



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA FERTILIDAD  
QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL SUELO EN CAÑIHUA**  
*(Chenopodium pallidicaule Aellen) MAÑAZO – PUNO.*

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**CAUNA OROCOLLO RUTH IRAIDES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO – PERÚ**

**2019**



## DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico principalmente a Dios, por ser mi inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres Aquilino Cauna Ticona y Lourdes Orocollo Toque por darme su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años; gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Es un orgullo y privilegio ser su hija, son los mejores padres por quienes tengo respeto y la consideración más grande.

A mis hermanas Yudith y Luz Clarita por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso y por estar conmigo en todo momento; gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y que de una u otra manera me acompañan en todos mis sueños y metas.



## AGRADECIMIENTOS

- Agradezco a mi director de tesis DSc. Ernesto Javier Chura Yupanqui y miembros de jurado: Ing. MSc. Daniel Canaza Mamani, Ing. Nora Virginia Mamani Arana e Ing. MSc. Julio Mayta Quispe quienes con su experiencia, conocimiento y motivación me orientaron en la investigación. A mis asesores Ing. Jorge Canihua Rojas e Ing. Selima Salcedo Mayta por su apoyo, enseñanzas, consejos y sobre todo amistad brindada en los momentos más difíciles.
- Agradezco a los todos docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica.
- A Edwin, un gran amigo a quien estimo tanto y a quien le debo su apoyo incondicional por facilitarme los caminos para seguir, sin pedir nada a cambio y sin dudar de mi capacidad.
- A mis amigos (as). Lizet, Betsy, Ronar, Marisol y Cristian que fueron con los que compartí experiencias y apoyo; dentro y fuera de las actividades del Laboratorio de análisis de aguas y suelos; también para Dayanna, Liliam, Nathy, Korina y aquellos que me acompañaron en las aulas en todo el proceso de mi formación académica.



## ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**INDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 12**

**ABSTRACT ..... 13**

### **CAPÍTULO I**

#### **INTRODUCCIÓN**

### **CAPÍTULO II**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA**

2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE KAÑIWA.....	15
2.1.1. Centro de Origen .....	15
2.1.2. Ubicación taxonómica.....	15
2.1.3. Descripción botánica .....	15
2.1.4. Tecnología de producción.....	16
2.1.5. Cosecha .....	17
2.1.6. Producción y rendimiento de grano .....	18
2.2. FERTILIDAD DEL SUELO Y SUS PARAMETROS .....	19
2.2.1. Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.....	19
2.3. TIPOS DEL MANEJO DE LA AGRICULTURA .....	28
2.3.1. Agricultura intensiva .....	28
2.3.2. Agricultura convencional.....	29
2.3.3. Agricultura ecológica .....	30
2.3.4. Ecoeficiencia en la agricultura .....	31
2.4. DEGRADACIÓN DE SUELOS .....	31
2.5. ABONOS ORGÁNICOS .....	33



2.5.1.	Estiércol de ovino .....	35
2.5.2.	Compost .....	35
2.5.3.	Guano de isla .....	37
2.6.	FERTILIZANTES QUÍMICOS.....	38
2.7.	CAUSAS DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA.....	38
2.8.	MACROORGANISMOS EN SUELOS AGRÍCOLAS .....	39
2.8.1.	¿Dónde viven? .....	39
2.8.2.	¿Que comen? .....	40
2.8.3.	Lombrices .....	40
2.8.4.	Otros organismos.....	42

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y METODOS**

3.1.	MEDIO EXPERIMENTAL .....	43
3.1.1.	Ubicación del campo experimental.....	43
3.1.2.	Análisis de suelo y fuentes de abonamiento.....	43
3.1.3.	Información meteorología .....	44
3.2.	MATERIALES .....	46
3.2.1.	Material vegetal.....	46
3.2.2.	Abonos .....	46
3.2.3.	Materiales de campo .....	47
3.3.	MÉTODOS: .....	47
3.3.2.	Factores en estudio.....	48
3.3.3.	Variables de respuesta .....	50
3.4.	CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO .....	50
3.4.1.	Muestreo del suelo .....	50
3.4.2.	Preparación del terreno .....	50
3.4.3.	Abonamiento .....	51
3.4.4.	Siembra .....	52
2.4.5.	Labores culturales .....	52
3.4.5.	Cosecha.....	52



3.5.	OBSERVACIONES REALIZADAS .....	53
3.5.1.	Análisis de semilla .....	53
3.5.1.	Emergencia .....	53
3.5.2.	Análisis de caracterización de suelos después de la cosecha .....	53
3.5.3.	Número de lombrices .....	54
3.5.4.	Rendimiento de grano .....	54

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA EMERGENCIA DE PLANTAS .....	57
4.2.	EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	57
4.2.1.	Efecto de los tratamientos sobre el potencial de hidrogeniones (pH) del suelo después de la cosecha .....	58
4.2.2.	Efecto de los tratamientos sobre la conductividad eléctrica mmhos/cm (CE) del suelo después de la cosecha. ....	59
4.2.3.	Efecto de los tratamientos sobre la capacidad de intercambio catiónico me/100gr (CIC) del suelo después de la cosecha.....	61
4.2.4.	Efecto de los tratamientos sobre la porosidad (%) del suelo después de la cosecha.....	62
4.2.5.	Efecto de los tratamientos sobre el contenido de materia orgánica (%) después de la cosecha .....	64
4.2.6.	Efecto de los tratamientos sobre el Nitrógeno total (N) del suelo después de la cosecha.....	65
4.2.7.	Efecto de los tratamientos sobre el Fósforo disponible (ppm) del suelo después de la cosecha. ....	66
4.2.8.	Efecto de los tratamientos sobre el potasio disponible (ppm) del suelo después de la cosecha .....	68
4.2.9.	Efecto de los tratamientos sobre el Sodio (Na) en el suelo después de la cosecha.....	69
4.3.	EVALUACIÓN DEL NÚMERO DE MACROORGANISMOS .....	71



4.3.1. Fechas en las que se evaluó el número de macroorganismos.....	71
4.3.2. Efecto en el número de lombrices evaluadas en cuatro fechas.....	71
4.4. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO KG/HA .....	76
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>85</b>

**AREA : Ciencias Agrícolas**

**TEMA: Manejo y conservación de recursos agua y suelo.**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 25 DE JULIO DEL 2019**



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
<b>Figura 1:</b> Triangulo textural .....	20
<b>Figura 2:</b> Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo “Diagrama de truog”	22
<b>Figura 3:</b> Precipitación pluvial mensual en mm Estación Mañazo, SENHAMI Puno	45
<b>Figura 4:</b> Temperatura máxima, mínima y media mensual en °C Estación Mañazo, SENHAMI Puno. ....	45
<b>Figura 5:</b> Emergencia de plantas de Kañiwa .....	57
<b>Figura 6.</b> Análisis de PH del suelo después de la cosecha. ....	58
<b>Figura 7.</b> Análisis de CE del suelo después de la cosecha. ....	59
<b>Figura 8.</b> Análisis de CIC del suelo después de la cosecha. ....	61
<b>Figura 9.</b> Análisis de porosidad del suelo después de la cosecha. ....	63
<b>Figura 10.</b> Materia orgánica del suelo de cada bloque con sus respectivos tratamientos analizada después de la cosecha. ....	64
<b>Figura 11.</b> Análisis de Nitrógeno total % del suelo después de la cosecha. ....	65
<b>Figura 12.</b> Análisis de Fosforo disponible del suelo después de la cosecha. ....	67
<b>Figura 13.</b> Análisis de potasio disponible (ppm) del suelo después de la cosecha. ..	68
<b>Figura 14:</b> Análisis de Sodio del suelo después de la cosecha.....	69
<b>Figura 15.</b> Numero de lombrices en el suelo evaluado en la primera fecha.....	72
<b>Figura 16.</b> Numero de lombrices en el suelo evaluado en la segunda fecha. ....	72
<b>Figura 17.</b> Numero de lombrices en el suelo evaluado en la tercera fecha. ....	72
<b>Figura 18.</b> Numero de lombrices en el suelo evaluado en la cuarta fecha. ....	72
<b>Figura 19.</b> Evaluación de rendimiento de grano después de la cosecha. ....	76





## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pag.</b>
<b>Tabla 1:</b> Rendimiento de kañiwa en la región de Puno; 2007-2012 .....	19
<b>Tabla 2:</b> Distribución de diferentes niveles de porosidad en suelos de tres clases texturales. ....	21
<b>Tabla 3:</b> Clasificación de CE mmhos/cm del suelo .....	23
<b>Tabla 4:</b> Clasificación de Fósforo disponible (ppm) en el suelo.....	25
<b>Tabla 5:</b> Clasificación de Potasio disponible (ppm) .....	26
<b>Tabla 6:</b> Clasificación del contenido de materia orgánica (%). ....	28
<b>Tabla 7:</b> Prácticas comunes y sus consecuencias en la agricultura convencional .....	29
<b>Tabla 8:</b> Análisis de fertilidad inicial del campo experimental.....	43
<b>Tabla 9:</b> Datos meteorológicos mensuales Mañazo – Cahualla 2018 – 2019. ....	44
<b>Tabla 10:</b> Análisis de fertilidad de abonos utilizados en el experimento. ....	46
<b>Tabla 11:</b> Análisis de varianza (ANOVA) para un DBCA .....	48
<b>Tabla 12:</b> Fuente y dosis de aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos .....	50
<b>Tabla 13:</b> Análisis de suelos antes de la siembra y después de la cosecha. ....	56
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza para el pH en cada tratamiento. ....	59
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza para el CE en cada tratamiento. ....	60
<b>Tabla 16.</b> Prueba TUKEY ( $P \leq 0.05$ ) para el CE en cada tratamiento.....	61
<b>Tabla 17.</b> Análisis de varianza para CIC en cada tratamiento.....	62
<b>Tabla 18.</b> Análisis de varianza para la porosidad en cada tratamiento. ....	64
<b>Tabla 19.</b> Análisis de varianza para la materia orgánica en cada tratamiento.....	65
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza para nitrógeno total en cada tratamiento. ....	66
<b>Tabla 21.</b> Análisis de varianza para el fósforo en cada tratamiento.....	68
<b>Tabla 22.</b> Análisis de varianza para potasio disponible en cada tratamiento .....	69
<b>Tabla 23.</b> Análisis de varianza para sodio en cada tratamiento.....	70
<b>Tabla 24:</b> Análisis de varianza para el número de lombrices por metro cuadrado en la primera fecha.....	73
<b>Tabla 25.</b> Análisis de varianza para el número de lombrices por metro cuadrado en la segunda fecha. ....	73



<b>Tabla 26:</b> Prueba TUKEY ( $P \leq 0.05$ ) para el número de lombrices por metro cuadrado en la segunda fecha .....	74
<b>Tabla 27.</b> Análisis de varianza para el número de lombrices por metro cuadrado en la tercera fecha. ....	74
<b>Tabla 28:</b> Análisis de varianza para el número de lombrices por metro cuadrado en la cuarta fecha.....	75
<b>Tabla 29:</b> Prueba TUKEY ( $P \leq 0.05$ ) para el número de lombrices por metro cuadrado en la cuarta fecha.....	75
<b>Tabla 30:</b> Análisis de varianza para rendimiento en cada tratamiento. ....	77
<b>Tabla 31.</b> Prueba TUKEY ( $P \leq 0.05$ ) para rendimiento en cada tratamiento. ....	77



## INDICE DE ACRÓNIMOS

<b>DBCA</b>	: Diseño en bloques completamente al azar
<b>pH</b>	: Potencial de hidrogeniones
<b>CE</b>	: Conductividad eléctrica
<b>Ppm</b>	: Partes por millón
<b>MO</b>	: Materia orgánica
<b>N</b>	: Nitrógeno
<b>P</b>	: Fósforo
<b>K</b>	: Potasio
<b>Na</b>	: Sodio
<b>CIC</b>	: Capacidad de Intercambio Catiónico
<b>Far</b>	: Franco arcilloso
<b>Kg/Ha</b>	: Kilogramos por hectárea
<b>ANOVA</b>	: Análisis de varianza
<b>FV</b>	: Fuente de variación
<b>Fc</b>	: F calculada
<b>GL</b>	: Grados de libertad
<b>CM</b>	: Cuadrados medios
<b>CV</b>	: Coeficiente de variación
<b>SC</b>	: Suma de cuadrados
<b>°C</b>	: Grados centígrados



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con motivo de dar a conocer una alternativa de abonamiento a comparación de los fertilizantes químicos para satisfacer las necesidades del cultivo e impedir la erosión de suelos. La investigación se llevó a cabo en el sector de Cahualla distrito Mañazo – Puno, durante la campaña agrícola 2017 – 2018 a una altura de 3 943 metros sobre el nivel del mar; teniendo por objetivos: a) Analizar el mejoramiento de suelos mediante un análisis de caracterización, b) Determinar la cantidad de macroorganismos (lombrices) en el suelo y c) Determinar el rendimiento de grano del cultivo de Cañihua. Para la determinación de macronutrientes se tomaron muestras de suelo antes y después de la siembra, en la evaluación de la influencia de los abonos sobre la planta se realizaron las evaluaciones respectivas, las cuales se efectuaron de acuerdo a las variables de estudio. El rendimiento de la Cañihua se evaluó al finalizar la campaña. El experimento se realizó bajo la conducción del diseño experimental en bloques completamente al azar (DBCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos en estudio fueron: T1= (Estiercol de Ovino), T2 (Compost), T3 (Guano de isla) Y T4 (Fertilizantes químicos). Con los resultados obtenidos e interpretación de los mismos se concluye que en el análisis de caracterización, el pH Y la CE fueron mayores en el suelo tratado con urea (T4) en comparación a suelos tratados con abonos orgánicos. Por otro lado; con los macronutrientes el mayor aporte de Nitrógeno total se observó en el suelo tratado con compost, en Fósforo disponible en el suelo tratado con Estiércol de ovino (T1) y en Potasio disponible en el suelo tratado con Guano de isla (T3), en el suelo tratado con urea (T4) se observaron menores cantidades de N, P, K. Analizando la cantidad de lombrices en el suelo/m<sup>2</sup> evaluadas en cuatro fechas, el suelo tratado con Compost (T2) y Estiércol (T1) tuvieron mayor número de lombrices con respecto a los demás suelos tratados (Guano de isla T3 y Urea T4). En cuanto a los rendimientos de granos se observaron diferencias significativas; observándose el mayor rendimiento con el tratamiento T2 (Compost) con 2511.7 Kg/ ha, siendo el tratamiento T4 el menor con 1498.9 kg/ha.

**Palabras Clave:** Enmiendas orgánicas, fertilizantes químicos, suelos degradados, macro organismos.



## ABSTRACT

The present research was carried out in order to present an alternative to chemical fertilizers in order to satisfy the needs of the crop and prevent soil erosion. The investigation was carried out in the sector of Cahualla district Mañazo - Puno during the agricultural season 2017 - 2018 at an altitude of 3 943 meters above sea level; having as objective a) To analyze the improvement of soils through a characterization analysis, b) To determine the amount of macroorganisms (worms) in the soil and c) To determine the grain yield of the Cañihua crop. For the determination of macronutrients, soil samples were taken before and after sowing, and the respective evaluations of the influence of fertilizers on the plant were carried out according to the study variables. The performance of the Cañihua was evaluated at the end of the campaign. The experiment was conducted under the completely randomized block experimental design (DBCA) with 4 treatments and 3 replicates. The treatments under study were: T1= (Sheep manure), T2 (Compost), T3 (Island guano) AND T4 (Chemical fertilizers). The results obtained and their interpretation conclude that in the characterization analysis, the pH AND EC were higher in the urea-treated soil (T4) compared to the soil treated with organic fertilizers. On the other hand, in macronutrients the highest contribution of total N was observed in the soil treated with compost, in Phosphorus available in the soil treated with sheep manure (T1) and in Potassium available in the soil treated with island guano (T3), in the soil treated with urea (T4) lower amounts of N, P, K were observed.  $m^2$  evaluated on four dates, the soil treated with Compost (T2) and Manure (T1) had a higher number of worms than the other treated soils (Guano from island T3 and Urea T4). Significant differences were observed in grain yields, with the highest yield being achieved with the T2 (Compost) treatment at 2511.7 kg/ha, with the T4 treatment being the lowest, at 1498.9 kg/ha.

**Keywords:** Organic amendments, chemical fertilizers, degraded soils, macroorganisms



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia la humanidad siempre ha dependido de la naturaleza para sobrevivir, es así que los recursos naturales han sido explotados para satisfacer las necesidades de los seres humanos. Sin embargo, en la actualidad existe una explotación desmesurada por el factor antrópico que condujo al desarrollo de tecnologías de laboreo que han acelerado el proceso de erosión, acidificación, salinización y compactación del suelo; entre otros procesos de degradación unido a las condiciones edafoclimáticas que actúan en áreas propensas a degradación y evolución hacia la aridez.

Cuando los procesos de degradación ocurren sin que el hombre interfiera generalmente estos se producen a una velocidad que está en equilibrio con la velocidad de restauración natural; sin embargo, la degradación acelerada de la tierra se produce comúnmente como resultado de la intervención humana en el medio ambiente y las causas principales reconocidas de la degradación de suelos son: la sobreexplotación de suelos agrícolas, inundación y salinización de suelos de regadío, pastoreo excesivo y otros. (Stocking y Murnaghan, 2003)

Tras el desarrollo del proceso de degradación de los suelos agrícolas se puede controlar con una agricultura ecológica siendo un sistema de producción que utiliza técnicas respetuosas con el medio ambiente sin la utilización de productos químicos ayudando a corregir las deficiencias que la agricultura intensiva provoca: contaminación de suelos, disminución progresiva de los nutrientes del suelo, erosión, aumento de la resistencia de plagas y enfermedades de los cultivos y pérdida de diversidad genética. (García, Pérez y Fagoaga, 2005).

Ante este problema se desarrolló el presente estudio de investigación con el propósito de contribuir técnica y científicamente una adecuada gestión ecoeficiente y con sostenibilidad en el manejo de suelos para proteger nuestra biodiversidad, atenuar y minimizar la contaminación global.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE KAÑIWA

##### 2.1.1. Centro de Origen

Mujica y Chura (2012) y Estaña y Muñoz (2012), manifiestan que la kañiwa se considera originaria de los andes del sur Perú y norte de Bolivia, puesto que está relacionada con la cultura Tiawanaco desarrollada en el altiplano peruano-boliviano.

##### 2.1.2. Ubicación taxonómica

Reino : Vegetal

División : Angiospermophyta

Clase : Dicotyledoneae

Sub clase : Archichlamydeae

Orden : Centrospermales

Familia : Chenopodiaceae

Género : Chenopodium

Especie : *Chenopodium pallidicaule* Aellen

Nombre común: Kañiwa, Cañihua

##### 2.1.3. Descripción botánica

Mujica y Chura (2012), indican que la kañiwa es una planta anual xerofita erguida o muy ramificada de una altura de 25 – 70 cm. Tanto los tallos en su parte superior, como las hojas y las inflorescencias están cubiertos de vesículas blancas o rosadas que son los cristales de oxalato de calcio.

La raíz según Apaza (2010), manifiesta que es pivotante, relativamente profunda de 13 a 16 cm, con escasa ramificación principal, numerosas raicillas laterales y que estas varían del color blanco cremoso al rosado pálido



El tallo, según Mujica y Chura (2012), varían de forma y colores de la planta siguiendo un patrón muy semejante al de la quinua. El crecimiento de la planta puede presentarse erguida (saiwa), o muy ramificada desde la base (lasta) y rastrera (pampa lasta); su coloración del tallo y follaje varia de amarillo, verde, anaranjado, rosado, rojo o purpura; el color de las vesículas podría presentar blanco o rosado,

Las hojas alternas presentan peciolo cortos y finos, laminas engrosadas de forma romboide, cubiertas de vesículas, miden 1 a 3 cm de largo. En la parte superior se divide en tres lóbulos. Las hojas presentan tres nervaduras bien marcadas en el envés, que se unen después de la inserción del peciolo, cerca al ápice, el peciolo es casi descubierto estas protegen a la inflorescencia. (Mujica y Chura, 2012)

Las inflorescencias son inconspicuas, cimas terminales y axilares, cubiertas por el follaje. Las flores pequeñas, sin pétalos de tres tipos hermafroditas, pistoladas y androesteriles: androceoformado por 1-3 estambres, gineceo con ovario supero unilocular. (Mujica y Chura, 2012).

El fruto es un aquenio más pequeño que el de la quinua y está cubierto por el perigonio generalmente de color gris. La semilla es de forma lenticular de 0.5 – 1 mm. de diámetro y de color castaño o negro (Mujica y Chura, 2012).

#### **2.1.4. Tecnología de producción**

- Preparación del terreno

Mujica y Chura (2012), manifiestan que el cultivo de la Kañiwa ha recibido poca atención en cuanto a estudio de labores culturales, ellos consideran que dicho cultivo se desarrolla mucho mejor en suelos franco o francos arcillosos con buen drenaje e indican que una buena aradura, desterronado, nivelación y compactación.

- Fertilización y abonamiento

Apaza (2010), manifiesta que generalmente los campesinos no abonan dicho cultivo y no disponen de normas de abonamiento comprobadas; sin embargo, en experiencias del Programa Nacional de Cultivos Andinos del INIA – Puno. El abono es aplicado manualmente al fondo del surco antes de la siembra y que responde a una fórmula de abonamiento: 40 kg de N, 20 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha.

- Requerimientos climáticos del cultivo.





El Altiplano de la Región Puno se ubica a altitudes mayores a los 3800 m s.n.m., 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 en 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).

