tres factores. Estos resultados tienen una similitud con la investigación actual, endonde tambien se obtuvieron mejores rendimientos al asociar la Vicia y el Guano de islas. Los rendimientos logrados en este trabajo fueron superiores al promedio nacional, el cual es muy bajo debido al tipo de tecnología utilizada para su producción.

4.3.2. MATERIA SECA DE LA VICIA

La Figura 16 nos muestra que en cuanto al contenido de materia seca de las plantas de Vicia en primer lugar se encuentra el tratamiento T4 con un 22.77 % de materia seca seguido por el T3 el cual posee 21.71 %.

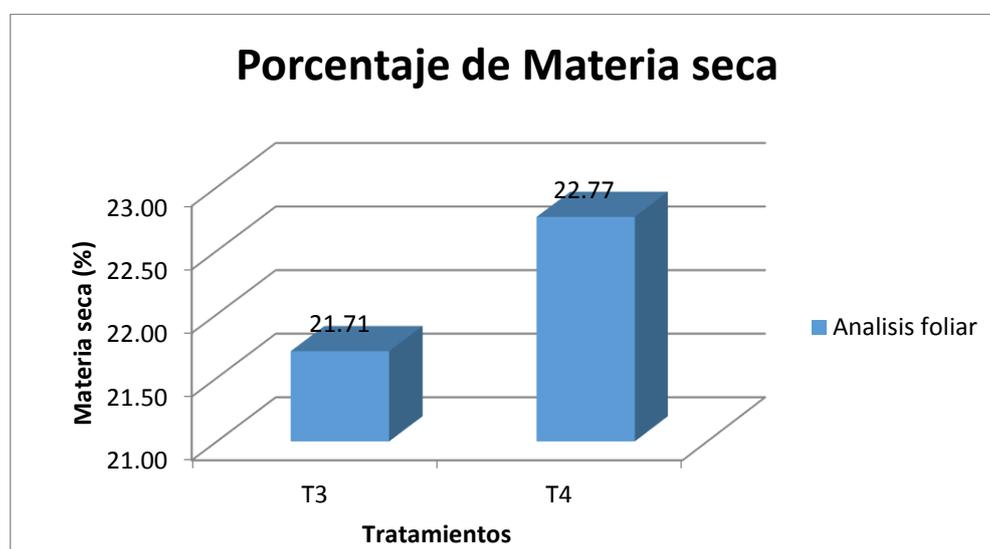


Figura 16. Contenido de materia seca foliar en los tratamientos con Vicia.

los datos tienen cierto grado de similitud con los presentados por Aroni, (2016) quien realizó un estudio realizado en Huancavelica, Perú en donde asoció 3 variedades de avena con Vicia (*Vicia sativa* Linneo) en una proporción 60:40, al momento de la cosecha (120 días), se ha observado una diferencia en el estado fenológico de las especies, la avena se encontró a inicios de encañado y la vicia ya presentaba algunos botones florales, lo que significa que las condiciones climáticas de las zonas alto andinas hacen que la avena retarde su crecimiento y desarrollo normal, mientras que la vicia a pesar de no haber alcanzado una altura de planta adecuada acelera su desarrollo vegetativo. Los porcentajes de materia seca obtenidos oscilan entre los 19.04 y 20.61 % en avena y en vicia respectivamente, debido a los estados fenológicos en que se encontraban cada una.

V. CONCLUSIONES

1. El mayor aporte de Macro nutrientes, y materia orgánica (Tabla 6) en el cultivo de Cañihua asociado con Vicia fueron los tratamientos T4 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla y vicia) Y T3 (Cañihua variedad Cupi + Vicia), los cuales evidencian la importancia de la asociación de cultivos, la incorporación de abonos orgánicos (Guano de islas) así como de un correcto manejo agronómico. Los mejores resultados se obtuvieron en donde se aplicaron el guano de islas y la asociación con vicia (T4).
2. En los resultados de humedad, temperatura y cuantificación de macro organismos y altura de plantas, todos están relacionados entre sí, debido a que a un buen contenido de humedad en el suelo existe una mejor temperatura del suelo lo que favorece al desarrollo de macro organismos, favoreciendo el desarrollo del cultivo. Los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento T4 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla y Vicia) el cual obtuvo un 13.42 % de Humedad, 19.33 °C de temperatura y 13 macro organismos, pues al existir una cobertura en el suelo, se favorece a mejorar el contenido de humedad, mantener una temperatura estable y favorecer la vida en el suelo.
3. En cuanto al rendimiento del cultivo, el primer lugar lo ocupa el T4 (Cañihua Variedad Cupi + guano de isla y Vicia) con un promedio de 1692 Kg/ ha, el cual es considerado como un rendimiento alto, esté resultado reafirma la importancia de un buen manejo del cultivo y del suelo. y en la materia seca el primer lo ocupa el T4 con 22.7 % de Materia Seca, razón para mencionar la importancia de la incorporación de enmiendas orgánicas en el suelo.