- Siembra y densidad de semilla

Apaza (2010), señala que el cultivo se efectúa exclusivamente en condiciones de secano, para la siembra en surcos se requiere 8 kg de semilla por hectárea, se siembra a chorro continuo en surcos distanciados a 0.50 m. sin embargo (Mujica y Chura, 2012) indican que la densidad de semilla es de 5 a 8 kg/ha al sembrar en surcos.

- Época de siembra

Apaza (2010), reporta que la época de siembra varía de acuerdo a la comunidad campesina en la cual se cultiva la especie y va generalmente de octubre a mediados de noviembre.

- Labores culturales

Las escardas o carpidas son indispensables para mantener suelto el terreno, simultáneamente se realizan los deshierbos para conservar el terreno limpio y libre de malezas (Mujica y Chura, 2012).

### **2.1.5. Cosecha**

Apaza (2010), manifiesta que cosecha tradicional de variedades locales consiste en arrancar las plantas con raíces y sacudirlas para que caigan los granos maduros, el resto dejarlas secar en gavillas durante 10 a 15 días, para finalmente proceder a la trilla (debido a la maduración paulatina de la planta). El procedimiento de la cosecha el autor describe de la siguiente manera:

- Siega

La siega de las plantas se realiza con hoz, segando manualmente el tallo a una altura más o menos a cinco centímetros del suelo, antes de que los granos sobre maduren, para evitar



pérdida por desgrane. Tradicionalmente los productores de kañiwa que siembran parcelas pequeñas arrancan las plantas con las raíces, lo que trae como consecuencia que el grano esté mezclado a la tierra procedente de las raíces, desmejorando la presentación y calidad del grano.

- Emparve

Las plantas segadas se colocan en gavillas o parvas pequeñas para que terminen de secarse hasta que los granos tengan la humedad adecuada para la trilla.

- Trilla

La trilla manual es una práctica aún vigente, se realiza golpeando las plantas amontonadas en mantas con palos especiales, sacudiendo luego para separar el grano de la broza. Para esta labor la humedad del grano puede variar entre 12 y 14%.

- Venteo

En vista que la kañiwa trillada en forma manual contiene impurezas (hojas y tallos), se hace necesario el venteo del grano, aprovechando las corrientes naturales de aire, con ayuda de tamices o zarandas de manejo manual. Para eliminar las impurezas, se utiliza un tamiz de 3.0 mm; para la clasificación de granos, se realiza con un tamiz de 850 micras; la clasificación de granos por tamaños no se realiza. Este método es utilizado por pequeños productores, cuya producción se destina en su mayoría para autoconsumo.

#### **2.1.6. Producción y rendimiento de grano**

Apaza (2010), indica que 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.

Mujica y Chura (2012), en su libro manifiestan que la producción de cañihua lidera el departamento de Puno representada con un 96% de la producción nacional, seguido por Cusco con 3.24% según fuente INEI 2001.

A continuación, se muestra una tabla de rendimiento en kilogramos por hectárea de kañiwa en diferentes campañas agrícolas:

**Tabla 1:** Rendimiento de cañiwa en la región de Puno; 2007-2012

Campaña agrícola	Rdto. Kg/ha
2007	780
2008	768
2009	778
2010	777
2011	796
2012	796

Fuente: DRA (2012)

## **2.2. FERTILIDAD DEL SUELO Y SUS PARAMETROS**

MINAGRI (2011), manifiesta que la Fertilidad del Suelo es el resultado de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Con respecto a su constitución, en general y en promedio, en volumen, una proporción ideal está dada por 45-48% de partículas minerales, 5-2% de materia orgánica, 25% de aire y 25% de agua. En tal sentido, la definición involucra a las características físicas del suelo tales como la textura, estructura, composición, profundidad y otras dependientes de estas como densidad, capacidad retentiva de humedad, aireación, porosidad, color, grado de erosión.

### **2.2.1. Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo**

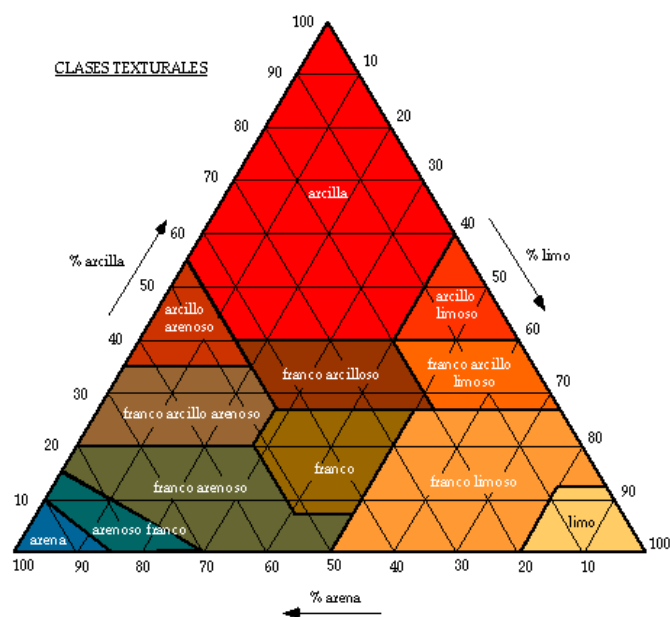
El suelo es soporte y almacén de sustancias nutritivas para organismos terrestres y está constituido por un sistema trifásico sólido/líquido/gaseoso. El contenido y disposición de las partículas minerales y orgánicas del suelo, permiten una estructura donde tienen lugar procesos de naturaleza física, química y biológica. La combinación adecuada de los diferentes componentes del suelo y la ausencia de procesos interferentes hace posible que sea el medio para el desarrollo de organismos vivos (Mataix, 1999).

El suelo es el medio fisicoquímico en el que se desarrolla la vida para la mayoría de ecosistemas terrestres. El suelo es un componente ambiental que no puede ser aislado del entorno que lo circunda, es frágil, de difícil recuperación y de extensión limitada; su uso inadecuado, y el cambio de usos o su sobreexplotación por diversas actividades, pueden contribuir a la degradación de este recurso natural no renovable (Mataix, 1999)

## A) Propiedades físicas del suelo

### - Textura

Delgado (2017), sostiene que la textura está determinada por la proporción relativa de las partículas minerales cuyos diámetros promedio de partículas son inferiores a las arenas, con diámetros entre 20 y 2000 micrómetros, constituyen la fracción gruesa del suelo que le imprime baja capacidad de retención de humedad, drenaje alto, baja retención de nutrientes, baja capacidad de suministro de agua, excesiva aireación, susceptibilidad al encostramiento superficial y la erosión, facilidad de laboreo mecánico. Los limos son partículas cuyos diámetros oscilan entre 2 y 50 micrómetros. Esta fracción presenta mayor dinamismo químico e hidrodinámico que las arenas, pero inferior que las arcillas. Los suelos ricos en limos presentan buenas condiciones en términos generales para la actividad agropecuaria, están asociados con suelos de valles.



Fuente; USDA (Departamento de agricultura de los estados unidos)

**Figura 1:** Triángulo textural

### - Estructura

Herrera (2008), indica que es la distribución o agregación de las fracciones minerales del suelo (arena, limo y arcilla) en unidades mayores, denominados agregados o peds, mediante materiales ligantes. La estructura es importante porque influye en la cantidad y naturaleza de la porosidad, regulando el régimen de humedad y aire del suelo, ofrecen resistencia a la erosión pues debido a que regula la permeabilidad, modifica la influencia

de la textura en relación a la humedad y aire, disponibilidad de nutrientes para las plantas, acción de los microorganismos y desarrollo radicular.

### - **Porosidad**

MINAGRI (2011), manifiesta que la porosidad no es otra cosa que el porcentaje de espacios vacíos (poros) con respecto del volumen total del suelo (volumen de sólidos + volumen de poros). A su vez, la porosidad incluye macroporosidad (poros grandes donde se ubica el aire) y la microporosidad (poros pequeños, que definen los capilares donde se retiene el agua) ver Tabla 2.

**Tabla 2:** Distribución de diferentes niveles de porosidad en suelos de tres clases texturales.

<b>Textura del suelo</b>	<b>Porosidad (%) total)</b>	<b>Microporosidad (%)</b>	<b>Macroporosidad (%)</b>
<b>Arenoso</b>	37	3	34
<b>Franco</b>	50	27	23
<b>Arcillo</b>	53	44	9

Fuente: Guía técnica de orientación al productor MINAGRI (2011)

Delgado (2017), menciona que la pérdida de la calidad física de un suelo se evalúa teniendo en cuenta la alteración de algunas de las más importantes características tales como la densidad, la porosidad, la distribución del tamaño de poros, la estructura (estabilidad de agregados) y el porcentaje de humedad. El comportamiento mecánico de la fase sólida del suelo determina las propiedades físicas del mismo, en las cuales asocian las características químicas y biológicas proporcionando el medio necesario para la vida vegetal.

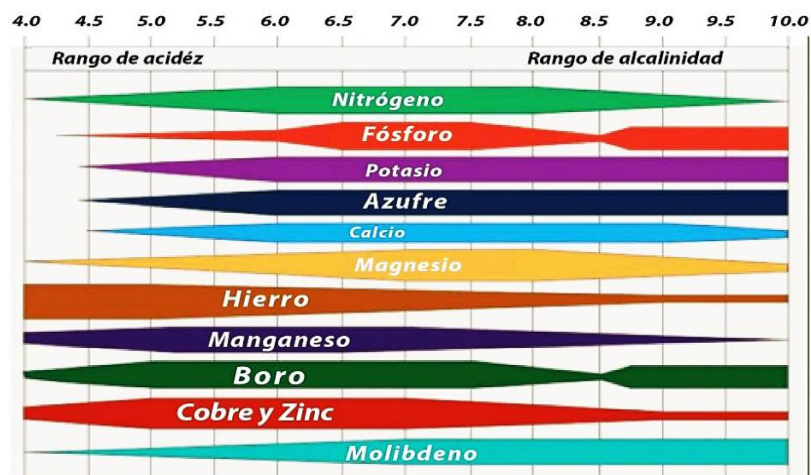
Herrera (2008), menciona que es un método indirecto de medida de la estructura del suelo. Se refiere a la proporción de espacios vacíos o cavidades que son ocupados por el aire y agua en volumen dado de suelo. La porosidad del suelo depende de la textura y principalmente de la estructura del mismo, también varía de acuerdo al contenido de materia orgánica (M.O.), forma de las partículas individuales, clase, intensidad de cultivos, labranza y manejo del suelo. Su importancia radica en que por estos huecos circulan los gases, las soluciones y el sistema radicular de las plantas.

## B) PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

### - Potencial de hidrogeniones (pH)

MINAG (2011), señala que el pH o reacción del suelo tiene una influencia indirecta en los procesos químicos, disponibilidad de nutrientes, procesos biológicos y la actividad microbiana. Normalmente el rango de pH de los suelos varía entre 3.5 a 9, la razón por la que no alcanza valores extremos de 0 o 14 se debe a que la solución suelo no es una solución verdadera, sino que constituye una solución coloidal. A la mayoría de los cultivos les favorece rangos de pH de 5 a 7.5. Sin embargo, cada especie se acoge o desarrolla mejor dentro de un determinado rango.

Canaza (2012), manifiesta que la reacción del suelo, es quizá, la propiedad química más importante de un suelo como medio destinado al cultivo de plantas la cual se expresa en términos de pH; este efecto más que nada es en forma indirecta, ya que influye en forma decisiva en la disponibilidad de la mayoría de nutrientes, en las propiedades químicas y biológicas del suelo; la reacción del suelo es una propiedad importante. Las pruebas químicas demuestran que la reacción o pH del suelo de modo notable interviene en la asimilación de los nutrientes y ejerce una poderosa influencia en la estructura del propio suelo. El pH en los cuales ciertos microorganismos del suelo encuentran las condiciones óptimas para su desarrollo normal, algunos prosperan mejor en medio ácido, otros en condiciones de alcalinidad y otros más se encuentran en la región media.



**Figura 2:** Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo “Diagrama de truog”

Rampoldi (2015), observó en su trabajo de tesis que el pH del suelo incrementó con la utilización de la Urea a lo largo del periodo de evaluación y manifiesta que este incremento de pH del suelo por aplicación de urea podría explicarse por la composición

del nitrógeno que este fertilizante posee. La totalidad del nitrógeno que posee la urea (46%) se encuentra en forma amínica que al ser aplicado al suelo se produce la hidratación del gránulo y su disolución. La ureasa bacteriana, enzima presente en los suelos y en la materia orgánica, produce el desdoblamiento de la molécula en  $\text{CO}_3\text{NH}_4$  y  $\text{CO}$  que es inestable, pudiendo hidrolizarse casi de forma instantánea. Esto produce un aumento de pH en la zona circundante al gránulo del fertilizante que puede llegar a pH de 9 o 10.

#### - **Conductividad eléctrica (CE)**

Según indican Mazuela y de la Riva (2013), la conductividad eléctrica (CE) de la disolución nutritiva es una medida de la concentración total de las sales disueltas y es a menudo referida como la salinidad.

Rosas (2008), en su trabajo de investigación indica que la aplicación de fertilizantes químicos obedece a una tendencia acumulativa de sales de manera ascendente, por la que a mayor aplicación de fertilizantes mayor será el valor obtenido de conductividad eléctrica y que el desempeño del cultivo fue mucho mejor con aplicación de fertilizantes organominerales que en los fertilizantes granulados en la mayoría de sus variables evaluadas.

Según Garcia y Jauregui (2008), la salinidad es uno de los principales factores abióticos que limitan la productividad agrícola, debido a que la inmensa mayoría de las plantas cultivadas son sensibles a este condición, el efecto más común sobre las plantas es la reducción del desarrollo debido a una disminución del potencial osmótico del medio de crecimiento y en consecuencia de su potencial hídrico; la toxicidad iónica normalmente es asociada con la absorción excesiva de  $\text{Na}^+$  y de  $\text{Cl}^-$ .

A continuación en la Tabla 3 se observa los niveles de conductividad eléctrica para la clasificación de esta misma donde nos indica la salinidad del suelo.

**Tabla 3:** Clasificación de CE mmhos/cm del suelo

<b>CE</b>	<b>clasificación</b>
<2	No salino
2 – 4	Ligeramente salino
4 – 8	Salino
>8	Muy salino

Fuente: Andrade y Martinez 2012



## - **Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Herrera (2008), manifiesta que es la cantidad y cationes intercambiables por unidad de peso de suelo. Es medida en unidades químicas de miliequivalentes por 100 gramos de suelo. Los suelos presentan diferentes CIC, mientras más alta sea la CIC de un suelo, mayor será la cantidad de cationes que pueda retener, principalmente de reacción básica y por consiguiente mayor fertilidad. Los factores que influyen sobre la CIC son; la reacción de suelo pH, el complejo coloidal del suelo conformado por las arcillas, humus y los propios cationes cambiabiles que forman el enjambre de iones que cubre el complejo coloidal (densidad de carga y conformado por los cationes básicos que son el  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  y los cationes ácidos el  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$  y el  $\text{Mn}^{+2}$ ).

## - **Macro Nutrientes**

### **Nitrógeno**

Es el componente de todas las proteínas, de la clorofila y de muchas enzimas, estimula el crecimiento vegetativo de la planta.

Moron, Martino, y Sawchik, (1999), mencionan que es el nutriente que más comúnmente limita los rendimientos de los cultivos en el mundo. Es al mismo tiempo, el nutriente que generalmente presenta las respuestas más importantes en aumentos de rendimiento. La principal forma absorbida por los cultivos es la forma nítrica, debido a la provisión de los suelos, donde la mayor proporción del nitrógeno mineral en promedio el 90 a 95 % está en forma de nitrato.

Herrera (2008), señala que el contenido medio de nitrógeno depende del contenido de materia orgánica en el suelo, en el altiplano central boliviano el contenido de materia orgánica y nitrógeno total en los horizontes superiores son medios, disminuyendo gradualmente con la profundidad (Chilo, 1992), y en oposición a lo indicado, (Salm, 1983) indica que los contenidos de nitrógeno son relativamente elevados, sugiriendo que su fijación libre debe tener importancia, autores citados por (Herrera 2008).

Canihua y Salcedo (2016), indican que el nitrógeno es un factor de crecimiento y desarrollo, y que la deficiencia de nitrógeno detiene la producción de clorofila. Las hojas tienden a volverse cloróticas desde la punta hasta extenderse a la totalidad a través del nervio central, la deficiencia se presenta en hojas viejas, luego en tallos y frutos



## Fósforo

Canihua y Salcedo (2016), consideran que el fósforo es un factor de precocidad ya que activa el desarrollo inicial de los cultivos y favorece la maduración, este elemento es el que estimula el desarrollo de las raíces y favorece la floración y cuajado de los frutos, interviniendo en el almacenamiento y transporte de energía, además de formar parte de los fosfolípidos, enzimas, etc.

Andrades y Martinez (2014), manifiestan que el comportamiento del fósforo en el suelo es complicado y al ser un elemento de poca movilidad es preciso enterrarlo para colocarlo cerca de las raíces, la asimilación de fósforo se favorece cuando hay un buen nivel de materia orgánica y de este elemento, además cuando se abona con escasez se aprovecha un porcentaje menor del fósforo que cuando se abona con una dosis adecuada. En suelos básicos puede producirse una fijación lenta e irreversible de una parte del  $P_2O_5$  en forma de fosfatos tricalcicos no recuperables; también en los suelos ácidos puede darse el bloqueo de una parte del  $P_2O_5$  en forma de fosfatos de hierro y aluminio que pueden recuperarse parcialmente mediante una enmienda.

A continuación, en la Tabla 4 se observa los niveles de Fósforo disponible para la clasificación de esta misma donde nos indica el contenido en el suelo.

**Tabla 4:** Clasificación de Fósforo disponible (ppm) en el suelo.

Clasificación	Fósforo disponible (ppm)
Alto	<7
Medio	7 – 14
Bajo	>14

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelos EEA Illpa Puno INIA (2016)

## Potasio

Herrera (2008), señala que gran parte del potasio de la solución suelo y una parte pequeña del potasio sólido, destaca en este el potasio cambiante. Los valores de potasio disponible por lo general son elevados a muy elevados caso de los suelos del altiplano.

Canihua y Salcedo (2016), manifiestan que en la planta el potasio es muy móvil y juega un papel múltiple. Hay mejora fotosintética; aumenta la resistencia de la planta a la sequía, heladas y enfermedades; promueve la síntesis de lignina, favoreciendo la rigidez

y estructura de las plantas; favorece la formación de glúcidos en las hojas a la vez que participa en formación de proteínas.

Andrades y Martinez (2014), indican que en relación a las aportaciones de potasio la materia orgánica contribuye a un mejor aprovechamiento de los abonos potásicos por retener el agua, con lo que disminuyen las pérdidas de potasio y además evita que el potasio asimilable derive a formas que no son asimilables.

A continuación, en la Tabla 5 se observa los niveles de potasio disponible para la clasificación de esta misma donde nos indica su contenido en el suelo.

**Tabla 5:** Clasificación de Potasio disponible (ppm)

<b>Clasificación</b>	<b>Potasio disponible (ppm)</b>
Bajo	< 100
Medio	100 - 240
Alto	> 240

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelos EEA Illpa Puno INIA (2016)

### **Calcio**

Herrera (2008), manifiesta que las cantidades de Ca en el suelo por lo general no es de preocupación; en los suelos áridos, semiáridos y calcáreos contienen los niveles más altos, en cambio, los suelos orgánicos recién drenados por lo general contienen muy poco Ca y los pHs son extremadamente bajos

Canihua y Salcedo (2016), indican que el calcio se acumula principalmente en las hojas de la planta en crecimiento. En contraste, la cantidad presente en semillas y frutas es por lo general relativamente baja, de alrededor del 5 % del Ca total de la planta. El calcio se necesita en los puntos de crecimiento de nuevos tejidos, en donde desempeña una parte esencial en el desarrollo de las raíces y del ápice. Es necesario en la división y crecimiento de la célula, es el elemento estructural de paredes y membranas celulares, y es básico para la absorción de elementos nutritivos. Participa junto con el magnesio en la activación de las enzimas del metabolismo de glúcidos y proteínas. La buena nutrición con calcio mantiene la integridad de las células, evita la pérdida de humedad y los trastornos durante la maduración, el transporte y el almacenamiento.

## **Magnesio**

Herrera (2008), menciona que su contenido total en suelos no calcáreos es relativamente bajo, comparado con la del potasio y calcio. Las formas y la dinámica del Mg son muy parecidas a la de otros elementos alcalinos y alcalinotérreos con Ca, K y Na. Se diferencian solamente las magnitudes de las formas y las cantidades que participan en los diferentes procesos, por consiguiente, el Mg se encuentra en el suelo bajo formas solubles e insolubles.

Canihua y Salcedo (2016), manifiestan que el magnesio es un componente vital de la clorofila de las plantas, pero también es esencial para la fotosíntesis y para la formación de otros pigmentos. Activa numerosas enzimas del metabolismo de las proteínas y glúcidos. Favorece el transporte y la acumulación de azúcares en los órganos de reserva y el fósforo hacia el grano. Al igual que el calcio, es constituyente de las paredes celulares. Influye en los procesos de la reducción de los niveles. El magnesio es también importante en la formación de las semillas con el contenido de los aceites.

### **C) PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO**

#### **- Materia orgánica (M.O.)**

Herrera (2008), indica que la materia orgánica es uno de los cuatro componentes activos del suelo. En el altiplano la materia orgánica varía de 0.71 a más de 45%; correspondiendo a la mayoría de suelos dedicados a la actividad agrícola de 0.7 a 6.0 % de M.O. (de menor a mayor contenido; suelos entisols, aridisols, vertisols, alfisols, inceptisols y andisols), de 6.0 a más de 10 % (suelos mollisols) y de 20 a más de 40% de M.O. (en suelo histosol). Además sostiene que la materia orgánica incrementa considerablemente la cantidad (lombrices, hormigas, roedores, larvas, insectos, etc) los mismos que perforan el suelo y construyen canales extensos a través de él, los cuales sirven para aflojarlo e indirectamente mejoran la estructura del suelo y facilitan la penetración de las raíces. En la salud vegetal contribuye en la presencia de ácidos húmicos permitiendo la presencia de solo pocos patógenos.

Moron, Martino, y Sawchik (1999), sostienen que la materia orgánica del suelo disminuye la densidad aparente en forma directa e indirecta. Directamente debido al hecho de poseer una densidad real entre 0.6 y 1 g/cm<sup>3</sup> frente a una densidad real promedio del material

mineral de 2.65 g/cm<sup>3</sup>. Indirectamente por vía de aumentar la agregación y en consecuencia el porcentaje de poros del suelo con aire.

Farrus (2016), señala que la estabilidad de los agregados del suelo se ve mejorada con la incorporación de materia orgánica, presentando el índice de estabilidad estructural una alta correlación con los parámetros indicadores de las distintas fracciones orgánicas del suelo, con la biomasa microbiana y con las actividades enzimáticas. Manifiesta que en su ensayo los compost de recogida municipal han registrado los mayores incrementos de la biomasa microbiana, las actividades enzimáticas y la producción vegetal.

A continuación en la Tabla 6 se observa los niveles de materia orgánica (M.O.) para la clasificación de esta misma donde nos indica su contenido en el suelo.

**Tabla 6:** Clasificación del contenido de materia orgánica (%).

Clasificación	Materia orgánica (%)
Alto	<2 %
Bajo	2 a 4 %
Medio	> 4

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelos EEA Illpa Puno INIA (2016)

## 2.3. TIPOS DEL MANEJO DE LA AGRICULTURA

### 2.3.1. Agricultura intensiva

Balmford *et al.* (2018), manifiesta que la agricultura intensiva es una práctica donde se emplea excesiva mano de obra y capital, para maximizar los productos o rendimientos agrícolas. Es un método de producción agrícola en el cual se hace un uso intensivo de los medios de producción como la siembra.

Las características de la agricultura intensiva son:

- Alta productividad de la tierra.
- Utilización de un único tipo de semillas para el cultivo.
- Mecanización extensiva y el uso de fertilizantes químicos.
- Utilización de plaguicidas y fitosanitarios contra insectos u hongos perjudiciales para los cultivos.
- Gasto de enormes cantidades de energía.

Este modo de producción garantiza un alto rendimiento de los cultivos que permite alimentar a una población mundial en constante aumento, pero también amenaza la biodiversidad y la salud humana al contaminar los suelos, las aguas subterráneas y las vías fluviales subterráneas (Balmford et al., 2018).

La agricultura intensiva, basada en un uso incremental de energía e insumos, no solo llevó a un aumento en la producción agrícola sino también a problemas ambientales, para la salud humana y, en muchas partes del mundo ha desgastado los recursos naturales necesarios para la producción de forma que ella misma no se puede sostener más. Así, vemos que actualmente a escala global las producciones se estancan pero los problemas ambientales siguen creciendo (Friedrich, 2017).

### 2.3.2. Agricultura convencional

FAO (2002), señalan que la agricultura convencional el suelo es frecuentemente considerado sólo como un substrato que proporciona apoyo físico, agua y nutrientes a las plantas y se asume que los agricultores deben suplementar todas las necesidades de la planta, tales como nutrientes, protección y agua, con insumos provenientes del externo de ese sistema:

- Si un suelo es deficiente en algún nutriente, se aplican fertilizantes;
- Si un suelo no almacena suficiente agua de lluvia, se proporciona riego;
- Si un suelo se compacta demasiado y el agua no penetra, se usan implementos como el arado de cincel para provocar su apertura;
- Si ocurre alguna enfermedad o plaga, se aplican pesticidas.

**Tabla 7:** Prácticas comunes y sus consecuencias en la agricultura convencional

Prácticas comunes	Consecuencias
- Remoción o quemado de residuos de cultivos	- Pérdida de la fertilidad del suelo y disminución de los rendimientos
- Aradas y rastreadas continuas Sobrepastoreo	- Erosión Mayores riesgos de sequías e inundaciones Inseguridad alimentaria y riesgos sanitarios
- Deforestación	- Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas
- Monocultura	

<ul style="list-style-type: none"><li>- Excesivo uso de fertilizantes</li><li>- Uso incorrecto de pesticidas</li><li>- Uso incorrecto del agua</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Contaminación y degradación de los suelos</li><li>- Liberación de gases de invernadero</li><li>- Invasión de plagas</li><li>- Pérdida de biodiversidad</li></ul>
--	--

Fuente: FAO 2002

### 2.3.3. Agricultura ecológica

Kolmans y Vásquez (1999), indican que la agroecología es una ciencia derivada del conocimiento tradicional, que recoge elementos de la ciencia moderna, promoviendo procesos y que concluye en principios agroecológicos, que, interpretados a través de prácticas y técnicas concretas, orientan el estudio, el diseño y la gestión de agroecosistemas productivos equilibrados, resilientes y viables económica y culturalmente. La agroecología incluye obligatoriamente criterios de diversificación espacial y temporal, rotaciones en los sistemas productivos, máximo reciclaje, uso de policultivos, interacciones entre subsistemas, y finalmente genera un rediseño estructural orientado a reconstruir la estructura biológica del agroecosistema, permitiendo recuperar un funcionamiento centrado en los mecanismos internos de regulación de la fertilidad, control de plagas, protección del agua, entre muchos otros elementos.

Los principios básicos de la agroecología deben ser aplicados en base a técnicas y prácticas muy diversas adaptadas a agroecosistemas también diversos.

1. Altas tasas de reciclaje para mantener un flujo permanente de nutrientes y disminuir los requerimientos de insumos externos, disminuyendo las pérdidas del sistema, cerrando los ciclos de agua, materia orgánica y nutriente, etc.
2. Estimular la máxima diversificación de los agroecosistemas.
3. Asegurar la mejor condición de suelo manteniendo estable el contenido de Materia Orgánica, permitiendo un funcionamiento biológico de suelo que sostenga la fertilidad y la sanidad de los cultivos.
4. Aumentar las interacciones de los componentes del sistema fortaleciendo los procesos internos que apoyan y refuerzan la estabilidad.
5. Diseñar y fortalecer un sistema de manejo ecológico de plagas y enfermedades.
6. Considerar las bases culturales de los sistemas tradicionales, para el diseño y fortalecimiento de agroecosistemas de base agroecológica.



### 2.3.4. Ecoeficiencia en la agricultura

La agricultura ecoeficiente permite optimizar el uso de los recursos, generando incrementos en la productividad sostenible y contribuye con el aumento en la oferta de alimentos. Permite a las fincas familiares competir en las economías locales y regionales, reduciendo así la pobreza. Limita la degradación de los recursos naturales causada por la agricultura, disminuyendo de ese modo su huella ecológica negativa. La agricultura eco – eficiente es más resistente ante los choques ambientales como el cambio climático. También contribuye a una mayor equidad en las zonas rurales (CIAT, 2012).

La ecoeficiencia se incrementa en los sistemas en los que existe un aumento de la producción agronómica empleando menos recursos, a través de una reducción de las pérdidas de insumos y sosteniendo e incrementando la producción potencial de la tierra. Debido al sostenido incremento de la población y los estándares de vida, no es suficiente con implementar prácticas de manejo que minimicen el impacto ambiental adverso, sino que, además, se requiere desarrollar prácticas que maximicen la producción agronómica, al tiempo que mejoren los servicios ecológicos. Es necesario identificar, desarrollar, validar y poner en práctica agroecosistemas que sean ecoeficientes (Lal, 2010).

La Agricultura Ecoeficiente presenta tres elementos fundamentales que son:

- **En lo Ambiental:** “considera aquellos aspectos que tienen que ver con preservar y potenciar la diversidad y complejidad de los ecosistemas, la productividad, los ciclos naturales y la biodiversidad, siendo sostenible a través del tiempo”.
- **En lo Social:** “considera el acceso equitativo a los bienes de la naturaleza, tanto en términos intergeneracionales como entre géneros y entre culturas, entre grupos y clases sociales y también a escala del individuo”.
- **En lo económico:** incluye a todo el conjunto de actividades humanas relacionadas con la producción, distribución, consumo de bienes y servicios. Siempre buscando ser competitivo y que genere rentabilidad.

### 2.4. DEGRADACIÓN DE SUELOS

Según Stocking y Murnaghan (2003), manifiestan que la degradación de tierras en una definición general es un declive temporal o permanente en la capacidad de producción de la tierra, también indican que a esta definición se debería incorporar la relación de cambio en la calidad biofísica de la tierra con el efecto que tiene en la sociedad, la economía, la



política y la humanidad; los atributos de sensibilidad y resiliencia de la tierra, nos dice de que el estado del suelo es uno de los mejores indicadores de la degradación de la tierra.

En lo que es disminución de la fertilidad de suelos la degradación de las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo son las que posteriormente conducen a la erosión y ésta influye de manera exacerbada en la reducción de la productividad del suelo, esto se ve en la reducción de la materia orgánica acompañado de un descenso en la actividad biológica del suelo, la propiedades físicas también se ven afectadas en su estructura, aireación y capacidad de retención del agua, los cambios en el contenido de nutrientes conducen a deficiencias o a niveles tóxicos que afectan en el crecimiento sano de la planta como por ejemplo la contaminación o uso incorrecto de fertilizantes (Stocking y Murnaghan, 2003).

Toda la problemática presente en la hidrosfera se extiende a los suelos de uso agrícola, ya que, si las aguas están contaminadas en su utilización para el riego, termina por contaminar también el suelo de cultivo. Se produce la salinización y compactación del suelo, disminución de la actividad microbiana, problemas en drenaje, en adsorción de nutrientes por la solución suelo y en la absorción equilibrada de nutrientes por las plantas. Además, se produce la acidificación de suelos agrícolas, debido a la persistencia en el suelo de productos nitrogenados, junto con los compuestos azufrados que se forman durante los procesos de combustión y después precipitan desde la atmósfera. Si no se contrarresta esta tendencia mediante la aportación de cal, la acidificación excesiva puede originar un aumento de la pérdida de oligonutrientes y la liberación hacia los acuíferos de metales pesados del suelo (Smil, 1997).

Debido al empleo indiscriminado de fertilizantes y todo tipo de productos químicos se presentan los problemas en las aguas tanto superficiales como subterráneas:

- Acumulación de nitratos y fosfatos, que se traduce en una pérdida de la potabilidad (Smil, 1997);
- Eutrofización de las aguas continentales y mares costeros, originando graves cambios en las características del medio y desoxigenación de las aguas profundas, con la cobertura de las algas y las cianobacterias (Smil, 1997);
- Salinización de los acuíferos por sobreexplotación de las aguas subterráneas (Smil, 1997).





Moron, Martino y Sawchik (1999), señalan que entre 500.000 y 1 .500.000 ha de suelos agrícolas se pierden en el mundo anualmente como áreas productivas debido a problemas de salinización y anegamiento y que un ejemplo clásico son las zonas de Asia en que se han llegado a realizar 2 o 3 cultivos de arroz por año con uso excesivo de fertilizantes y pesticidas, cuya productividad ha disminuido significativamente.

## 2.5. ABONOS ORGÁNICOS

Melendez y Soto (2002), definen que el abono orgánico es un material de origen natural que se utiliza para fertilizar los cultivos y para mejorar los suelos. Hay muchos ejemplos de abonos orgánicos como: compost, lombricompost, biofermentos y otros tipos de abonos. Los abonos orgánicos tienen una gran importancia en la agricultura ecológica que tienden a mejorar las diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Gonzales *et al* (2000), afirman que la utilización de abonos orgánicos es una práctica empleada para obtener productos agrícolas sanos mediante técnicas que protegen el ambiente, sin tener que recurrir al uso de agrotóxicos ya sean fertilizantes o insecticidas obtenidos por síntesis química. La utilización de insumos orgánicos en la agricultura es una disciplina moderna en expansión, que se nutre de la tecnología campesina tradicional.

Una de las estrategias fundamentales para la producción ecológica es el uso de abonos orgánicos como base de la fertilidad del suelo. Lo deseable es que dichos abonos se obtengan a partir de los residuos orgánicos, tanto de origen vegetal como animal, que la propia chacra genera; ello no solo permite mejorar la fertilidad integral del suelo (física, química y biológica) sino que evita la dependencia de insumos externos a los que generalmente está sujeta la agricultura (Morales, 2003). La importancia de la materia orgánica en el suelo ha sido comprobada por varios investigadores en el mundo. Se ha demostrado que es posible obtener rendimientos económicos adecuados y una estabilidad de producción a través del tiempo (Kolmans y Vasquez, 1995).

Una de las maneras de mejorar las condiciones de deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de muchos suelos; es añadirle al suelo nutrimentos en forma natural para incrementar la productividad, mediante la aplicación de abonos orgánicos (Santa María *et al.*, 2001). Esto implica que la fertilización orgánica es considerada como una alternativa para reducir el uso de agroquímicos, entre ellos fertilizantes (Romero *et al.*, 2000).



Los abonos orgánicos incrementan el contenido de materia orgánica, fósforo y potasio asimilables y calcio intercambiable del suelo (Arzola *et al.*, 2000). Además, aporte de otros nutrientes como microelementos, ácidos fúlvicos y húmicos que incrementa la actividad de microorganismos (Coronado, 1997). Es decir, la materia orgánica produce varios efectos favorables en el suelo que a continuación se detalla:

- Aporta nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas tales como nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro, cobre, fierro, magnesio, etc.
- Activa biológicamente el suelo, al incorporar ácidos orgánicos y alcoholes, durante su descomposición que sirven de fuente de carbono a los microorganismos de vida libre y fijadores de nitrógeno, estos últimos producen sustancias de crecimiento, como triptófano y ácido-indol-acético.
- La materia orgánica incrementa la capacidad de retención de humedad en el suelo (Miranda, 1997).

Los abonos orgánicos son sustancias complejas de lenta liberación de nutrientes, esto significa que una vez incorporadas al suelo se disuelven lentamente y ponen a disposición de las raíces los nutrientes en forma gradual y sostenida, acorde con el ritmo de crecimiento y desarrollo del cultivo (Morales, 2003). Así mismo, otras características son que pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo (Romero-Lima, et al. 2000). Contiene formas más asimilables para las plantas que se encuentran en constante transformación en el suelo, que van a dar mayor vigor a las plantas, reduciendo la susceptibilidad a la incidencia de plagas y enfermedades, que significa menor gasto en compra de plaguicidas y adherentes (Coronado, 1997).

Los beneficios que la materia orgánica proporciona al suelo son múltiples, pero los podemos agrupar en dos grandes funciones: ella actúa como un fertilizante o abono orgánico, también funciona como una excelente enmienda, mejorando las propiedades del suelo (Morales, 2003).

Los abonos orgánicos al tener una composición tan completa de nutrientes, cuando se descomponen en el suelo liberan no solo nitrógeno, fósforo y potasio sino muchos otros nutrientes (macro y micronutrientes) y sustancias orgánicas diversas. Algunos como los bioabonos, liberan además hormonas vegetales (fitohormonas) que estimulan el crecimiento y floración de los cultivos (Morales, 2003).



### 2.5.1. Estiércol de ovino

Borrero (2009), menciona que la calidad de los estiércoles depende de la especie, del tipo de cama y del manejo que se les da a los estiércoles antes de ser aplicados. El contenido promedio de elementos químicos es de 1,5% de N, 0,7% P y 1,7% K. Los estiércoles mejoran las propiedades biológicas, físicas y químicas de los suelos, particularmente cuando son utilizados en una cantidad promedio de 10 tn/ha al año, y de preferencia de manera diversificada. Para obtener mayores ventajas deben aplicarse después de ser fermentados y de preferencia cuando el suelo está con la humedad adecuada.

Buckman y Brady (1977), sostienen que el abono más importante es el estiércol que no solo proporciona materia orgánica al suelo sino también alimentos nutritivos. La materia orgánica a su vez mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo elevando consecuentemente los rendimientos de la cosecha.

Cari *et al* (2001), mencionan que el estiércol es utilizado como fuente de abonamiento orgánico desde tiempos ancestrales, la que es el excremento de los animales acumulado en los corrales o estercoleros, su composición varía en función al tipo de alimentación, edad del animal, estado de descomposición del estiércol.

Moron, Martino, y Sawchik (1999), sostienen que más del 90% del N ingerido por animales en pastoreo es devuelto al suelo a través de la orina y el estiércol. Esto explica los altos contenidos de N en las deyecciones animales, especialmente en la orina. La eficiencia con que se puede llegar a utilizar ese N contenido en el estiércol depende fundamentalmente de dos factores: (a) la velocidad con que se incorpora (existen grandes pérdidas cuando el estiércol permanece en cobertura), y (b) el contenido de materia seca del estiércol (mayores contenidos de materia seca generalmente indican mayores contenidos de componentes de difícil descomposición del tipo de la lignina).

### 2.5.2. Compost

El compost es el reciclaje de desperdicios y residuos (malezas, residuos de cultivos, desperdicios de post cosecha, camada, orines, desechos humanos). La conversión de la materia orgánica en humus asegura la liberación lenta de nutrientes sobre el plazo, y tiene el efecto de estimular actividad microbial, mejorar la estructura del suelo y aumentar la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades (Fairbairn y Morales, 2001).



Se ha documentado que la adición de compostas contribuye a incrementar la disponibilidad de fósforo para las plantas y reducir la efectividad de la concentración de los pesticidas en el suelo mediante la formación de enlaces de sus moléculas con las moléculas orgánicas. También la materia orgánica puede enlazar minerales trazas disminuyendo la extracción por las plantas en período de crecimiento (Mora, 2006).

Según Pineda (1994), señala que el compostaje se puede definir como un proceso biológico que transforma la materia orgánica en humus (abono orgánico) debido a la actividad de los microorganismos que se desarrollan espontáneamente. Los principales organismos implicados en la transformación biológica aeróbica de los residuos orgánicos son bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos. Este proceso permite obtener un producto rico en, materiales humificables, sales minerales y microorganismos beneficiosos para mejorar la estructura de los suelos y la vida de las plantas. La conversión en compost de los residuos orgánicos es una técnica conocida y de fácil aplicación que permite tratar de manera racional, económica y segura, diferentes residuos orgánicos y conservar los nutrientes presentes en estos residuos, aprovechándolos en agricultura y jardines.

#### Ventajas del uso del compost

- Mejora la estructura del suelo al favorecer la formación y estabilización de los agregados modificando el espacio poroso del suelo, lo cual favorece el movimiento del agua y del aire, así como también, la penetración de las raíces.
- Incrementa la capacidad de retención de nutrientes en el suelo, además liberan progresivamente el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, boro, hierro y otros elementos que son necesarios para el crecimiento de las plantas.
- Incrementa y favorece el desarrollo en la actividad de los organismos del suelo, los cuales participan en una serie de procesos que le dan salud y favorecen el crecimiento adecuado de las plantas.
- Aumenta la resistencia de las plantas al ataque de plagas y enfermedades a las cuales están expuestas continuamente.
- Se mejoran el rendimiento de la cosecha lo que a la vez mejora la calidad de los productos provenientes de ellas.



### 2.5.3. Guano de isla

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 Pelícano (*Pelecanus thagus*). La recolección del Guano de las Islas es una actividad totalmente artesanal que se realiza en forma racional, evitando su agotamiento. Así, la recolección que se realiza en una determinada isla o punta se vuelve a repetir en un período no menor de cinco años. El procesamiento consiste en el picado, tamizado, envasado y pesado del producto, efectuándose en el lugar de recolección. El uso del Guano de las Islas es con la finalidad de mejorar el suelo, elevar la productividad de los cultivos y mejorar el nivel de vida del agricultor (AGRORURAL, 2013).

AGRORURAL (2013), señala que el Guano de las Islas además de suministrar los nutrientes realiza aporte de microorganismos benéficos que van a enriquecer la microflora del suelo, entre los microorganismos más importantes se encuentran las bacterias nitrificantes, del grupo Nitrosomonas y Nitrobácter, la primera transforma el amonio a nitrito y Nitrobácter oxida el nitrito a nitrato, que es la forma cómo las plantas toman mayormente el Nitrógeno del suelo.

- 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.
- 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).



## 2.6. FERTILIZANTES QUÍMICOS

Los fertilizantes químicos son de estructura simple y de rápida disponibilidad. Las ventajas de fertilización química son: que existe mayor disponibilidad para las plantas y su alta concentración de nutrientes. (Morales, 2003).

Los fertilizantes químicos, a su vez, son de menor eficiencia de adsorción en el suelo y absorción en la planta; además se produce el desbalance interno en el metabolismo de la planta, provocando mayor susceptibilidad a enfermedades y ataque de plagas, por lo tanto, mayor incremento en la compra de agroquímicos (Coronado, 1997).

### - **La Urea:**

Su fórmula química es  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Es una fuente de N para los sistemas agrícolas. Posee cerca de 45% de nitrógeno. Es totalmente soluble. En el suelo sufre inicialmente el proceso de hidrólisis formando carbonato de amonio el cual es químicamente inestable. Este producto se descompone casi inmediatamente dando origen a  $\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{agua}$ . El N, en la forma de  $\text{NH}_3$ , es entonces oxidado a N, en la forma de  $\text{NO}_3$ , y absorbido por las plantas. (FAO, 2007).

## 2.7. CAUSAS DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA

En la agricultura el resultado final de la "revolución verde" se traduce en la contaminación de las aguas a las que van a llegar por lo general las sustancias químicas residuales de fertilizantes y pesticidas, lo que representa riesgos para la salud humana y del medio ambiente, así como la producción de alimentos que pudieran contener tóxicos (López, 2000).