VI. RECOMENDACIONES

- a) Realizar más repeticiones de la siembra de cultivos asociados con la vicia, pues está comprobado de que favorece en distintos aspectos al suelo, como en el contenido de Macronutrientes, Humedad gravimétrica, contenido de macro organismos, temperatura; como a la planta, en su correcto desarrollo.
- b) Realizar nuevos experimentos, tomando en cuenta la utilización de una misma área de evaluación, durante por lo menos 3 campañas agrícolas, esto puede incrementar aún más los beneficios obtenidos hasta el momento.
- c) Tener en cuenta el desarrollo vegetativo de la Vicia, para así poder incrementar el desarrollo en cuanto a materia seca de esta planta. Pues si se hubiese sembrado al mismo tiempo que la cañihua esta hubiese tenido un mejor desarrollo vegetativo, teniendo así un mayor impacto en el experimento.
- d) Tomar más en cuenta la asociación de cultivos para así poder incrementar la producción, de una forma ecológica, y orgánica evitando la problemática actual en cuanto a la alimentación mundial.

VII. REFERENCIAS

- Agrorural. (2008). *guano de las islas "mejorando tu suelo, mejoras tu cosecha"*. lima: dirección de operaciones sub dirección de insumos y abonos.
- Antony, a. K. (1995). *Cultivo de Leguminosas Para Forraje y Semillas*. Moscú.: Edit. La Espiga.
- Apaza, M. V. (2010). *Manejo y mejoramiento de kañiwa*. Puno - Perú: Convenio INIA, CIRNMA / IFAD - NUS II Bioiversity International.
- Aroni, Q. Y. (2016). *·Efecto De Tres Variedades De Avena Forrajera Asociadas Con Vicia Sativa Sobre Parámetros Productivos Y Químicos En Dos Tipos De Siembra"*. Huancavelica - Peru .
- Bienes, R. (2001). *Utilización de leguminosas arbustivas silvestres en la recuperación: el problema de la degradacion de suelos*. MADRID -ESPAÑA: Instituto Madrileño de Investigacion y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario.
- Bonilla, C. C., & Rosa, C. (2002). *El suelo: los organismos que lo habitan*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural·Pronatta.
- Carvajal, R. R. (1997). *Propiedades Fisicas Quimicas y Biologicas de los suelos*. Santafé de Bogotá - Colombia: convenio FENALCE - SENA - SAC.
- Castellanos, J. Z. (2000). *Manual de Intepretacion de analisis de suelos*. Mexico: Ed. INTAGRI Gto.
- Chilón, E. (2014). *Manual de fertilidad de suelo y nutrición de planta. 2da Ed*. Bolivia: Editorial CIDAT. La Paz-Bolivia. pp. 140-142.
- Chunhuay ruiz, y. (2017). *"Evaluación del rendimiento del maíz amiláceo mediante la aplicación del guano de islas y trébol asociado al maíz en allpas-acobamba"*. Acobamba - Huancavelica.
- Direccion Regional Agraria , P. (2012). *Variabilidad Genética de Cañihua en las Provincias de Puno*. Puno - Perú: Editora DISKCOPY S.A.C.
- Duggan, M. T. (2008). *¿Qué es la Fertilidad del Suelo?: Fertilidad Física, Química y Biológica*. España: Fundación para el Conocimiento Madrid.
- Eyhorn, F. (2000). *Manual de Capacitación en Agricultura Orgánica para los Trópicos*. Alemania: IFOAM. International Federation of Organic Agriculture Movements.
- FAO. (2014). *Características de la Cañihua*. Cultivos Andinos – FAO.
- FAO. (2016). *Materia Orgánica y Actividad Biológica. Conservación de los recursos naturales para la agricultura sostenible*. 28.
- Fontana, Laura, M. (2018). *Efecto de la utilización de leguminosas anuales como abono verde sobre las condiciones del suelo y la productividad de cultivos subsiguientes*. Cordoba.
- Francis, C. (1990). *Potential of multiple cropping systems*. Boston: M.A. Altieri and S.B. Hecht (eds.). Agroecology and Small Farm Development. CRC Pres Boca Raton.
- García, L. A., & Quinke, A. (2012). *El Potasio (K) en la Producción de Cultivos de Invierno*. Argentina.: Serie Actividad de Difusion No. 677. INIA. .