El uso indiscriminado de los fertilizantes minerales ha tenido como consecuencia el deterioro de propiedades físicas, químicas y biológicas de muchos suelos, reducción en el contenido de materia orgánica, además de la obtención de productos agrícolas con cantidades excesivas de nitratos debido a las concentraciones altas de nitrógeno aplicadas en muchos casos (Castellanos et al., 1996).

Los compuestos nitrogenados agregados al suelo como los fertilizantes, abonos y residuos orgánicos son degradados mediante la acción microbiana produciendo entre otros compuestos inorgánicos, nitratos, los cuales son esenciales para la nutrición vegetal, pero a su vez pueden ser contaminantes del medio ambiente; los nitratos son altamente solubles y no son retenidos por las cargas negativas de los coloides del suelo, de modo que se



mueven libremente con el agua de drenaje, a través del perfil, hacia los acuíferos; altos niveles de nitratos en el suelo pueden conducir a niveles relativamente altos de nitratos en el agua de consumo, afectando adversamente la salud humana (Picone et al., 2003).

La aportación de grandes cantidades de nitrógeno reactivo a los suelos y a las aguas tiene muchas consecuencias nocivas para el medio ambiente, problemas que van desde los sanitarios de determinadas regiones hasta cambios que afectan a todo el planeta y se extienden, en sentido muy literal, desde las profundidades de la Tierra hasta las alturas estratosféricas (Smil, 1997).

## **2.8. MACROORGANISMOS EN SUELOS AGRÍCOLAS**

Bonilla, Gomez y Sanchez (2002), manifiestan que los organismos del suelo 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. La disponibilidad de alimento es el factor principal que va a determinar la abundancia de los organismos y por tanto su presencia en un determinado ecosistema. Dentro de la comunidad de los organismos del suelo, por tamaño, se han distinguido dos categorías: los macroorganismos, donde se encuentran las lombrices, termitas, hormigas, abejas, moscas, ciempiés, gusanos, etc., y los microorganismos integrados por hongos, bacterias, protozoarios y algas. Los macroorganismos son los encargados de triturar los restos vegetales y animales que caen al suelo, reduciendo su tamaño y volumen. De esta manera preparan los materiales para que los microorganismos los degraden y conviertan en fuente de nutrientes para las plantas.

### **2.8.1. ¿Dónde viven?**

Bonilla, Gomez y Sanchez (2002), manifiestan que los macroorganismos se ubican en tres niveles dentro del perfil del suelo:

- Nivel superficial (0 a 5cm) “epigeos”, organismos de gran movilidad que viven sobre la hojarasca y en los primeros cinco centímetros del suelo. Se alimentan de materia orgánica y de otros organismos.



- Nivel intermedio (5 a 20 cm) “endógenos”, organismos de coloración gris y café oscuro. Viven y se alimentan de la fracción mineral y de la materia orgánica proveniente de la capa superficial.
- Nivel inferior (más de 20 cm) “anécicos”, organismos de coloraciones pálidas. Viven a estas profundidades y en la noche salen a la superficie, lugar donde se alimentan, especialmente de materia orgánica.

### **2.8.2. ¿Que comen?**

Bonilla, Gomez y Sanchez (2002), indican que se alimentan de diferentes materiales orgánicos y de otros organismos. Aquellos que cazan y consumen otros organismos se les llaman depredadores, mientras que los que se asocian a otros, incluyendo las plantas, y viven a expensas de ellos, se conocen como parásitos. Los saprofitos consumen materia orgánica en descomposición, los fitófagos se alimentan de raíces activas, los coprófilos consumen estiércol y los micróvoros derivan su comida de microorganismos como hongos, bacterias, algas y protozoarios.

### **2.8.3. Lombrices**

Ortiz (2018), señala que las lombrices se alimentan de materia orgánica asociada al suelo y se desplazan dentro de éste hasta los 30-50 cm de profundidad. La actividad que realizan propicia el cambio de las propiedades del suelo visiblemente ya que al ser de los organismos de mayor tamaño son capaces de ingerir bacterias y hongos que se encuentran en el suelo y, así, desplazarlos hacia otras capas u otros lugares. No poseen pigmento en la piel pero pueden tener una tonalidad azulada, amarillenta o café, dependiendo del suelo ingerido. Tienen tasas de fecundidad relativamente altas, pero más bajas que las especies de superficie. Las estructuras que construyen en el suelo son conocidas como galerías y son los canales por donde se desplazan, además de ser los conductos que permiten aireación e infiltración en el suelo, por lo que cambian notoriamente las características físicas del sustrato. Las lombrices de tierra son capaces de construir cámaras de estivación y cámaras de deposición de capullos. Además, las excretas que depositan en la superficie son químicamente diferentes del suelo circundante, y el contenido de nitrógeno inorgánico es mayor.

Guanche (2015), manifiesta que las lombrices de suelo aportan grandes ventajas; menciona que Aristóteles fue quien estudio su anatomía y biología en la antigüedad y las llamó “arado” o “intestino de la tierra” porque excava galerías en el terreno, volviéndolo





poroso, facilitando la oxigenación y la permeabilidad al agua, por lo tanto, facilitan la vida para otros microorganismos, descomponen la materia orgánica incrementando los niveles de nutrientes en un suelo, en condiciones normales pueden encontrarse entre 8 y 14 lombrices/m<sup>2</sup>, (algunos autores citan hasta 100 lombrices/m<sup>2</sup>) esto significa que en una hectárea pueden vivir entre 80.000 y 140.000 lombrices, También indica que las funciones que desarrolla la lombriz en el suelo son importantísimas e imprescindibles. Esto hay que tenerlo siempre presente y fomentar prácticas que favorezcan su presencia en vez de perjudicarlas. Por ejemplo, el excesivo uso de maquinaria de laboreo o el abuso de agroquímicos y fertilizantes de síntesis repercute negativamente en la mayor o menor presencia de lombriz en el suelo.

Selles *et al.* (2006), señalan que las lombrices forman una parte integral del suelo y que con interacción de otros organismos son responsables de la vida del suelo. Las lombrices para crecer y multiplicarse requieren de humedad, temperaturas adecuadas y alimentación, además indica que toda acción que conlleve a alterar esas condiciones influye en la disminución del número de organismos en el suelo. Además los autores mencionan que la intervención del hombre a través de un buen manejo agrícola puede inducir a un aumento en las poblaciones de lombrices y así contribuir a la sostenibilidad de la agricultura; indica que el excesivo uso de agroquímicos conducirá inevitablemente al deterioro del recurso. Están estrechamente vinculadas a la fertilidad del suelo y se refleja en la estructura del suelo, la incorporación y mezcla de los componentes minerales y orgánicas, permitiendo la formación de humus y así finalmente favorecer a disponibilidad de algunos nutrientes.

Según la (Bourrut, 2015), señala que las principales funciones de las lombrices en el suelo Las galerías:

- Favorecen la penetración del agua evitando el encharcamiento del suelo y la erosión
- Facilitan la penetración de las raíces de las plantas
- Contribuyen a la aireación y oxigenación del suelo necesarias para muchos procesos físicos, químicos y metabólicos
- La pared de las galerías es todo un microsistema particular con abundante vida microbiana
- La alimentación y el metabolismo
- Favorecen el intercambio de nutrientes entre la superficie y el subsuelo, en ambos sentidos



- Contribuyen a la mineralización de la materia orgánica
- Estimulan la actividad microbiana
- Aumentan la biodegradabilidad
- Transforman la materia y la hacen más asequible a otros organismos
- Su actividad global
- Facilita la fragmentación del suelo
- Contribuye a la mezcla y homogeneización de los componentes del suelo
- Estructura los suelos y facilita su permeabilidad
- Hace que los suelos sean más grumosos y cohesionados

#### 2.8.4. Otros organismos

##### **Ciempíes:** *Phylum Arthropoda*, Clase Chilopoda

Conocidos popularmente como ciempiés y escolopendras. Cuerpo segmentado, alargado y plano, dividido en cabeza y tronco. Usualmente azulados, amarillos pálidos y naranjas o con otras combinaciones de colores. A diferencia de los milpiés, poseen un par de patas por segmento del cuerpo, y pueden llegar a medir desde unos mm hasta varios cm. Tienen un par de antenas, por lo general de considerable longitud, localizadas en el margen anterior de la cabeza. Al final del cuerpo presentan el telson, del cual se extienden un par de apéndices a modo de patas (Cabrera, 2014).

##### **Escarabajos:** *Phylum Artropoda*, Clase Insecta, Orden Coleoptera

Los escarabajos presentan un tegumento duro (esclerotizado) y piezas bucales masticadoras con fuertes mandíbulas, su principal diferencia con otros insectos es que los adultos presentan las alas delanteras, o primer par de alas, esclerotizadas, no funcionales para el vuelo, como escudos que cubren total o parcialmente el abdomen, llamadas élitros. La función del primer par de alas es proteger el segundo par, que son membranosas, aptas para volar y en reposo se esconden debajo de los élitros, en el suelo se encuentran tanto larvas como adultos, los escarabajos pueden desarrollar todo su ciclo de vida en el suelo o solo vivir durante su fase larval, y una vez que alcanzan el estado adulto cambian de ambiente, las larvas de escarabajos, los escarabajos, ya sean en estado larval o adulto, tienen una gran variedad de formas, tamaños y sitios de refugio y alimentación. (Cabrera, 2014).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. MEDIO EXPERIMENTAL

##### 3.1.1. Ubicación del campo experimental

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el sector Cahualla del distrito de Mañazo, provincia Puno en la campaña agrícola 2017-2018, cuya ubicación geográfica es:

- Altitud: 3943 m s.n.m.
- Latitud sur: 15°48'46.15
- Latitud oeste: 70°20'41.52"

##### 3.1.2. Análisis de suelo y fuentes de abonamiento

El análisis físico - químico del suelo experimental, se realizó en el Laboratorio de Aguas y Suelos del centro experimental Illpa – INIA sede Salcedo, cuyos resultados se muestran en la Tabla 8. De acuerdo a esto, el suelo experimental es textura franco arcilloso, de pH ligeramente ácido, el contenido de materia orgánica medio, nitrógeno total bajo, fósforo disponible medio, potasio disponible es alto, suelo muy ligeramente salino.

**Tabla 8:** Análisis de fertilidad inicial del campo experimental

Elemento	Unidad de medida	Resultado	Método de análisis
Arena	%	35	Hidrómetro
Limo	%	33	Hidrómetro
Arcilla	%	32	Hidrómetro
Clase textural	-----	Franco arcillosa	Triangulo textural
pH	-----	6.47	Potenciómetro
CE	mmhos/cm	0.146	Conductímetro
Materia orgánica	%	2.08	Walkley y black
Nitrógeno total	%	0.08	Micro - Kjeldahl
Fósforo disponible	Ppm	10.97	Olsen modificado
Potasio disponible	Ppm	300.3	Fotometría de llama

Fuente: Laboratorio de análisis de aguas y suelos INIA – Salcedo



Apaza (2010), indica que los requerimientos nutritivos de la Kañiwa fluctúan entre 40 – 20 - 00 de N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O respectivamente.

### 3.1.3. Información meteorología

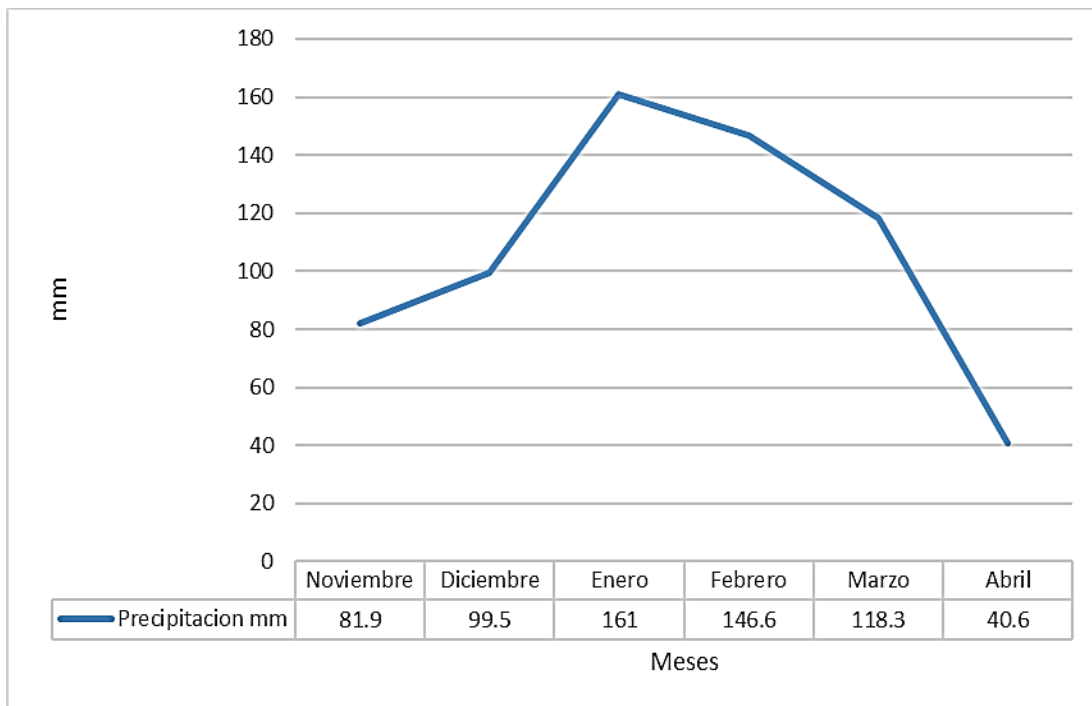
Los datos meteorológicos de precipitación y temperatura fueron proporcionados por la Estación de SENHAMI – Mañazo - Puno (CO.110820), estos se encuentran en la Tabla 9 y las Figuras 3 y 4; que corresponden a los meses de noviembre a abril de la campaña agrícola 2017 – 2018. Donde la más alta precipitación con 161 mm de lámina de agua se dio en el mes de enero, disminuyendo gradualmente hasta 40.6 en el mes de abril.

Las temperaturas máximas fluctuaron entre 15.3°C a 19.3 °C fueron en los meses de febrero y noviembre respectivamente. La mínima se presenta en el mes de abril, tiempo en que se realizó la cosecha. Durante el periodo vegetativo de este, los promedios de temperatura fluctuaron de 8.75°C a 11.1°C.

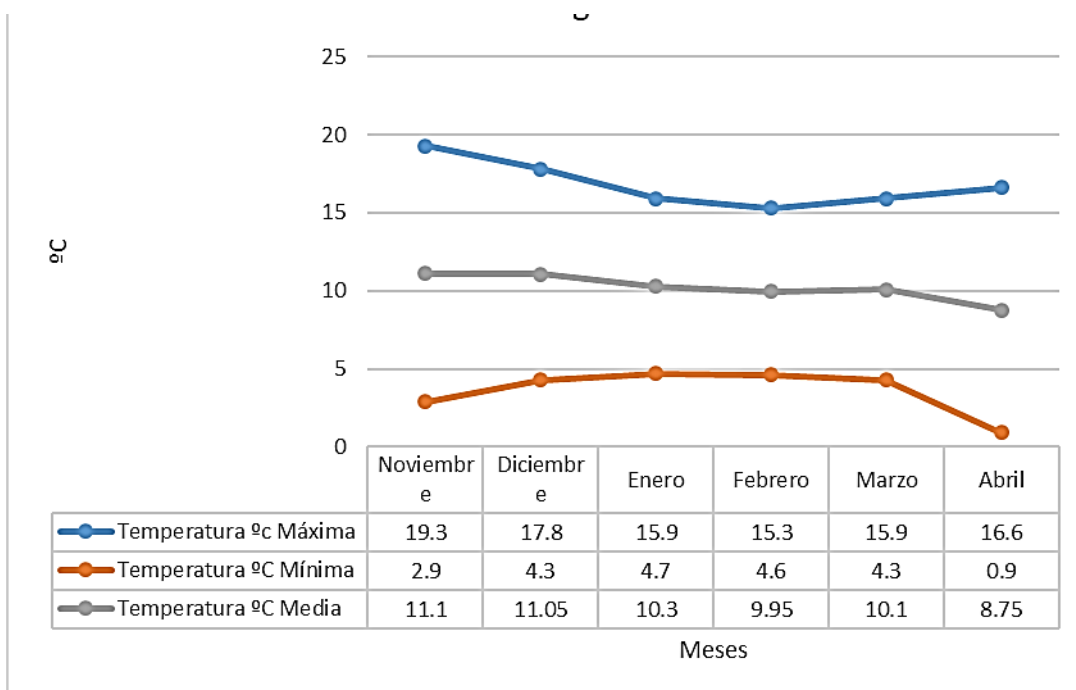
**Tabla 9:** Datos meteorológicos mensuales Mañazo – Cahualla 2018 – 2019.

Meses	Precipitación total (mm)	Temperatura C°		
		Máxima	Mínima	Media
Noviembre	81.9	19.3	2.9	11.1
Diciembre	99.5	17.8	4.3	11.05
Enero	161.0	15.9	4.7	10.3
Febrero	146.6	15.3	4.6	9.95
Marzo	118.3	15.9	4.3	10.1
Abril	40.6	16.6	0.9	8.75
TOTAL	745.9	17.0	3.0	10.0

Fuente: Estación Mañazo, SENHAMI Puno (CO.110820)



**Figura 3:** Precipitación pluvial mensual en mm Estación Mañazo, SENHAMI Puno



**Figura 4:** Temperatura máxima, mínima y media mensual en °C Estación Mañazo, SENHAMI Puno.

## 3.2. MATERIALES

### 3.2.1. Material vegetal

Se utilizó semilla de kañiwa variedad Cupi, procedente de la estación experimental Illpa INIA – Puno, según Apaza (2010) este presenta las siguientes características:

- 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.

Para separar las parcelas y cubrir los bordes del campo experimental se sembraron semillas de Avena (*Avena sativa* L.) sirviendo como protección del campo experimental.

### 3.2.2. Abonos

A continuación se observa en la Tabla 10 los abonos utilizados en el presente experimento con sus respectivos contenidos de N – P – K:

**Tabla 10:** Análisis de fertilidad de abonos utilizados en el experimento.

Fuente de abonamiento	N (%)	P (%)	K (%)
Estiércol de ovino	1.58	1.42	1.13
Compost	4.7	2	1.8
Guano de isla	11	10.49	1.88

Fuente: Análisis en laboratorio de aguas y suelos INIA Salcedo – Puno



### 3.2.3. Materiales de campo

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

### 3.2.3. Material de laboratorio y gabinete

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

## 3.3. MÉTODOS:

### 3.3.1. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental “Bloques Completamente al Azar” (DBCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones, haciendo un total de 12 unidades experimentales. Cuyo esquema de análisis de varianza (ANOVA) se muestra en la Tabla 11:

**Tabla 11:** Análisis de varianza (ANOVA) para un DBCA

Fuente	Grado De Libertad	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Estadística De Prueba F	P-vale
Tratamiento	4 – 1	$SC_{trat}$	$CM_{trat}$	$F_O^T = \frac{CM_{trat}}{CME}$	$P > F_O^T$
Bloque	3 – 1	$SC_{bloq}$	$CM_{bloq}$	$F_O^B = \frac{CM_{bloq}}{CME}$	$P > F_O^B$
Error	(4 – 1)(3 – 1)	$SCE$	$CME$	-----	-----
Total	12 – 1	$SCT$	-----	-----	-----

Modelo estadístico lineal es el siguiente;

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

**i: 1,2,..., t (t = tratamientos)**

**j: 1,2,..., r (r = bloques)**

Donde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media global

$T_i$  = efecto del tratamiento

$\beta_j$  = efecto del bloque

$\varepsilon_{ij}$  = error aleatorio

### 3.3.2. Factores en estudio

#### - Estiércol de ovino

El estiércol de ovino fue procedente de una familia que cría ovinos y esta así mismo estuvo debidamente fermentado. La calidad en cuanto a fertilidad fue analizada en el laboratorio de aguas y suelos del centro experimental Illpa – INIA sede Salcedo – Puno como se muestra en la anterior Tabla 10 y la cantidad requerida para el presente experimento fue debidamente calculada según la oferta y demanda del suelo.





- **Compost**

El compost fue preparado y proporcionado por los mismos agricultores de la zona. La calidad en cuanto a fertilidad fue analizada en el laboratorio de aguas y suelos del centro experimental Illpa – INIA sede Salcedo – Puno como se muestra en la anterior Tabla 10 y la cantidad requerida para el presente experimento fue debidamente calculada según la oferta y demanda del suelo.

- **Guano de isla**

El guano de isla fue adquirido por el C. E. Illpa - INIA sede Salcedo – Puno. La calidad en cuanto a fertilidad se analizó en el laboratorio de aguas y suelos del C. E. Illpa – INIA sede Salcedo – Puno como se muestra en la anterior Tabla 10 y la cantidad requerida para el presente experimento fue debidamente calculada según la oferta y demanda del suelo para el presente experimento.

- **Urea**

La urea fue adquirida por el C. E. Illpa - INIA sede Salcedo - Puno en cantidad requerida para el presente experimento con un contenido declarado de 46% de N. Se optó utilizar los insumos químicos como testigo para proporcionar las necesidades nutricionales y asemejar a una agricultura convencional.

El cálculo de requerimiento de abonos y fertilizantes se realizó con datos del resultado del análisis de fertilidad de suelo antes de la siembra para posteriormente realizar una comparación de cómo influye en el rendimiento del cultivo y también en características químicas, físicas y biológicas del suelo realizando un análisis de caracterización.