- Grace, B. (1985). *El Clima del Altiplano*. Puno - Perú: Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional Convenio Perú-Canadá, Proyecto Colza-Cereales. Departamento de Agrometeorología. 183p.
- Guryenev, m. n. (1995). *Fundamentos de Agrotecnia*. Moscú: Edit. La Espiga.
- Hart, R. D. (2003). *Bean, Corn Mono and Policulture Cropping Systems*. Turrialba: The Effect of Interspecific Competition on Crop Yield.
- Intagri. (2018). *Disponibilidad de Nutrientes y el pH del Suelo. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 113*. México: Artículos Técnicos de INTAGRI.
- Jaramillo J., D. F. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín - Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Lacasta, C., Nicolás, M., & Ramón, M. (2003). *El Abono Verde, Un Manejo Controvertido En Los Cultivos Herbáceos De Secano*. España: Revista: "La Fertilidad de la Tierra" nº 14.
- Lal, R. (2008). *Carbon sequestration*. Estados Unidos: Phil. Trans. R. Soc. B,.
- Lescano, R. J. (1976). *Cariotipo de la cañahua (Chenopodium pallidicaule Aellen) en convención Internacional de quenopodiáceas, Quinoa – Cañahua, IICA zona Andina*. Potosí, Bolivia.
- Montenegro, H. y. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Mujica, n., Dupeyrat, R., & Jacobsen, S. (2002). *La Cañahua en la nutrición humana del Perú*. Puno - Perú: bvcooperacion.
- Parsons, R. (2004). *Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas*. Nicaagua: Informaciones agronomicas del Cono sur, IPNI.
- Peña, T. (2016). *Materia orgánica y humus del suelo: todo sobre la alquimia del 1902 suelo*. España.
- Petroquímica de Venezuela, S. (2016). *Fertilidad Química Del Suelo Y Nutrición Mineral De Las Plantas*. Venezuela: PEQUIVEN.
- Pintado, M. (2016). *Agricultura familiar y situación alimentaria en Puno*. Lima - Perú: Centro Peruano de Estudios Sociales (CEPES).
- Plaster, J. (2000). *La ciencia del suelo y su manejo*. España: Editorial Paraninfo.
- Rojas, J., & S. Mayta, S. M. (2016). *Nutrición y fertilidad de suelos*. Puno - Peru: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA, Estación Experimental Agraria Illpa- Puno, Programa Presupuestal 089: Reducción de la Degradación de Suelos Agrarios.
- Romero, A., & M., R. (2001). *Efectos de la alfalfa y del melilotus usados como forraje y abono verde, sobre la producción de pasturas y cultivos*. Argentina: Boletín de Divulgación Técnica INTA Anguil 7: 42-47.
- Salas, G. C. (2016). *Nutrición y Salud Vegetal*. España: Agropal S. L.
- Tapia, M. E., & Fries, A. M. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. LIMA, PERÚ: FAO y ANPE. .

- Tapia, Torres, J., Canahua, A., & Lino, E. (2010). *Catálogo de kañiwas de Provincia de Melgar – Puno, Variabilidad de la kañiwa*. Puno - Perú: DC., SETEM., CEPROCCA.
- Ten, G. (2002). *Producción de Forrajes*. Moscú: Edit. La Espiga.
- Vandermeer, J. (1990). *Agroecology*. New York, USA.: McGraw-Hill Publishing Company.
- Vavilov, P. (1979). *Fitotecnia*. Moscú: Edit. La Espiga.
- Velez V., L. D. (1999). *Dinámica y Funcionalidad del Cultivo de Frijol (Phaseolus vulgaris L.), en los Sistemas de Producción en los Predios. Memorias del Seminario “Desarrollo Tecnológico Para el Cultivo del Frijol”*. Medellín Colombia: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia.
- Zarate, R. (2006). *Especies Forrajeras en el Valle del Mantaro*. Perú: Estación Experimental Santa Ana. INIA-Huancayo.
- Zavaleta-Mejía, E. y. (1993). *Efecto de períodos de trasplante del cempazúchil (Tagetes erecta L.) y distanciamiento entre plantas en el manejo de algunos fitopatógenos en jitomate*. Zacatecas, México: Memorias del XX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Zacatecas.
- Zohary, D., & HOPF, M. (2000). *Domestication of Plants in the Old World*. Roma: Third edition (Oxford: University Press),.

ANEXOS

ANEXO 1. RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE SUELOS

1.1. Resultados de análisis de suelos antes de la siembra

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
LABORATORIO DE ANALISIS
ESTACION EXPERIMENTAL: AGRARIA ILLPA - PUNO
ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av. La Molina 1981 - La Molina Lima

Ministerio Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental ILLPA - PUNO

ANÁLISIS DE FERTILIDAD N° 306A3-2017

Nombre : RDSA PP089, Ludwin Cristian Olivera Tacora. Fecha de Recepción : 05 de Octubre del 2017.
 Dirección : Procedencia : CC, Comaviri.
 N° de Boletín : 0306A3. Fecha de Certificación : 12 de Octubre del 2017.

Cod. Lab.	COD. USUARIO	ANÁLISIS MECANICO					N %	P (ppm)	K (ppm)	Suelo: Agua		M.O. %	Al (mg/100 g)	CO ₂ Ca %
		Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura	pH				C.E. mhos/cm				
306A3	M01 Victoria Quispe Achata	37	17	46	F	0.03	6.00	280.00	6.14	0.104	1.08	0.00	0.00	

Referencias: Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences. E.U.A. Santa Barbara, Octubre 1988. 159p.
Conclusiones: La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.
Nota: Cualquier corrección y/o emendadura anula al presente documento. T= TRAZAS
Observaciones: (El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo)

Los resultados son aplicables a esta muestra.

INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Jorge Carhuja Rojas
Jefe Laboratorio de Análisis

www.inia.gob.pe
 Rinconada de Salcedo s/n
 Puno, Puno, Perú
 T: (051) 363-812

1.2. Resultados del analisis de suelos, despues de la cosecha.



MINISTERIO DE AGRICULTURA
 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGARARIA-INIA
 LABORATORIO DE ANALISIS
 ESTACION EXPERIMENTAL: AGRARIA ILLPA - PUNO
 ANEXO SALCEDO



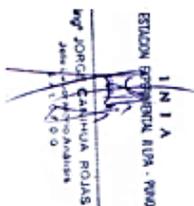
ANALISIS DE FERTILIDAD

Nombre : RDSA PP089 Ludwin Cristian Olivera Tacora
 Fecha de Recepcion : 21 de mayo del 2018.
 Direccion :
 Procedencia : CC. Cahuaña
 N° de Boleta : 0306A3
 Fecha de Certificación : 08 de junio del 2018.

Cod Lab.	COD. USUARIO	ANALISIS MECANICO				N %	P (ppm)	K (ppm)	Suelo: Agua 1:2.5		MO. %	M (mg/100 gr)	CO ₂ Ca %
		Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura				pH	CE (mmol/Lm)			
306N1	BIU-T4	36	26	38	F	0.14	14.96	312.78	6.75	0.076	2.95	0.00	0.00
306N2	BIU-T3	38	14	48	F	0.12	14.10	393.23	5.95	0.055	2.43	0.00	0.00
306N3	BIU-T2	40	18	42	F	0.10	12.33	390.98	5.88	0.047	2.01	0.00	0.00
306N4	BIU-T1	42	20	38	F	0.06	6.03	373.68	5.80	0.077	1.86	0.00	0.00
306N5	BIU-T4	38	20	42	F	0.14	16.08	393.23	6.09	0.052	2.97	0.00	0.00
306O1	BIU-T3	38	22	40	F	0.13	12.97	332.33	6.16	0.081	2.60	0.00	0.00
306O2	BIU-T2	36	18	46	F	0.09	12.47	334.58	6.01	0.052	2.15	0.00	0.00
306O3	BIU-T1	38	20	42	F	0.05	5.88	430.07	6.00	0.071	1.60	0.00	0.00
306O4	BI-T4	39	17	44	F	0.16	15.45	469.17	6.04	0.084	2.99	0.00	0.00
306O5	BI-T3	40	22	38	F	0.14	12.89	390.98	6.13	0.128	2.23	0.00	0.00
306P1	BI-T2	34	14	52	F	0.08	10.16	351.07	6.11	0.052	1.98	0.00	0.00
306P2	BI-T1	34	21	45	F	0.06	5.64	430.07	6.03	0.065	1.35	0.00	0.00

Referencias:
 Metodos de analisis de suelos, para verd verdes. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sección reimpresión, octubre 1988. 195p.
 Comentarios:
 La muestra analizada de SUELO CUAMPE con los resultados de documentos referidos.
 Nota:
 Cuestar conexión y/o empujante en la el presente documento. T-TRAZAS
 Observaciones: El informe solo aplica a la muestra sometida a ensayo!!