La incorporación de abonos en las parcelas de estudio se realizó en dos etapas aplicando la mitad antes de la siembra con excepción del estiércol de ovino y la otra mitad después del primer aporque. En la Tabla 10 se observa la cantidad de abono utilizadas en el experimento:

**Tabla 12:** Fuente y dosis de aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos

Tratamiento	Abono orgánico y fertilizantes	Cantidad kg/parcela (40m <sup>2</sup> )
T1	Estiércol de ovino	5.10
T2	Compost	1.70
T3	Guano de isla	0.73
T4	Urea	0.17

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3. Variables de respuesta

- Análisis de caracterización
  - pH del suelo
  - CE del suelo mmhos/cm
  - Materia orgánica del suelo (%)
  - Nitrógeno total (%)
  - Fósforo disponible (ppm)
  - Potasio disponible (ppm)
  - Sodio Na<sup>+</sup> (me/100g)
  - Capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC) (me/100g)
  - Porosidad del suelo (%)
- Número de lombrices/m<sup>2</sup>
- Rendimiento de Kañiwa kg/ha

## 3.4. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

### 3.4.1. Muestreo del suelo

El terreno de cultivo fue muestreado en zigzag tomando diferentes puntos de muestreo a una profundidad promedio de 18 cm, los cuales fueron depositados en una bolsa para su homogenización y a partir de ello se tomó una muestra de 1 kg de suelo, con los datos de campo fue remitida al laboratorio de Análisis de Aguas y Suelos del centro experimental Illpa - INIA sede Salcedo - Puno, para su análisis respectivo.

### 3.4.2. Preparación del terreno

El 10 de marzo del 2017, se realizó la primera roturación del terreno con tractor y la segunda roturación el 14 de noviembre. Antes de la siembra se procedió a marcar



mediante el croquis planteado (Anexo 26) y surcar el campo experimental a mano, tomando en cuenta el diseño experimental y la distribución de los tratamientos.

#### Características del campo experimental

- Número de tratamientos	4
- Número de repeticiones	3
- Número de unidades experimentales	12
- Ancho de parcela	5 m
- Largo de parcela	8 m
- Área de parcela	40 m <sup>2</sup>
- Largo neto del Campo Experimental	32 m
- Ancho neto del Campo Experimental	15 m
- Área Neta del campo experimental	480 m <sup>2</sup>
- Largo total del campo experimental	34.5 m
- Ancho total del Campo experimental	19 m
- Área total del terreno	655.5 m <sup>2</sup>
- Distanciamiento entre parcelas	0.5 m
- Distanciamiento entre bloques	1 m
- Número de surcos por parcela	8

#### 3.4.3. Abonamiento

Se realizó en base a los análisis de fertilidad de abonos orgánicos y cálculos de la demanda y oferta del suelo, las aplicaciones de abonos se realizaron manualmente a chorro continuo en cada parcela de estudio depositándose en el fondo del surco. A continuación se detalla las dos aplicaciones:

El 14 de noviembre antes de realizar la siembra se procedió a la primera aplicación de 5,1 kg/parcela de estiércol de ovino, 0.85 kg/parcela de compost, 0.37 kg/parcela de guano de isla y 0.09 kg/parcela de urea.

Posteriormente, la segunda aplicación se realizó en el primer aporque del cultivo el día 12 de enero, siendo las mismas dosis con excepción del estiércol de ovino ya que este se aplicó por completo en la primera aplicación.



#### 3.4.4. Siembra

Se realizó el 14 de noviembre del 2017 a una densidad de 7 kg/ha, utilizando el sistema de siembra por surcos, depositando las semillas a chorro continuo, posteriormente fueron cubiertas con una ligera capa de suelo para favorecer la germinación. Las calles y bordes de la parcela se sembraron semillas de avena para diferenciar los tratamientos y utilizarlas como barrera contra cualquier percance que pudiera pasar.

#### 2.4.5. Labores culturales

##### Deshierbo

Las malezas fueron extraídas manualmente durante desahíje y el aporque para evitar que las malezas compitan con las plantas sembradas. Entre las principales malezas identificadas fueron:

- Cebadilla                    *Bromus unioloides* Kunt
- Misico                        *Bidens andicola* Kunt
- Nabo silvestre              *Brassica campestris* L.
- Malva Kora                  *Tarasa cerratei* Kaprov
- Amor seco                   *Bidens pilosa* L.
- Aguja aguja                *Erodium cicutarum* L.
- Verbena                      *Verbena peruviana*
- Diente de león              *Taraxacum officinalis*

#### 3.4.5. Cosecha

El proceso de la cosecha de grano se realizó el 10 de abril del 2018 y consto de las siguientes actividades:

- a) Corte y emparvado

Se realizó manualmente en la fase fenológica madurez fisiológica del grano, para ello se utilizó hoces, el corte se efectuó aproximadamente a 3 cm. del suelo. Luego de la cosecha se procedió al emparvado en forma de conos, con la finalidad de que los granos completen su madurez y el secado para facilitar la trilla



b) Trilla

El trillado se efectuó con instrumentos tradicionales conocido como “huactanas” sobre una toldera y con mantas gruesas con el objetivo de desgranar la inflorescencia y evitar la presencia de impurezas.

c) Venteado y limpieza

Esta labor se realizó en forma manual, después de la trilla, aprovechándose como energía la presencia del viento para la separación del grano vigoroso y de las impurezas “chuzos” que comúnmente se presenta en el cultivo.

d) Secado y pesado

La actividad del secado de grano se realiza inmediatamente después del venteo, con la finalidad de que los granos completen su secado en su totalidad y prevenir el ataque de hongos por humedecimiento. Después del secado se procedió a pesar con la ayuda de una balanza, luego se procedió al envasado para su posterior almacenamiento

### **3.5. OBSERVACIONES REALIZADAS**

#### **3.5.1. Análisis de semilla**

Los resultados del análisis de semilla. Poder germinativo 99% y pureza 99%

#### **3.5.1. Emergencia**

Su evaluación se realizó verificando todos los surcos y se determinó por observación el porcentaje de emergencia por tratamientos y se anotó los datos en fichas de evaluación.

#### **3.5.2. Análisis de caracterización de suelos después de la cosecha**

Para evaluar este parámetro se realizó el muestreo de suelos aleatorios en zigzag después de la cosecha por parcela es decir por tratamiento y sus respectivas repeticiones. Se realizó el muestreo en cada parcela, en cada punto se tomó la muestra a una profundidad de 20 cm con un peso aproximado de 500 gr, este procedimiento se repitió 6 veces en cada parcela luego con ayuda de una manta se mezclaron las 6 muestras y de esta mezcla se muestreó solo una, se codificó el envase y se transportó inmediatamente al laboratorio de análisis de aguas y suelos del centro experimental Illpa INIA – Salcedo.



### **3.5.3. Número de lombrices**

Para evaluar la cantidad de macroorganismos en el suelo en cada tratamiento, se realizó la instalación de cuadrantes de 1x1 m<sup>2</sup> área en las parcelas de investigación con ayuda de estacas y rafia, se fijó evaluar mensualmente después de realizar la siembra, contabilizando la cantidad de lombrices e insectos o larvas que se encontraba en lugar, este procedimiento se repitió 4 veces en todo el periodo de investigación, para contabilizar las lombrices y larvas se realizó el excavado del suelo en cuatro puntos del cuadrante a una profundidad aproximada de 15 cm, manteniendo en todo momento el conteo.

### **3.5.4. Rendimiento de grano**

Las semillas una vez cosechadas en el campo de cultivo fueron emparvadas para favorecer su madurez fisiológica, posterior a ello, se sometió a la labor del trillado manual, luego se sometió al proceso de selección de grano empleando para ello una zaranda metálica. Luego fueron los granos sometidos al venteo correspondiente para la limpieza de los granos. Finalmente, los granos de avena fueron secados a la intemperie a fin de disminuir el contenido de humedad presente en los granos. Para determinar el rendimiento de semilla se procedió a muestrear bajo la siguiente metodología:

Se ha obtenido la muestra del lote de semillas de cada tratamiento en estudio, que corresponde a toda la parcela de cultivo en estudio, bajo tres repeticiones de muestreo, luego con la ayuda de una balanza de capacidad de 10 kilos con dos dígitos fueron pesados por cada parcela. Para la tabulación de datos los valores fueron sistematizados obteniéndose un promedio por cada tratamiento en estudio.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 13 se muestra los resultados del contenido de Macronutrientes (Nitrogeno, Fósforo y Potasio), materia orgánica, potencial de hidrogeniones y conductividad eléctrica de suelos en investigación antes de la instalación del cultivo y después de la cosecha, al realizar las comparaciones se observa que el incremento de nitrógeno y fósforo se dan en el tratamiento T1 (Estiércol de ovino), T2 (Compost) y T3 (Guano de Isla); Morales (2003), indica que los abonos orgánicos son sustancias complejas de lenta liberación de nutrientes, situación que se observó en el experimento ya que los niveles de nutrientes se encuentran incrementando a comparación de tratamiento T4 (Urea Testigo) que obtuvo mínimas diferencias, así como indica Coronado (1997) que los fertilizantes químicos tienen menor eficiencia de adsorción en el suelo por lo que tienden a volatilizarse. En el análisis de Potasio disponible el tratamiento dos (Compost) y el tratamiento tres (Guano de Isla) muestran altos niveles a diferencia del tratamiento uno (Estiércol de ovino) y el tratamiento cuatro (Urea Testigo) que muestran bajos niveles.

En el análisis de materia orgánica los tratamientos T1 (Estiércol de ovino), T2 (Compost) y T3(Guano de Isla) muestran porcentajes altos, Buckman y Brady, Mora (2006) y Agrorural 2013 señalan que estos abonos incrementan el contenido de materia orgánica, por otro lado Castellanos *et al* (1996) manifiesta que el uso indiscriminado de fertilizantes tuvo como consecuencia la reducción de contenido de materia orgánica situación que se muestra en el presente trabajo de investigación ya que el tratamiento T4 (Urea Testigo) presenta menores porcentajes de materia orgánica.

El pH del suelo se clasificó inicialmente como ligeramente ácido con 6.47, los tratamientos T1 (Estiércol de ovino), T2 (Compost) y T3 (Guano de Isla) presentan niveles de 6.36, 6.41 y 6.50 de pH respectivamente permaneciendo en una clasificación igual a la inicial, en cambio el tratamiento T4 (Urea Testigo) incrementó su pH a 6.73 clasificándose como un suelo neutro. La Conductividad Eléctrica (CE) del suelo se clasificó inicialmente como muy ligeramente salino con 0.146 mmhos/cm, por otro lado, en el análisis de suelos después de la cosecha el tratamiento T1 (Estiércol de ovino) y T2 (Compost) presentan 0.146 y 0.143 mmhos/cm siendo muy parecida al resultado inicial por otro lado el tratamiento T3 (Guano de Isla) superó en 0.020 mmhos/cm al resultado

inicial, en cambio el tratamiento T4 (Urea Testigo) superó en 0.052 mmhos/cm al resultado inicial con tendencia al incremento salino del suelo.

**Tabla 13:** Análisis de suelos antes de la siembra y después de la cosecha.

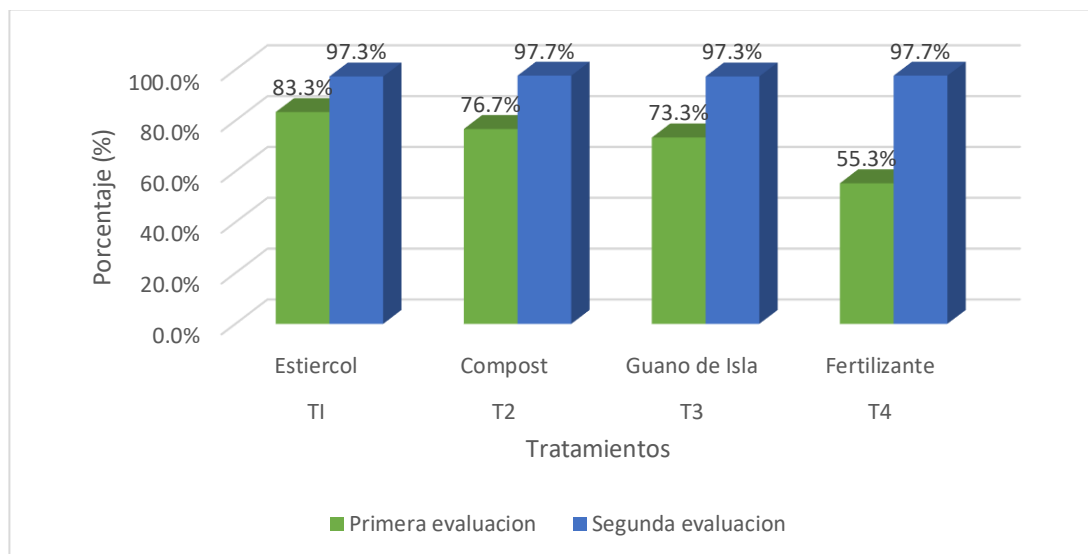
Tratamiento	Parámetro	Análisis inicial	Análisis final
T1 Estiércol de ovino	N (%)	0.08	0.303
	P (ppm)	10.97	22.233
	K disponible (ppm)	300.30	638.600
	MO (%)	2.08	3.310
	pH	6.470	6.360
	CE	0.146	0.146
T2 Compost	N (%)	0.080	0.341
	P (ppm)	10.970	21.583
	K disponible (ppm)	300.300	729.83
	MO (%)	2.080	3.130
	pH	6.470	6.410
	CE	0.146	0.143
T3 Guano de isla	N (%)	0.080	0.279
	P (ppm)	10.970	20.850
	K disponible (ppm)	300.300	736.300
	MO (%)	2.080	3.260
	pH	6.470	6.500
	CE	0.146	0.166
T4 Urea Testigo	N (%)	0.080	0.279
	P (ppm)	10.970	18.100
	K disponible (ppm)	300.300	581.000
	MO (%)	2.080	2.810
	pH	6.470	6.730
	CE	0.146	0.198

Fuente: Laboratorio de análisis de aguas y suelos INIA – SALCEDO.



#### 4.1. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA EMERGENCIA DE PLANTAS

En la Figura 5 se observa que el tratamiento cuatro (Urea Testigo) presenta porcentajes bajos de emergencia no obstante el tratamiento uno (Estiércol de ovino) en su primera evaluación presenta alto porcentaje de emergencia, algunos autores manifiestan que el estiércol tiene la capacidad de retener humedad, regular la temperatura y entre otros factores edáficos que son muy favorables para la semilla situación que se presenta en los resultados del presente trabajo. En la segunda evaluación se observa que la emergencia de plantas están casi uniformes, en efecto del porcentaje de germinación de semilla evaluado en el laboratorio que fue de 99 %; por lo tanto, las condiciones del suelo influyen ciertamente en la aceleración del porcentaje de emergencia.

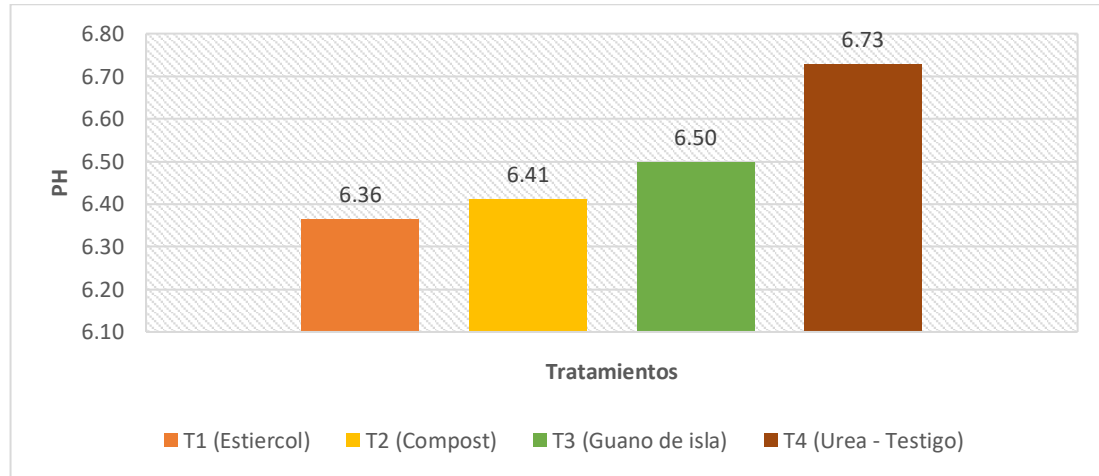


**Figura 5:** Emergencia de plantas de Kañiwa

#### 4.2. EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

A continuación se muestra los resultados del análisis de suelos después de la cosecha, haciendo una comparación entre los tratamientos con sus respectivos análisis estadísticos ANOVA y prueba TUKEY al 5%.

#### 4.2.1. Efecto de los tratamientos sobre el potencial de hidrogeniones (pH) del suelo después de la cosecha



**Figura 6.** Análisis de PH del suelo después de la cosecha.

En la Figura 6 se observa que el tratamiento T4 (Urea Testigo) presenta el pH más alto con un promedio de 6.73 Rampoldi (2015), en su trabajo de investigación llega a la conclusión de que el pH incrementa con la aplicación de urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  dado que este al ser aplicado sobre el suelo produce la hidratación del grano y su disolución, es decir, la ureasa bacteriana es una enzima presente en los suelos y en la materia orgánica la cual produce el desdoblamiento molecular de la urea en  $\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4$  y  $\text{CO}$  que es inestable pudiendo hidrolizarse de forma casi instantánea produciendo el aumento de pH en la zona circundante del granulo del fertilizante con una posibilidad de presentar un pH mayor, exhibiendo la misma situación en el T4 (Urea Testigo) ya que muestra incremento en sus resultados. En los tratamientos con incorporación de abonos orgánicos se observa que el pH es menor siendo su clasificación ligeramente ácida. Marschner (1995), manifiesta acerca del tema que el humus contiene grupos carboxílicos y fenólicos activos que se comportan como ácidos débiles liberando  $\text{H}^+$  según la constante de disociación de los ácidos orgánicos presentes en la materia orgánica del suelo, esto indica que existe una relación inversamente proporcional entre el pH y la MO, razón por la cual se observa bajos niveles de pH en estos tratamientos.

En la Tabla 14 se observa el análisis de varianza para pH en el suelo, al comparar los tratamientos el valor de  $F_c = 2.04 < F_t = 4.76$ , por lo tanto, no existe evidencias estadísticamente significativas para un valor significativo de  $\alpha=0.05$  entre los

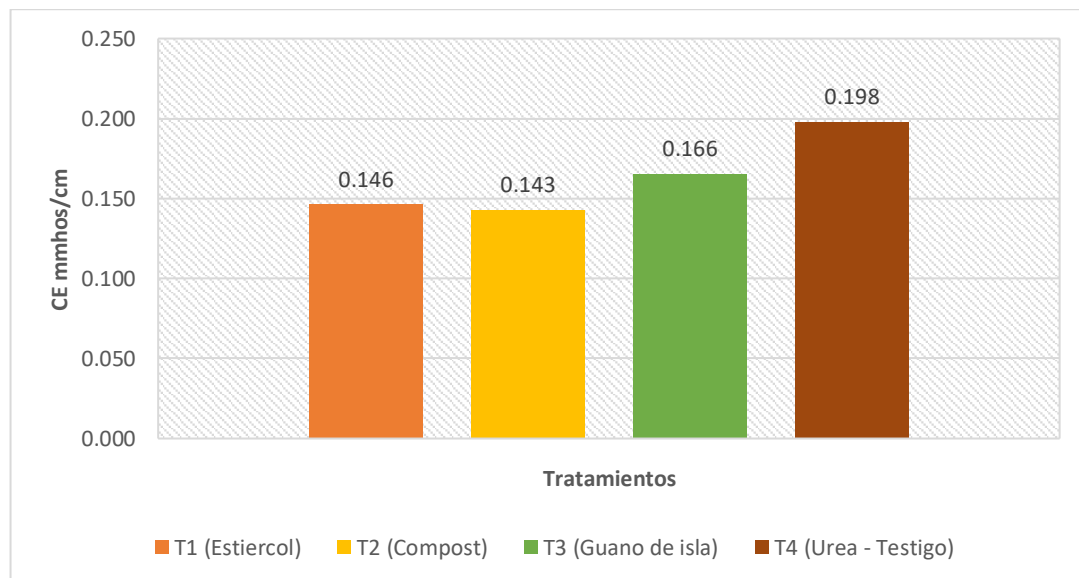
tratamientos en estudio. Por lo tanto, el uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas en la investigación no influye estadísticamente en el pH del suelo ( $p > 0.05$ ). En los bloques al usar los diferentes tratamientos se muestra que sí existe diferencia estadísticamente significativa. El coeficiente de variabilidad es de 3.01%, esto indica que los datos evaluados son confiables. El promedio de pH del suelo es de 6.5 y se encuentra en un rango ligeramente ácido.

**Tabla 14.** Análisis de varianza para el pH en cada tratamiento.

Fuente	GL	S.C.	C.M.	FC	0.05	SIG.	Pr > F
Bloque	2	0.52581667	0.26290833	6.86	5.14	+	0.0282
Tratamiento	3	0.23449167	0.07816389	2.04	4.76	NS	0.2100
Error	6	0.22998333	0.03833056				
Total	11	0.99029167					

CV=3.01% Y= 6.50

#### 4.2.2. Efecto de los tratamientos sobre la conductividad eléctrica mmhos/cm (CE) del suelo después de la cosecha.



**Figura 7.** Análisis de CE del suelo después de la cosecha.

En la Figura 7 se observa que el tratamiento cuatro (Urea Testigo) tiene un valor en promedio de 0.198 mmhos/cm en comparación a los demás tratamientos es el más alto, ante este resultado Rosas (2008), indica en su trabajo de investigación que a mayor aplicación de fertilizantes mayor será el valor de la conductividad eléctrica, Además.

Mazuela y de la Riva (2013), señalan que la conductividad eléctrica es una medida de salinidad del suelo. Eventualmente en el tratamiento cuatro (Urea Testigo) se observa un acumulamiento de sales siendo esta la más alta en conductividad eléctrica a comparación de los tratamientos incorporados con abonos orgánicos de la misma manera que presentó Rosas (2008). Así mismo García y Jauregui (2008), manifiestan sobre el tema que la salinidad es uno de los principales factores abióticos que limitan la productividad agrícola, probablemente debido a este factor, el tratamiento cuatro (Urea Testigo), resulto con un menor rendimiento de grano a comparación de los tratamientos incorporados con abonos orgánicos (Ver Figura 19).

En la Tabla 15 se observa el análisis de varianza para los resultados de conductividad eléctrica del suelo, al comparar los tratamientos el valor de  $F_c = 16.56 > F_t = 4.76$ , entonces existe evidencias estadísticamente significativas para un valor de significancia de  $\alpha=0.05$  entre los tratamientos en estudio. Por lo tanto, el uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas influye en un cambio significativo de este parámetro. En los bloques al usar los diferentes tratamientos se muestra que si existe diferencia estadísticamente significativa.

El coeficiente de variabilidad es de 6.54 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables. El promedio es de 0.16 mmhos/cm, esto indica que el suelo se encuentra en un rango muy ligeramente salino.

**Tabla 15.** Análisis de varianza para el CE en cada tratamiento.

Fuente	GL	S.C.	C.M.	FC	0.05	SIG.	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	0.00342817	0.00171408	15.08	5.14	*	0.0046
<b>Trat</b>	3	0.00565492	0.00188497	16.59	4.76	*	0.0026
<b>Error</b>	6	0.00068183	0.00011364				
<b>Total</b>	11	0.00976492					

CV=6.54%      Y= 0.16

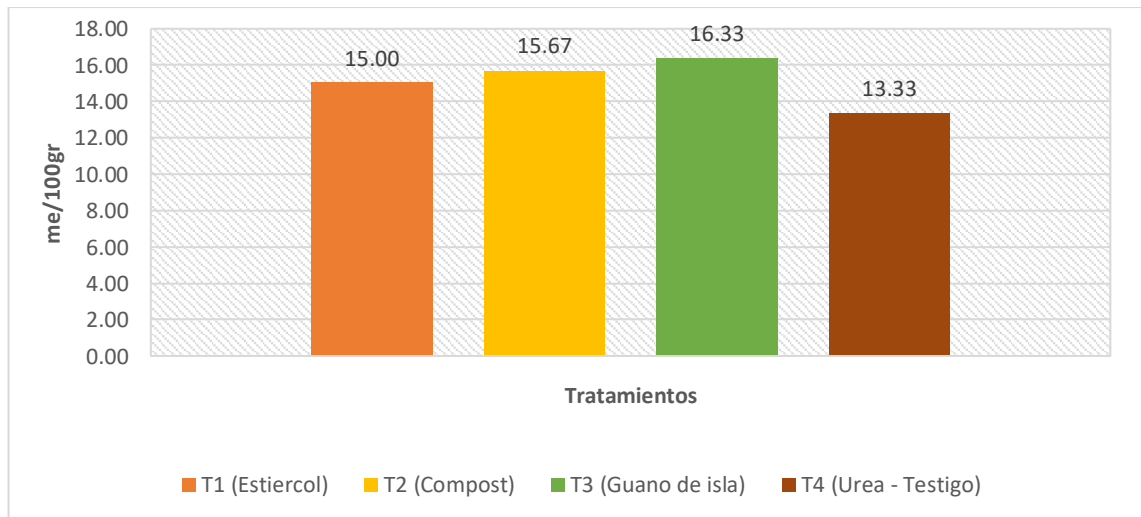
La prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto sobre la Conductividad Eléctrica (Tabla 16), se observa que en los resultados de CE del suelo existe una diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento T4 (Urea Testigo) con 0.20 mmhos/cm con los tratamientos T3 (Guano de Isla), T2 (Compost) y tratamiento T1 (Estiércol de ovino) con promedios de 0.17, 0.15 y 0.14 mmhos/cm respectivamente. Ante estos resultados se

afirma lo mencionado por Rosas (2008), a mayor aplicación de fertilizantes mayor será el valor de la CE por lo tanto, mayor salinidad en el suelo.

**Tabla 16.** Prueba TUKEY ( $P \leq 0.05$ ) para el CE en cada tratamiento.

Orden	Tratamiento	Promedio	Prueba Tukey
1	T4 (UT)	0.197667	A
2	T3 (GI)	0.165333	B
3	T1 (EO)	0.146333	B
4	T2 (C)	0.143000	B

#### 4.2.3. Efecto de los tratamientos sobre la capacidad de intercambio catiónico me/100gr (CIC) del suelo después de la cosecha.



**Figura 8.** Análisis de CIC del suelo después de la cosecha.

Al comparar los niveles de capacidad de intercambio catiónico del suelo estas se presentan en rango de 13 a 17 meq/100g ante esto Canihua y Salcedo (2016), señalan que la capacidad de intercambio catiónico de un suelo franco se encuentra en un rango de 5 – 15 meq/100g y de un suelo arcilloso de 15 a 25 situación que se observa en los resultados de la presente investigación ya que la textura del suelo se encuentra de franco a franco arcilloso según los resultados del análisis de suelos. Por otro lado, se observa que los tratamientos uno (Estiércol de ovino), dos (Compost) y tres (Guano de Isla) presentan niveles más altos en Capacidad de Intercambio Catiónico a comparación del tratamiento cuatro (Urea Testigo) en ese sentido INTAGRI (2019) y Herrera (2008), señalan que la capacidad de intercambio catiónico indica el potencial de un suelo para retener e



intercambiar nutrientes y que si ésta se eleva la fertilidad también aumenta, así mismo, manifiestan que a mayor materia orgánica mayor es la capacidad de intercambio cationico. Esto concuerda con los resultados observados en la Figura 10, ya que los tres primeros tratamientos muestran mayor porcentaje de materia orgánica en comparación del tratamiento cuatro (Urea Testigo).

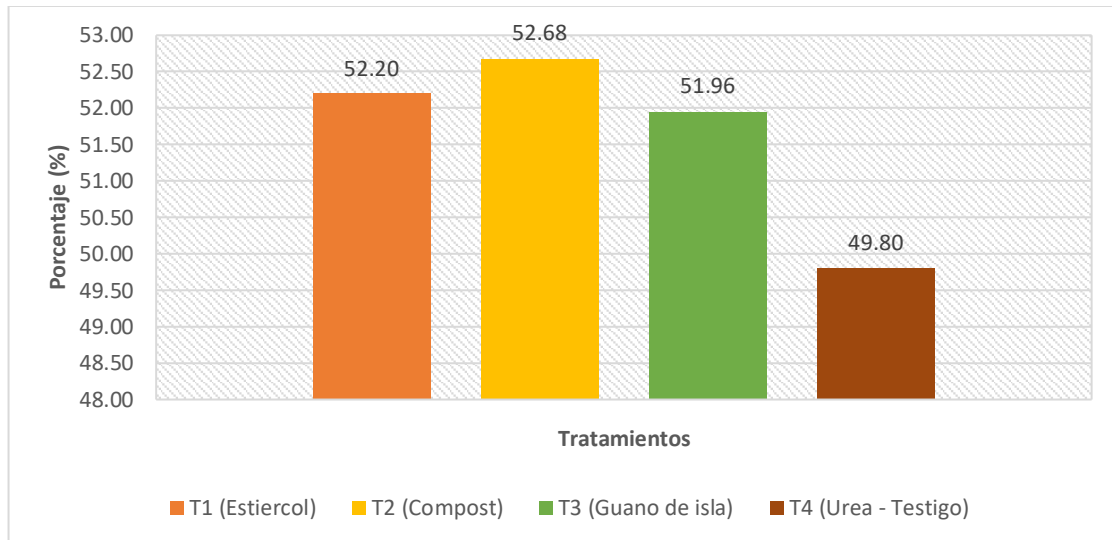
En la Tabla 17 se observa la capacidad de intercambio catiónico del suelo, al comparar los tratamientos el valor de  $F_c = 1.37 < F_t = 4.76$ , por consiguiente se afirma que no existe evidencias estadísticamente significativas  $p > 0.05$  entre los tratamientos en estudio. Por lo tanto, el uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas no influye en un cambio significativo de este parámetro. En los bloques al usar los diferentes tratamientos se muestra que tampoco existe diferencia estadísticamente significativa. El coeficiente de variabilidad es de 12.64 %, el cual indica que los datos evaluados fueron confiables.

**Tabla 17.** Análisis de varianza para CIC en cada tratamiento.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>FC</b>	<b>0.05</b>	<b>SIG.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Bloque</b>	2	6.16666667	3.08333333	0.85	5.14	NS	0.4741
<b>Trat</b>	3	14.91666667	4.97222222	1.37	4.76	NS	0.3398
<b>Error</b>	6	21.83333333	3.63888889				
<b>Total</b>	11	42.91666667					

CV= 12.64%      Y=15.08

#### 4.2.4. Efecto de los tratamientos sobre la porosidad (%) del suelo después de la cosecha



**Figura 9.** Análisis de porosidad del suelo después de la cosecha.

Al comparar los porcentajes de porosidad del suelo, Castellanos (1996) manifiesta lo siguiente, los fertilizantes minerales trajeron como consecuencia el deterioro de las propiedades físicas ya que se reduce el contenido de materia orgánica. En la Figura 9 se observa que la porosidad en el tratamiento cuatro (Urea Testigo) presenta menor porcentaje a comparación de los demás tratamientos con un promedio de 49.80% tal como manifiesta Castellanos (1996). Por otro lado, el tratamiento dos (Compost) presenta alto porcentaje con promedio de 52.680 % justamente Fairbairn y Morales (2001) y Pineda (1994), señalan que el compost mejora la estructura del suelo optimizando el espacio poroso del suelo; asimismo Delgado (2017), señala que la estructura del suelo por la materia orgánica y los macro organismos conlleva a la formación de poros, mejorando así la estructura del suelo; Buckman y Brady (1977) y Borrero (2009), indican que el estiércol de ovino mejora las propiedades físicas de los suelos en efecto sucede lo mismo con el tratamiento uno (Estiércol de ovino) ya que se incrementó la porosidad.

En la Tabla 18 se observa la porosidad del suelo, comparando los tratamientos el valor de  $F_c = 1.39 < F_t = 4.76$ , afirmando que no existe evidencias estadísticamente significativas para un valor de significancia de  $\alpha=0.05$  entre los tratamientos en estudio. Por lo tanto, el uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas no influye en un cambio significativo de este parámetro. En los bloques al usar los diferentes tratamientos se muestra que tampoco existe diferencia estadísticamente significativa. El coeficiente de variabilidad es de 3.61 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables. El promedio es de 51.66 %, esto indica que el suelo se clasifica en un rango alto, lo que se debe al contenido de materia orgánica en el suelo tal como lo indica Herrera (2008), quien

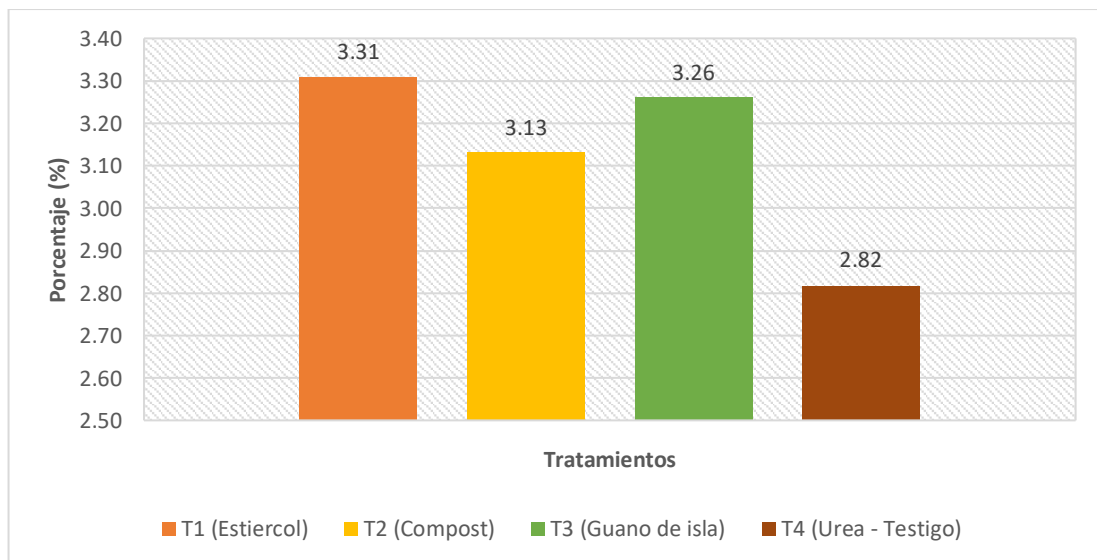
señala que este parámetro depende de la textura, la estructura y que esta varía de acuerdo al contenido de materia orgánica.

**Tabla 18.** Análisis de varianza para la porosidad en cada tratamiento.

Fuente	GL	S.C.	C.M.	FC	0.05	SIG.	Pr > F
<b>Bloq</b>	2	18.94310600	9.47155300	2.71	5.14	NS	0.1447
<b>Trat</b>	3	14.59446067	4.86482022	1.39	4.76	NS	0.3328
<b>Error</b>	6	20.94107533	3.49017922				
<b>Total</b>	11	54.47864200					

CV=3.61%      Y=51.66

#### 4.2.5. Efecto de los tratamientos sobre el contenido de materia orgánica (%) después de la cosecha



**Figura 10.** Materia orgánica del suelo de cada bloque con sus respectivos tratamientos analizada después de la cosecha.

Al comparar el contenido de materia orgánica del suelo (Figura 10) el tratamiento T4 (Urea Testigo) muestra menor porcentaje con un promedio de 2.818% por otro lado Borrero (2009), y Buckman Brady (1977), sostienen que el estiércol de ovino mejora las propiedades biológicas del suelo así como sucede en el tratamiento uno (Estiércol de ovino) presentando mayor promedio con un resultado de 3.309 %. Así mismo Arzola *et al.* (2000) y Morales (2003), sostienen que la materia orgánica actúa como un fertilizante natural y una excelente enmienda que mejora las propiedades del suelo. Del mismo modo, manifiesta que se ha demostrado la posibilidad de obtener buenos rendimientos



económicos y productivos como muestra los resultados de rendimiento de grano con una fertilización orgánica.

En la Tabla 19 se observa el análisis de varianza de la materia orgánica del suelo, al comparar los tratamientos el valor de  $F_c = 1.48 < F_t = 4.76$ , indicando que no existe evidencias estadísticamente significativas para un valor de significancia  $\alpha=0.05$  entre los tratamientos en estudio. Por lo tanto, el uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas no influye en un cambio significativo de este parámetro. En los bloques al usar los diferentes tratamientos se muestra que tampoco existe diferencia estadísticamente significativa.

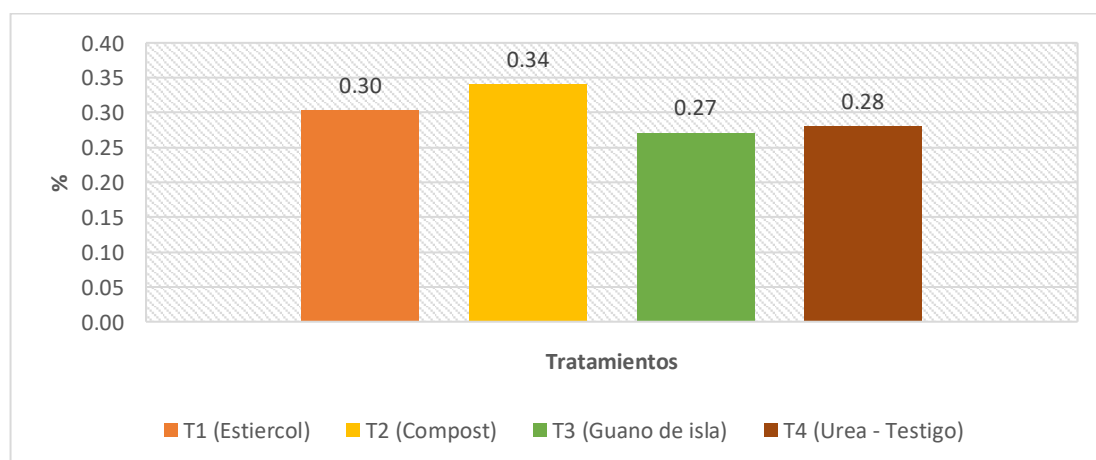
El coeficiente de variabilidad es de 10.06 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables. El promedio es de 3.13 %, esto indica que el suelo se encuentra en un rango medio, pudiendo deberse al contenido de abonos orgánicos y restos vegetales.

**Tabla 19.** Análisis de varianza para la materia orgánica en cada tratamiento.

Fuente	GL	S.C.	C.M.	FC	0.05	SIG.	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	0.10432017	0.05216008	0.53	5.14	NS	0.6156
<b>Trat</b>	3	0.43833092	0.14611031	1.48	4.76	NS	0.3129
<b>Error</b>	6	0.59429983	0.09904997				
<b>Total</b>	11	1.13695092					

CV=10.06%      Y= 3.13%

#### 4.2.6. Efecto de los tratamientos sobre el Nitrógeno total (N) del suelo después de la cosecha



**Figura 11.** Análisis de Nitrógeno total % del suelo después de la cosecha.

Al comparar los porcentajes de nitrógeno total del suelo Pineda (1994), manifiesta que el compost tiene la capacidad de liberar progresivamente el nitrógeno (N), así como en la Figura 11 se observa el tratamiento dos (Compost) presenta mayor porcentaje de nitrógeno en el suelo, así mismo Herrera (2008), señala que el contenido de nitrógeno depende del contenido de materia orgánica en el suelo tal como se observa en la Figura 10; los tratamientos con mayor porcentaje de materia orgánica son los tratamientos uno (estiércol de ovino), dos (compost) y tres (guano de isla) y que al mismo tiempo contienen mayor porcentaje de nitrógeno total. En la interpretación del análisis de suelos este macronutriente se encuentra en un rango alto.

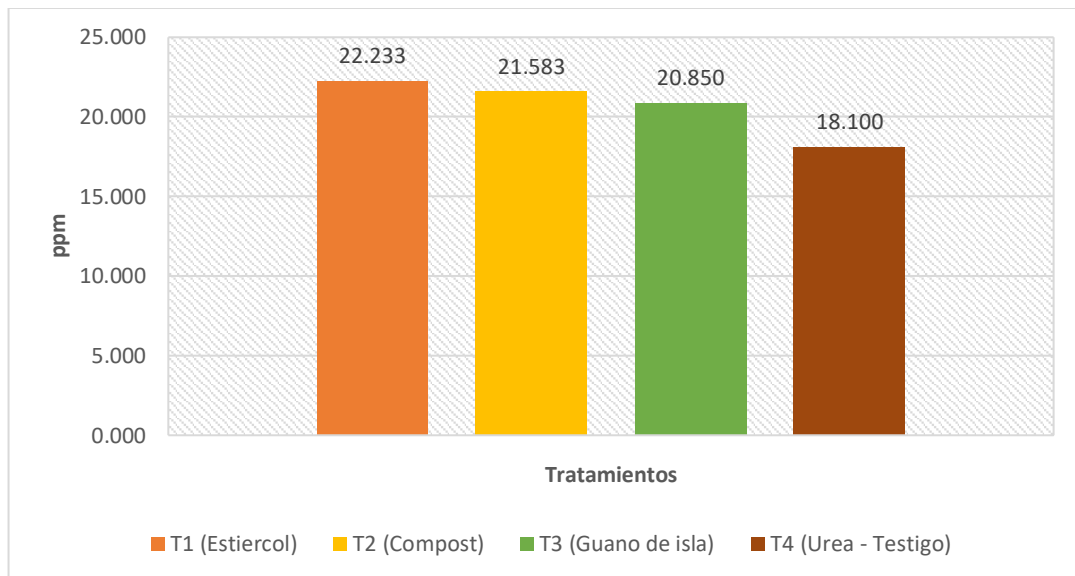
En la Tabla 20 se observa la cantidad de nitrógeno en el suelo, al comparar los tratamientos el valor de  $F_c = 1.97 < F_t = 4.76$ , entonces se afirma que no existe evidencias estadísticamente significativas para un valor de significancia de  $\alpha=0.05$  entre los tratamientos en estudio. Por lo tanto, el uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas no influye en un cambio significativo de este parámetro. En los bloques al usar los diferentes tratamientos se muestra que existe diferencia estadísticamente significativa. El coeficiente de variabilidad es de 12.96 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables. El promedio es de 0.3 %, esto indica que el suelo se encuentra en un rango alto de nitrógeno,

**Tabla 20.** Análisis de varianza para nitrógeno total en cada tratamiento.

Fuente	GL	S.C.	C.M.	FC	0.05	SIG.	Pr > F
Bloque	2	0.02103800	0.01051900	7.03	5.14	*	0.0268
Tratamiento	3	0.00883033	0.00294344	1.97	4.76	NS	0.2205
Error	6	0.00898067	0.00149678				
Total	11	0.03884900					

CV=12.96%      Y=0.3%

#### **4.2.7. Efecto de los tratamientos sobre el Fósforo disponible (ppm) del suelo después de la cosecha.**



**Figura 12.** Análisis de Fósforo disponible del suelo después de la cosecha.

Al comparar los niveles de fósforo disponible en el suelo la Figura 12 muestra que los tratamientos uno (Estiercol de ovino), dos (Compost) y tres (Guano de Isla) presentan altos niveles debido a que el cultivo no requirió de fósforo ya que los abonos presentan contenido de fósforo según el análisis de laboratorio que presenta cada uno de estos la cual fue liberándose durante la campaña agrícola. En el tratamiento cuatro (Urea Testigo) resultó en promedio 18.10 ppm, esto debido a que no se añadió fertilizantes químicos fosfatados; sin embargo, según la interpretación del análisis de laboratorio de suelos la clasificación del fósforo disponible se encuentra como alto.