Los resultados son aplicables a estas muestras.



www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
 Puno, Puno, Perú
 T: (051) 363-812

1.3. Cuadro de interpretación de los análisis de suelos.



MINISTERIO DE AGRICULTURA
 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
 LABORATORIO DE ANALISIS
 ESTACION EXPERIMENTAL: AGRARIA ILLPA - PUNO
 ANEXO SALCEDO
 Of. Principal: Av La Molina 1981 - La Molina Lima



MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura: %de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 ó en el extracto de pasta de saturación(s)
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5
4. Calcio total (CaCO₃): método gaso-volumétrico utilizando un calcinómetro.
5. Materia orgánica: método Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio.
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃=0.5M, pH 8.5, Bray I, Bray II.
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃-COONH₄) N pH 7.0.
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃-COONH₄) N: pH 7.0. Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ cambiabiles; reemplazamiento con acetato de amonio (CH₃-COONH₄) N: pH 7.0 con 100ml de llama y/o absorción atómica Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ EDTA.
10. Ionometría de llama y/o absorción atómica Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ EDTA.
11. Al³⁺-ft: método de Yuan. Extracción con KCl, N.
12. Iones solubles: Ca²⁺, Mg²⁺ EDTA; Na⁺, K⁺ ionometría de llama y/o absorción atómica; Cl⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻ volumétrica y colorimétrica, SO₄ turbidimétrica con doruro de bario.
13. Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
14. Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad	CE(esp)	Clasificación	Nitrogeno		Materia Orgánica		Fósforo Disponible ppm P	Potasio Disponible ppm K	Relaciones Cationicas	
			%	%	%	%			K/Mg	Ca/Mg
Muy ligeramente salino	<2	Bajo	0 - 0.1	<2.0	<7.0	<100	Normal	0.2-0.3	5 a 9	
Ligeramente salino	2 a 4	Medio	0.1 - 0.2	2 a 4	7.0 a 14	100-240	Deficiente Mg	>0.5		
Moderadamente salino	4 a 8	Alto	>0.2	>4.0	>14	>240	Deficiente K	>0.2		
Fuertemente salino	>8						Deficiente Mg		>10	

Reaccion ó pH	pH	Clases Texturales						Distribucion de Cationes		
		A	AF	FA	Fr	FL	L	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
Fuertemente ácido	<5.5	A	AF	FA	Fr	FL	L	60.75	15.20	3.87
Moderadamente ácido	5.5-6.0	AF	FA	Fr	FL	L				
Ligeramente ácido	6.1-6.5	FA	Fr	FL	L					
Neutro	7.0	Fr	FL	L						
Ligeramente alcalino	7.1-7.8	FL	L							
Moderadamente alcalino	7.9-8.4	L								
Fuertemente alcalino	>8.5									

Equivalencias:
 1 ppm = 1 mg/kilogramo.
 1 mililitro (ml) = 1 decímetro cúbico.
 1 miligramo (mg) = 1 centímetro cúbico.
 Sales intercambiables (SIC) = 640 x CEfs.
 CE (1 : 2.5) (milimhos) x 2 = CE (fs) (milivoltios).
 T = Trazas; "F" = Floculo (excesiva presencia de sales, se sugiere realizar analisis de Salinidad, por extracto de saturación).

ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 Ing. JORGE DANIELA ROLAS
 Jefe Laboratorio Analítico
 www.inia.gob.pe
 T: (051) 363-812

ANEXO 2. PANEL FOTOGRAFICO

2.1. Plantas de Cañihua en la fase fenológica de emergencia



2.2. Siembra del cultivo de vicia



2.3. Delimitación de áreas para la evaluación de macro organismos



2.4. Conteo de macro organismos en las áreas de evaluación



2.5. Toma de muestra para la determinación de humedad



2.6. Muestreo realizado al pie de la planta de Cañihua



2.7. Cultivo asociado Cañihua + Vicia



2.8. Cosecha del cultivo de Cañihua



2.9 Semillas de Cañihua por tratamientos



2.10. Toma de muestras de suelo, para el análisis final