En la Tabla 21 se observa el análisis de varianza del fósforo disponible del suelo, al comparar los tratamientos el valor de  $F_c = 1.27 < F_t = 4.76$ . Entonces se afirma que no existe evidencias estadísticamente significativas para un valor de significancia de  $\alpha=0.05$  entre los tratamientos en estudio; por lo tanto, el uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas no influyen en un cambio significativo de este parámetro. En los bloques al usar los diferentes tratamientos se muestra que tampoco existe diferencia estadísticamente significativa

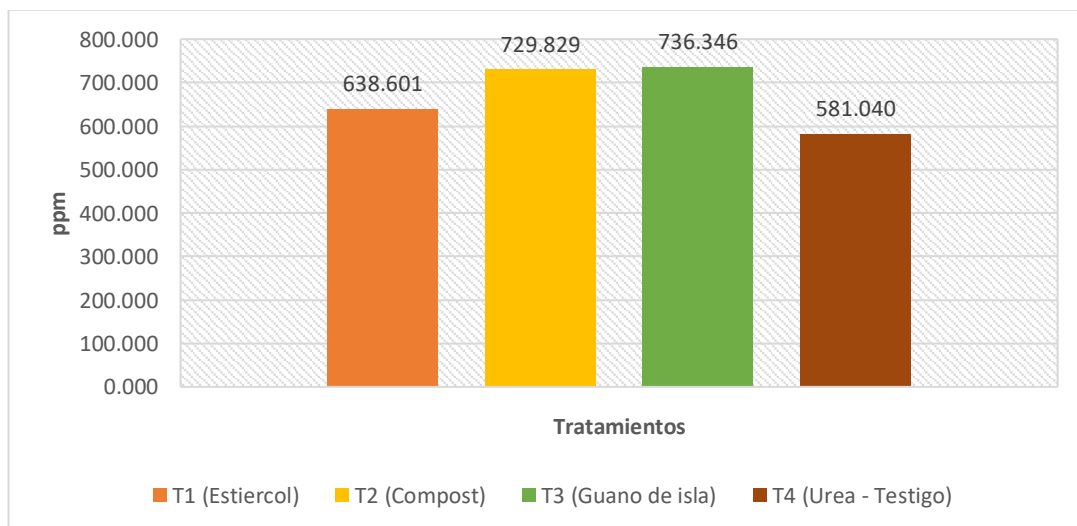
El coeficiente de variabilidad es de 13.5 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables. El promedio es de 20.69 %, esto indica que el suelo se encuentra en un rango alto.

**Tabla 21.** Análisis de varianza para el fósforo en cada tratamiento.

Fuente	GL	S.C.	C.M.	FC	0.05	SIG.	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	61.38291667	30.69145833	3.94	5.14	NS	0.0809
<b>Trat</b>	3	29.74083333	9.91361111	1.27	4.76	NS	0.3658
<b>Error</b>	6	46.7954167	7.7992361				
<b>Total</b>	11	137.9191667					

CV=13.5%    Y= 20.69 ppm

#### 4.2.8. Efecto de los tratamientos sobre el potasio disponible (ppm) del suelo después de la cosecha



**Figura 13.** Análisis de potasio disponible (ppm) del suelo después de la cosecha.

Al comparar el contenido de potasio disponible del suelo en la Figura 13 este mismo presenta en todos los tratamientos altos niveles según la clasificación del análisis de laboratorio de suelo en efecto a lo dicho por Herrera (2008), que los valores de potasio disponible tienden a ser elevados a muy elevados en el caso de suelos altiplánicos puesto que la presente investigación se realizó en dichos suelos, el tratamiento cuatro (Urea Testigo) presenta un promedio de 581.040 ppm siendo el más bajo resultado probablemente debido a que dicho tratamiento no se le incorporó fertilizantes químicos con contenidos de potasio a comparación del tratamiento uno (Estiércol de ovino), dos (Compost) y tres (Guano de Isla) donde presentan un mayor contenido de potasio disponible desde 638.6, 729.8 y 736.3 ppm respectivamente esto debido a que los abonos

orgánicos presentan contenidos de potasio por consiguiente este se va almacenando en los suelos tal como se observa en los tres primeros tratamientos.

En la Tabla 22 se observa la cantidad de potasio disponible en el suelo, al comparar los tratamientos el valor de  $F_c = 0.23 < F_t = 4.76$ . Entonces se afirma que no existe evidencias estadísticamente significativas para un valor de significancia de  $\alpha=0.05$  entre los tratamientos en estudio; por lo tanto, el uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas no influyen en un cambio significativo de este parámetro. En los bloques al usar los diferentes tratamientos se muestra que tampoco existe diferencia estadísticamente significativa.

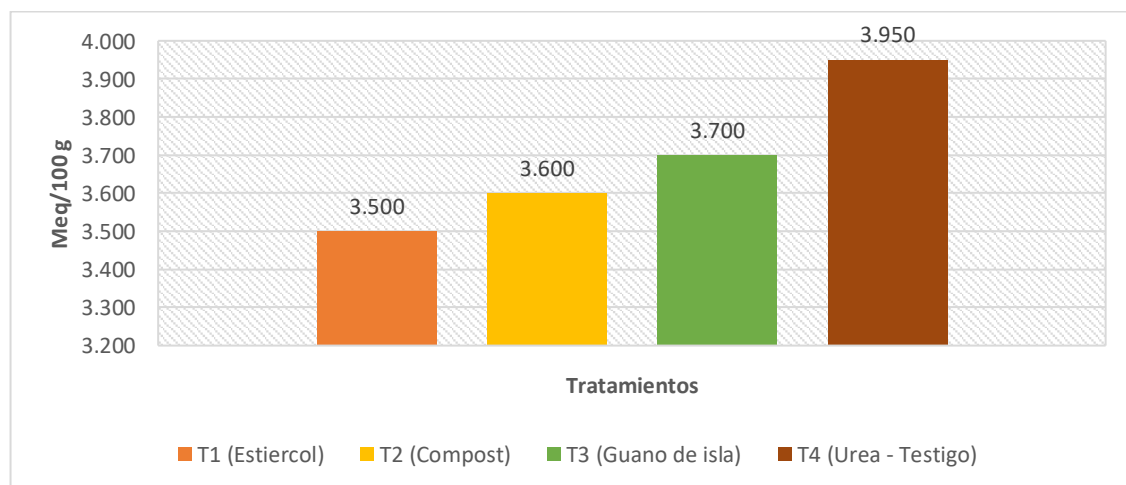
El coeficiente de variabilidad es de 40.68 %, y el promedio es de 671.43 ppm, esto indica que se encuentra en un rango alto de Potasio disponible en el suelo, esto puede deberse al tipo de suelos con los cuales cuenta la Sierra, los cuales son ricos en Potasio.

**Tabla 22.** Análisis de varianza para potasio disponible en cada tratamiento

Fuente	GL	S.C.	C.M.	FC	0.05	SIG.	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	51455.83510	25727.91755	0.34	5.14	NS	0.7215
<b>Trat</b>	3	50618.10338	16872.70113	0.23	4.76	NS	0.8750
<b>Error</b>	6	447699.1164	74616.5194				
<b>Total</b>	11	549773.0549					

CV=40.68%      Y=671.43 ppm

#### 4.2.9. Efecto de los tratamientos sobre el Sodio (Na) en el suelo después de la cosecha



**Figura 14:** Análisis de Sodio del suelo después de la cosecha.

Al comparar el contenido de sodio presente en el suelo, la Figura 14 muestra que el tratamiento cuatro (urea – testigo) presenta en promedio 3.950 meq/100 gr de sodio en ese sentido Canihua y Salcedo (2016), indican que el contenido de este elemento no debería sobrepasar el límite de 0 - 3 % de la CIC si se quiere que el suelo funcione adecuadamente situación que no sucede en este tratamiento siendo un resultado negativo para el funcionamiento adecuado del recurso suelo. Por otro lado, Moron, Martino y Sawchik (1999), señalan que en zonas de Asia donde se realizó 2 a 3 veces el cultivo de arroz por año con un uso excesivo de fertilizantes, la productividad fue disminuyendo significativamente con el tiempo.

El principal efecto de una elevada sodicidad es la rotura de la estructura física del suelo llegando a sellar los poros por donde se mueve la solución del suelo con todos los nutrientes, esto conlleva a una falta de aireación, un encharcamiento e incluso, la degradación del suelo. Esta falta de aireación y/o encharcamiento puede producir una asfixia radicular del cultivo afectando el rendimiento, en primer lugar, y si esto llega a elevarse más puede llevar a la muerte de la planta.

En la Tabla 23 se observa la cantidad de sodio disponible en el suelo, al comparar los tratamientos el valor de  $F_c = 1.11 < F_t = 4.76$ . Entonces se afirma que no existe evidencias estadísticamente significativas para un valor de significancia de  $\alpha=0.05$  entre los tratamientos en estudio; por lo tanto, el uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas no influyen en un cambio significativo de este parámetro. En los bloques; al usar los diferentes tratamientos se muestra que tampoco existe diferencia estadísticamente significativa

El coeficiente de variabilidad es de 8.60 %, lo que indica que los datos evaluados son confiables.

**Tabla 23.** Análisis de varianza para sodio en cada tratamiento.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>FC</b>	<b>0.05</b>	<b>SIG.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Bloque</b>	2	0.36125000	0.18062500	1.80	5.14	NS	0.2449
<b>Trat</b>	3	0.33562500	0.11187500	1.11	4.76	NS	0.4151
<b>Error</b>	6	0.60375000	0.10062500				
<b>Total</b>	11	1.30062500					

CV=8.60%      Y=3.69



### **4.3. EVALUACIÓN DEL NÚMERO DE MACROORGANISMOS**

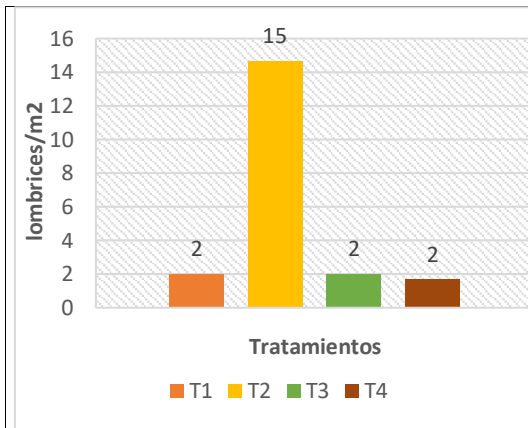
#### **4.3.1. Fechas en las que se evaluó el número de macroorganismos**

Primera fecha evaluada	: 12/12/2017
Segunda fecha evaluada	: 25/01/2018
Tercera fecha evaluada	: 14/02/2018
Cuarta fecha evaluada	. 14/03/2018

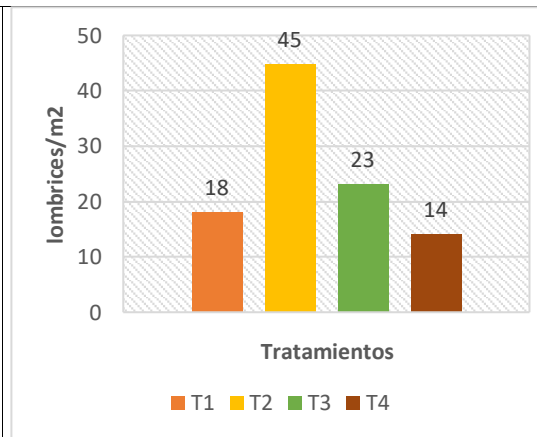
#### **4.3.2. Efecto en el número de lombrices evaluadas en cuatro fechas**

Al comparar el número de lombrices en el suelo las Figuras 15, 16, 17 y 18 en la primera fecha de evaluación, el mayor número de lombrices se encuentra en el tratamiento dos (Compost) con un total de 15 lombrices/m<sup>2</sup> y en la segunda fecha evaluada también presenta el mayor número de lombrices con 45 lombrices/m<sup>2</sup> probablemente por las precipitaciones altas que hubo en dichas fechas como se muestra en la Figura 3; el mes de enero fue el que mayor precipitación total presentó la humedad del suelo y la materia orgánica fue favorecedor para la reproducción de las lombrices ya que estas se alimentan de suelo y materia orgánica como lo señala (Ortiz, 2018). En la tercera fecha evaluada el mayor número de lombrices presenta el tratamiento uno (Estiércol de ovino) con un total de 10 lombrices/m<sup>2</sup> probablemente se dio por el desplazamiento mediante las galerías que estas realizan así lo indica (Ortiz, 2018); así mismo podría ser porque el tratamiento uno presenta contenido de materia orgánica y falta de humedad ya que las lluvias en este mes fueron disminuyendo. En la cuarta fecha evaluada, en promedio, el mayor número de lombrices permanece en el tratamiento T1 con un total de 36 lombrices/m<sup>2</sup>, aquí se puede observar que las lombrices tuvieron una reproducción favorable ya que el incremento de número de lombrices/m<sup>2</sup> es notable a diferencia de la tercera fecha.

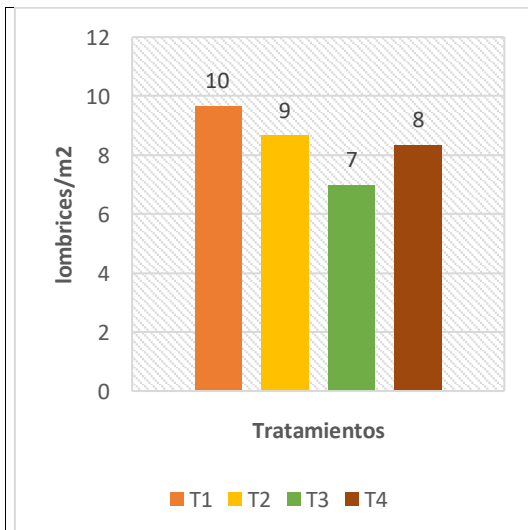
Analizando, el tratamiento T4 (Urea Testigo) en todas las fechas evaluadas siempre tuvo la menor cantidad de lombrices, por lo que se puede afirmar que con abonos orgánicos se encuentra la mayor cantidad de macroorganismos y por ende, la mejora de la biología del suelo y su estructura.



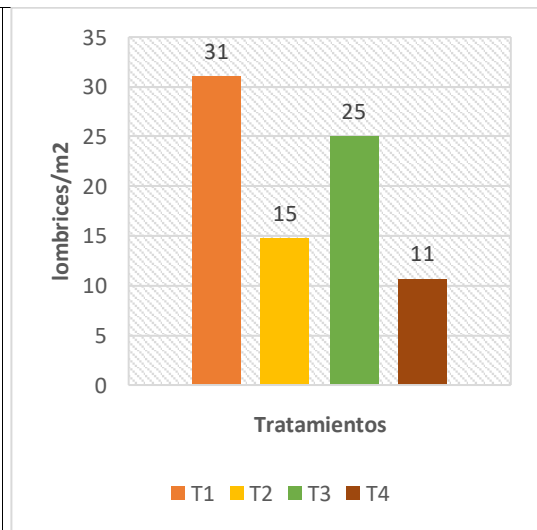
**Figura 15.** Número de lombrices en el suelo evaluado en la **primera fecha**.



**Figura 16.** Número de lombrices en el suelo evaluado en la **segunda fecha**.



**Figura 17.** Número de lombrices en el suelo evaluado en la **tercera fecha**.



**Figura 18.** Número de lombrices en el suelo evaluado en la **cuarta fecha**.

Análisis ANOVA para la primera fecha de evaluación, al comparar los tratamientos el valor de  $F_c = 3.19 < F_t = 4.76$  (Tabla 24). Se afirma que no existe evidencias estadísticamente significativas para un valor de significancia de  $\alpha=0.05$  entre los tratamientos en estudio; por lo tanto, el uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas no influyen en un cambio significativo de este parámetro. En los bloques al usar los diferentes tratamientos se muestra que no existe diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ).



**Tabla 24:** Análisis de varianza para el número de lombrices por metro cuadrado en la primera fecha

Fuente	GL	S.C.	C.M.	FC	0.05	SIG.	Pr > F
Bloque	2	84.6666667	42.3333333	1.10	5.14	NS	0.3914
Tratamiento	3	367.5833333	122.5277778	3.19	4.76	NS	0.1056
Error	6	230.6666667	38.4444444				
Total	11	682.9166667					

CV=121.97% Y= 5.08 lombrices/m<sup>2</sup> Numero de lombrices para la segunda fecha

Análisis ANOVA para la segunda fecha de evaluación al comparar los tratamientos el valor de  $F_c = 32.51 > F_t = 4.76$  (Tabla 25). Se afirma que existe evidencias estadísticamente significativas para un valor de significancia de  $\alpha=0.05$  entre los tratamientos en estudio; por lo tanto, el uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas si influyen en un cambio significativo de este parámetro. En los bloques al usar los diferentes tratamientos se muestra que no existe diferencia estadísticamente significativa. El coeficiente de variabilidad es de 16.66 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables y tiene en promedio 25 lombrices/ m<sup>2</sup>.

**Tabla 25.** Análisis de varianza para el número de lombrices por metro cuadrado en la segunda fecha.

Fuente	GL	S.C.	C.M.	FC	0.05	SIG.	Pr > F
Bloque	2	45.166667	22.583333	1.31	5.14	NS	0.3374
Trat	3	1682.250000	560.750000	32.51	4.76	*	0.0004
Error	6	103.500000	17.250000				
Total	11	1830.916667					

CV= 16.66% Y= 24.9 lombrices/m<sup>2</sup>

La prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el numero de lombrices/m<sup>2</sup> evaluadas en la segunda fecha (Tabla 26), se observa que el tratamiento T2 (Compost) obtuvo mayor número de lombrices/m<sup>2</sup> con un promedio 45 lombrices/m<sup>2</sup>, SENAMHI PUNO Estación Mañazo reportó en esta fecha que la temperatura máxima fue 15.9°C y la mínima de 4.3°C ofreciendo mejores condiciones de desarrollo para las lombrices siendo este dato estadísticamente significativo seguido por los tratamientos T3 (Guano de Isla), T1 (Estiércol de ovino) y T4 (Urea Testigo) con 23, 18 y 14 lombrices/m<sup>2</sup> respectivamente.

Guanche (2015), y Selles et al (2006), manifiestan que el abuso de fertilizantes químicos repercute negativamente en la presencia de lombrices en el suelo lo que se observa en el T4 (Urea Testigo).

**Tabla 26:** Prueba TUKEY ( $P \leq 0.05$ ) para el número de lombrices por metro cuadrado en la segunda fecha

Orden	Tratamiento	Promedio	Prueba Tukey
1	T2 (C)	44.667	A
2	T3 (GI)	23.000	B
3	T1 (EO)	18.000	B
4	T4 (UT)	14.000	B

Análisis ANOVA para la tercera fecha de evaluación, al comparar los tratamientos en la Tabla 27 el valor de  $F_c = 2.34 < F_t = 4.76$ , muestra que no existe evidencias estadísticamente significativas para un valor de significancia de  $\alpha = 0.05$  entre los tratamientos en estudio; por lo tanto, el uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas no influyen en un cambio significativo de este parámetro. En los bloques al usar los diferentes tratamientos se muestra que no existe diferencia estadísticamente significativa. El coeficiente de variabilidad es de 14.81 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables y tiene en promedio 8 lombrices/ $m^2$ .

**Tabla 27.** Análisis de varianza para el número de lombrices por metro cuadrado en la tercera fecha.

Fuente	GL	S.C.	C.M.	FC	0.05	SIG.	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	4.66666667	2.33333333	1.50	5.14	NS	0.2963
<b>Trat</b>	3	10.91666667	3.63888889	2.34	4.76	NS	0.1729
<b>Error</b>	6	9.33333333	1.55555556				
<b>Total</b>	11	24.91666667					

CV=14.81%  $Y=8.41$  Lombrices/ $m^2$

Análisis ANOVA para la cuarta fecha de evaluación, al comparar los tratamientos en la Tabla 28 el valor de  $F_c = 10.68 > F_t = 4.76$ , por consiguiente se afirma que existe evidencias estadísticamente significativas para un valor de significancia de  $\alpha = 0.05$  entre los tratamientos en estudio, por lo tanto, el uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas si influyen en un cambio significativo de este parámetro. En los

bloques al usar los diferentes tratamientos se muestra que no existe diferencia estadísticamente significativa. El coeficiente de variabilidad es de 24.3 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables y tiene en promedio 20 lombrices/ m<sup>2</sup>.

**Tabla 28:** Análisis de varianza para el número de lombrices por metro cuadrado en la cuarta fecha.

Fuente	GL	S.C.	C.M.	FC	0.05	SIG.	Pr > F
<b>Bloq</b>	2	18.5000000	9.2500000	0.39	5.14	NS	0.6906
<b>Trat</b>	3	794.9166667	264.9722222	11.29	4.76	*	0.0070
<b>Error</b>	6	140.8333333	162.6833333				
<b>Total</b>	11	954.2500000	23.4722222				

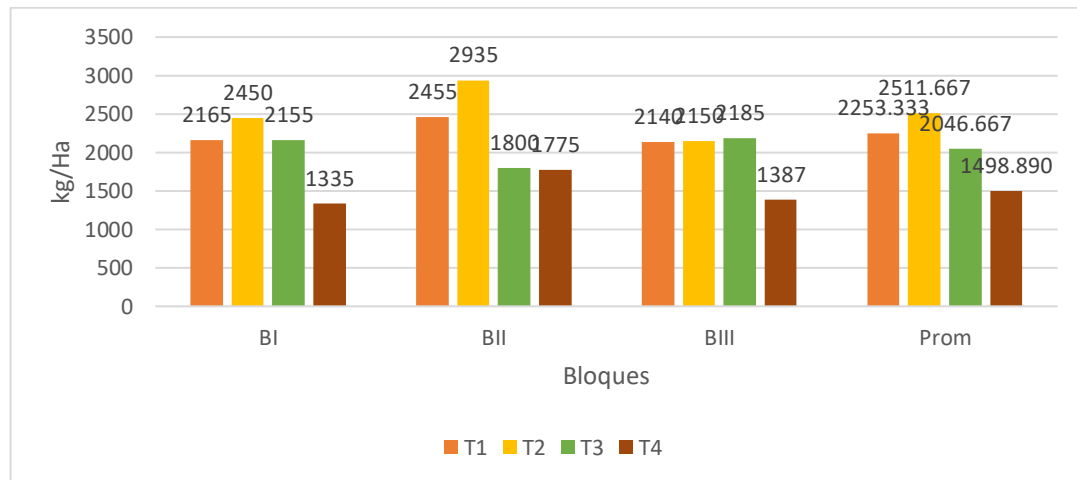
CV= 23.93%    Y=19.75 Lombrices/m<sup>2</sup>

La prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número de lombrices/m<sup>2</sup> evaluadas en la cuarta fecha (Tabla 29), se observa que el tratamiento T1 (Estiércol de ovino) obtuvo mayor número de lombrices /m<sup>2</sup> con un promedio de 31 seguido por los tratamientos T3 y T2 con 25 y 14 lombrices, por otro lado el T4 con 11 lombrices presento el más bajo número de lombrices/m<sup>2</sup> siendo el tratamiento no recomendable en sus utilización tal como lo indica Guanche (2015), y Selles et al (2006), que los agroquímicos influyen negativamente en el crecimiento de las lombrices.

**Tabla 29:** Prueba TUKEY ( $P \leq 0.05$ ) para el número de lombrices por metro cuadrado en la cuarta fecha

Orden	Tratamiento	Promedio	Prueba Tukey
1	T1 (EO)	31.000	A
2	T3 (GI)	25.000	A B
3	T2 (C)	14.333	B C
4	T4 (UT)	10.667	C

#### 4.4. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO KG/HA



**Figura 19.** Evaluación de rendimiento de grano después de la cosecha.

Al comparar el rendimiento de grano en la Figura 19 se observa que los tratamientos uno (Estiércol de ovino), dos (Compost) y tres (Guano de Isla) presentan mejores rendimientos, en ese sentido Kolmans y Vasquez (1995), y Buckman y Brady (1977), indican que la materia orgánica es muy importante para mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, elevando así los rendimientos de cosecha. Por otro lado, se observa que el tratamiento cuatro (Urea Testigo) presentó menor rendimiento a consecuencia del efecto negativo de los fertilizantes químicos ya que en resultados anteriores, se mostraron que fueron desfavorables en el suelo como en la planta. Castellanos *et al.* (1996), manifiesta que la utilización de fertilizantes químicos trae como consecuencia el deterioro de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo reduciendo el contenido de materia orgánica en el suelo por lo tanto este tratamiento fue el que menor condiciones favorables le dio al cultivo, por otro lado, Apaza (2010), manifiesta que el agricultor sin abonamiento y con prácticas tradicionales obtiene en promedio de 500 a 700 kg/ha, sin embargo, en el presente trabajo de investigación se ha demostrado que es posible obtener rendimientos altos con la utilización de abonos orgánicos que están al alcance del agricultor y sin la necesidad de utilizar fertilizantes químicos.

Análisis ANOVA para la primera fecha de evaluación al comparar los tratamientos el valor de  $F_c = 5.08 > F_t = 4.76$  (Tabla 30). Entonces se afirma que existe evidencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos en estudio; por lo que, el

uso de las diferentes enmiendas orgánicas e inorgánicas utilizadas si influyen en un cambio significativo de este parámetro. En los bloques al usar los diferentes tratamientos se muestra que no existe diferencia estadísticamente significativa. El coeficiente de variabilidad es de 13.57 %, el cual indica que los datos evaluados son confiables. El promedio es de 2110 kg/Ha, esto indica que el rendimiento fue alto, esto puede deberse a las mejores condiciones que se le dio al suelo, resultando positivo para el cultivo.

**Tabla 30:** Análisis de varianza para rendimiento en cada tratamiento.

Fuente	GL	S.C.	C.M.	FC	0.05	SIG.	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	105516.667	52758.333	0.64	5.14	NS	0.5582
<b>Trat</b>	3	1248872.917	416290.972	5.08	4.76	*	0.0438
<b>Error</b>	6	491883.333	81980.556				
<b>Total</b>	11	1846272.917					

CV=13.57%      Y=2110.43 kg/Ha

La prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el rendimiento total de kañiwa (Tabla 31), se observa que el tratamiento T2 (Compost) obtuvo mayor rendimiento total de Granos de kañiwa con 2511.7 kg/ha, seguido por los tratamientos uno (Estiércol de ovino) y T3 (Guano de Isla) con 2253.3 y 2046.7 kg/ha de rendimiento total de kañiwa respectivamente, siendo estas similares estadísticamente con los T1 (Estiercol de ovino) y T2 (Compost), esto indica que no hay diferencia significativa entre estos dos tratamientos sobre el rendimiento total de kañiwa, el menor rendimiento total de kañiwa fue obtenido, por el tratamiento cuatro (Urea Testigo) con 1630 kg/ha.

**Tabla 31.** Prueba TUKEY ( $P \leq 0.05$ ) para rendimiento en cada tratamiento.

Orden	Tratamiento	Promedio	Prueba Tukey
1	T2 (C)	2511.7	A
2	T1 (EO)	2253.3	A B
3	T3 (GI)	2046.7	A B
4	T4 (UT)	1630.0	B



## V. CONCLUSIONES

1. En el análisis de caracterización, el pH y la CE fueron mayores en el suelo tratado con urea (T4) en comparación a los suelos tratados con abonos orgánicos (Estiercol de ovino. Compost y Guano de isla). El suelo tratado con urea (T4) fue superada en Capacidad de Intercambio Catiónico por el suelo tratado con Guano de isla (T3); en Porosidad, por el suelo tratado con Compost (T2) y en Materia Orgánica, por el suelo tratado con Estiércol de ovino (T1). Por otro lado, en macronutrientes el mayor aporte de Nitrógeno total se observó en el suelo tratado con compost, en Fósforo disponible se observó en el suelo tratado con Estiércol de ovino (T1) y en Potasio disponible se observó en el suelo tratado con Guano de isla (T3), en el suelo tratado con urea (T4) se observaron menores cantidades de N, P, K. Por consiguiente, el suelo tratado con Urea tuvo mayor efecto negativo sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
2. Analizando la cantidad de lombrices en el suelo/m<sup>2</sup> evaluadas en cuatro fechas, el suelo tratado con Compost (T2) y Estiércol (T1) tuvieron mayor número de lombrices con respecto a los demás suelos tratados (Guano de isla T3 y Urea T4). Por lo que se logró un mayor rendimiento de granos de kañiwa variedad Cupi empleando compost (T2).
3. Analizando los rendimientos de granos de la Kañiwa Variedad Cupi se observaron diferencias significativas; lográndose el mayor rendimiento con el tratamiento T2 (Compost), con 2511.7 Kg/ ha, siendo el tratamiento T4 el menor, con 1498.9 kg/ha.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar datos de humedad gravimétrica del suelo en cada tratamiento para así evaluar la retención de agua que realiza los diferentes abonos orgánicos.
- Se recomienda realizar evaluaciones microbianas en el suelo para ver cuál es el incremento en cada tratamiento ya que son estas las que ayudan en la descomposición de minerales.
- Se recomienda realizar un análisis físico del suelo (estructura).



## VII. BIBLIOGRAFIA

- AGRO RURAL - DIRECCION DE OPERACIONES - SUB DIRECCION DE INSUMOS Y ABONOS. (2013). *Guano de las islas*. Lima: MINAGRI.
- Apaza, V. (2010). Manejo y mejoramiento de Kañihua. INIA. EEA Illpa. IFAD. Puno, Perú. 48 p.
- Arzola, J. et al. (2000). Efecto de la fertilización orgánica en la producción de semillas de *Andropogonia gayanus*, CV CIAT-621 y *Pueraria phaseoloides*, CV CIAT-9900.
- Andrades, M., y Martínez, E. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen (3° Edición ed.). España, Universidad de la Rioja: Servicio de publicaciones.
- Balmford, A., Amano, T., Bartlett, H. & Chadwick, D. (2018). The environmental costs and benefits of high-yield farming. *Nature Sustainability*, Vol 1, 477–485.
- Bonilla, C., Gomez, E., & Sanchez, M. (2002). *El suelo: los organismos que lo habitan*. Colombia: Marina Sanchez de Prager.
- Borrero, C. (2009). *Abonos orgánicos. Abonos orgánicos para una producción sana*. Guaviare, Colombia.
- Bourrut Lancouture, H. (2015). *Lombrices de tierra* - FAO.
- Buckman, H., & Brady, N. (1977). *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Mexico: Hispano America S.A.
- Cabrera, D. (2014). Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba, recuperado de <http://www.rufford.org/files/Manual%20Pr%C3%A1ctico%20Sobre%20la%20Ma1811%20macrofauna%20del%20Suelo.pdf>
- Canihua J. & Salcedo, S.. (2016). Nutrición y fertilidad de suelo en la provincia - Puno. Estación experimental agraria Illpa - Puno, INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA INIA. PUNO – PERÚ. 18- 25 p.
- Cari, A. L., Calsin, A., y Fernandez, M. (2001). Seguimiento y mantenimiento de la fertilidad del suelo en el agroecosistema de Waru Waru. Pelt Piwa. Puno.





- Canaza, D. (2012). Manejo y conservacion de suelos. Puno: Universidad Nacional de Altiplano.
- Castellanos, J. *et al.* (1996). Efecto a largo plazo de la aplicacion de estiercol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades del suelo en una region arida irrigada del norte de Mexico. Mexico.
- CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical. (2012). Ciencia para la competitividad y sostenibilidad de la agricultura Colombiana, Una vision de eco– eficiencia folleto, Mayo de 2012.
- Coronado, M. (1997). Efecto comparativo de tres enmiendas; estiercol, compost y humus de lombriz en el cultivo de Cebada (*Hodeum vulgare L.*) variedad Yanamucho. Tesis para optar titulo de Ing. Agr.
- Delgado, D. (2017). Aplicacion de enmiendas organicas para la recuperacion de propiedades fisicas del suelo asociadas a la erosion hidrica. *Lampsakos*, 77 - 83.
- Direccion Regional Agraria. (2012). Variabilidad Genética de Cañihua en las Provincias de Puno. Puno - Perú: Editora DISKCOPY S.A.C.
- Estaña, W., y Muñoz, C. (2012). Variabilidad Genética de Cañihua en las Provincias de Puno. Puno: DISKCOPY S.A.C.
- Fairbairn, J., y Morales, C. (2001). Conocimientos locales, manejo y condiciones del suelo de Juntas, Tojo y Chorcaya Aviles. Tarija.
- FAO. (2002). *Materia Orgánica y Actividad Biológica. Conservación de los recursos naturales para la agricultura sostenible.* 28.
- FAO. (2007). *AGRICULTURA DE CONSERVACION Estudio de casos en America Latina y Africa.* Roma.
- Farrus, E. (2016). Influencia de la fertilizacion sobre la actividad biologica del suelo. Estudio comparativo de diferentes fuentes de materia organica. *Tesis Doctoral.*
- Friedrich, T. (2017). *La Agricultura de Conservación – La Agricultura del Futuro.* Cuba: FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y Agricultura.



- Garcia, M. y Jauregui, D. (2008). Efecto de la salinización con NaCl o Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sobre la anatomía foliar en dos genotipos de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) con tolerancia salina diferencial. *ERNSTIA*, 89 – 105.
- Garcia, R., Perez, R., & Fagoaga, D. (2005). Manual de agricultura organica. Mexico.
- Gonzales, J., Arzola, J., Ramirez, J., Vieito, E., & Clavel, N. (2000). Efecto de la fertilizacion organica en la produccion de semillas de *Andropogonia gayanus*, CV CIAT-621 y *Pueraria phaseoloides*, CV CIAT-9900.
- 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.
- Guanche, A. (2015). Las lombrices y la agricultura. *Agrocabildo*.
- Herrera, A. (2008). SUELOS: Con énfasis del Altiplano. Puno: Copyright Imp. servicios multiples San Valentin.
- INTAGRI. (Junio de 2018). INTAGRI. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo>
- Kolmans, E., y Vasquez, D. (1995). Manual de agricultura ecologica. Managua: Enlace.
- Kolmans, E., & Vásquez. (1999). Manual de Agricultura Ecologica. La Habana: ACTAF.
- Lal, R. (2010). Enhancing eco-efficiency in agro-ecosystems through soil carbon sequestration. *Crop Science* 50:S-120 – S-131.
- Lino, E. (2010). Catalogo de kañiwas de Provincia de Melgar – Puno , Variabilidad de la kañiwa. Puno - Perú: DC., SETEM., CEPROCCA.
- Lopez, I. (2000). Frutas y verduras, ¡Alimentos saludables? *Gaceta Universitaria* .
- Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higer Plants. 2th. ed. London. Great Britain. 889 p.
- Martinez, R., y Dibut, B. (1996). Los biofertilizantes como pilares basicos de la agricultura sostenible. Seminario taller Nacional Microempresas en Servicios e Insumos Agroecologicos. Lima.



- Mataix, J. (1999). Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por incendios forestales: contribución a su conservación y regeneración. Tesis doctoral.
- Mazuela, P., y de la Riva, F. (2013). Manual de Fertirriego. Incluye ejercicios para la nutrición de hortalizas en el valle de Azapa. Arica -Chile: Universidad de Tarapaca.
- Melendez, G., y Soto, G. (2002). Conociendo los abonos orgánicos. Costa Rica.
- Ministerio de Agricultura, D. G. (2011). Cadena agroproductiva de papa. Guía técnica de orientación al agricultor.
- Miranda, E. (1997). Efecto de diversas fuentes de materia orgánica en un sistema mixto de producción hortícola conducido biológicamente. Tesis para optar el título de Ing. Agr., Lima.
- Mora, J. (2006). Contribuciones del compost al mejoramiento de la fertilidad del suelo. Obtenido de <http://lunaazul.ucaldas.edu.com>
- Morales, F. (2003). La diversidad como activo para el desarrollo. Pucallpa - Peru.
- Moron, A., Martino, D., y Sawchik, J. (1999). Manejo y fertilidad de suelos. Montevideo - Uruguay: Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA.
- Mujica, A., y Chura, E. (2012). Cultivo de granos andinos y cereales. Puno: Universidad Nacional del Altiplano Imp. Centro papelerero de Norte S.A.
- Mujica, A; Jacobsen, S.; Ortiz, R.; Canahua, A; Apaza, V.; Aguilar, P.; Dupeyrat, R. 2002. La cañihua en la nutrición humana del Perú. INIA, CARE, CINFO, UNA-Puno. Perú. 71 p.
- Ortiz, D. (2018). Belleza extravagante y funcionalidad: lombrices de tierra. *CONABIO. Biodiversitas*, 12 - 16.
- Picone, L., Andreoli, Y., Costa, J., Aparicio, V., Crespo, L., Nannini, J., & Tambascio, W. (2003). Evaluación de nitratos y bacterias coliformes en pozos de la cuenca alta del arroyo pantanoso. *INTA*.
- Pineda, R. (1994). *Lombricultura C.I.P.C.A.* Piura: Ediciones gráficas.



- Rampoldi, A. (2015). Efectos de la aplicación de fertilizantes sobre el pH de suelos serie Oncativo. Cordova, Argentina: Universidad Nacional de Cordova.
- Romero, M., Trinidad, A., & Garcia, R. (2000). Produccion de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos organicos y minerales. Agrocienca.
- Rosas, A. (2008). Influencia de la fertilizacion organica e inorganica en la produccion de rosas y salinidad. Tesis para obtener titulo de Ing. Agr.
- Santa Maria, R., Ferrera, C., Almaraz, S., Galviz, S., & Barois, B. (2001). *Dinamica y relaciones de microorganismos, C - organico y N - total durante el composteo y vermicomposteo.*
- Selles, G., Ferreyra, R., Ahumada, R., Santelices, M., Garcia, J., y Ruiz, R. (2006). Lombrices de tierra como agentes mejoradores de las propiedades fisicas del suelo en huertos frutales. Boletin INIA N° 140.
- Smil, V. (1997). Abonos nitrogenados: abuso de una cosa buena. Investigaci3n y Ciencia.
- Stocking, M., y Mumaghan, N. (2003). Evaluacion de campo de la degradacion de la tierra. Espa1a: Mundi Prensa (ed. Espa1ola). Barcelona: Prensa Cient1fica. Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2002.

## ANEXO

### ANEXO 1: Panel de fotografías



**Foto 1:** Equipo técnico del programa presupuestal 089 - RDSA INIA Salcedo Puno



**Foto 2:** Arado de la parcela de investigación

FECHA; 14/11/18



**Foto 3:** Siembra del cultivo de kañiwa

FECHA; 14/11/18



**Foto 4:** Aporque del cultivo de Kañiwa

FECHA; 12/01/18



**Foto 5:** Evaluación de macroorganismos (lombrices)

FECHA: 25/01/18



**Foto 6:** Vista panorámica en pleno crecimiento del cultivo en la parcela de investigación  
FECHA; 07/02/18



**Foto 7:** Cultivo a punto de ser cosechado

FECHA; 10/04/18



**Foto 8:** Cosecha del cultivo en una de las parcelas de investigación

FECHA;  
10/04/18





**Foto 9:** Muestreo de suelos después de la cosecha

FECHA; 19/04/18



**Foto 10:** Cálculo de rendimiento de grano

FECHA; 06/06/18



## ANEXO 2: Certificados del análisis de suelos antes de la siembra y después de la cosecha

Significado de códigos del certificado de análisis de caracterización de suelos:

1. **BIIT1** Bloque dos y tratamiento uno (Estiércol de ovino)
2. **BIIT2** Bloque dos y tratamiento dos (Compost)
3. **BIIT3** Bloque dos y tratamiento tres (Guano de isla)
4. **BIIT4** Bloque dos y tratamiento cuatro (Urea - testigo)
5. **BIT4** Bloque uno y tratamiento cuatro (Urea - testigo)
6. **BIT3** Bloque uno y tratamiento tres (Guano de isla)
7. **BIT2** Bloque uno y tratamiento dos (Compost)
8. **BIT1** Bloque uno y tratamiento uno (Estiércol de ovino)
9. **BIIT1** Bloque tres y tratamiento uno (Estiércol de ovino)
10. **BIIT2** Bloque tres y tratamiento dos (Compost)
11. **BIIT3** Bloque tres y tratamiento tres (Guano de isla)
12. **BIIT4** Bloque tres y tratamiento cuatro (Urea - testigo)



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

**ANÁLISIS DE FERTILIDAD N° 306A2-2017**

Nombre : PP089: RDSA Ruth I Cauna Orcollo      Fecha de Recepción : 05 de Octubre del 2017.  
Dirección :      Procedencia : Cahualla  
N° de Boletín : 306A2.      Fecha de Certificación : 09 de Octubre del 2017.

Cod. Lab.	COD. USUARIO	ANÁLISIS MECÁNICO			N %	P (ppm)	K (ppm)	Suelo:Agua 1:2.5		M.O. %	Al (meq/100 gr)	CO <sub>2</sub> Ca %
		Arena %	Arcilla %	Limo %				Textura	pH			
306A2	PP089: RDSA Cahuilla.	35	32	33	0.08	10.97	300.30	6.47	0.146	2.08	0.00	0.00

Referencias: Méthods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimprisión, Octubre 1988. 195p.  
Conclusiones: La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Note: Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. T= TRAZAS  
Observaciones: (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO  
Ing° JORGE CAHUILLA ROJAS  
Jefe Laboratorio Analisis  
S.A.C.F.D.O

Los resultados son aplicables a esta muestra.

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

www.inia.gob.pe



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



### CERTIFICADO DE ANALISIS

SOLICITANTE : Ruthraides Cauna Orocollo.  
DIRECCION :  
PROCEDENCIA :  
PRODUCTO : Estiércol de Ovino.  
CANTIDAD :  
MUESTREO :  
TIPO DE ANALISIS : Interesado.  
N° DE ANALISIS : Análisis NPK.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 01.  
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 21 de Mayo del 2018.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 06 de Junio del 2018.

#### DETERMINACIONES FISICO QUIMICAS:

Determinaciones	Estiercol de Ovino
Nitrogeno %	1,58
Fosforo %	1,42
Potasio %	1,13
CE mmhos/cm 25°C	4,03
pH	7,21

#### Referencias:

- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.  
Nitrogeno: Método del Semimicrokjeldahl (Digestión con ácido sulfúrico).  
Fósforo: Método del Metavanadato de Amonio( Espectrofotometro Digital 21)  
Potasio: Ataque con ácido sulfúrico (Fotometro de Flama)  
1.-Determinación de pH Potenciometro Calomelano.  
2.-Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres anillos.  
3.-Determinación de Nitrógeno Total Semimicrokjeldahl.  
4.-Determinación de Fósforo Metavanadato de Amonio.  
5.-Determinación de Potasio Combustión húmeda, lectura Fotómetro de Flama

#### Conclusiones:

La muestra analizada de Estiercoles CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales, utilizados en el análisis.

**Nota:** Ninguno.

**Validez del Certificado:** El presente Certificado es válido, si permanece en el papel original. El documento en su papel original tendrá validez por el periodo de noventa (90) días calendarios a partir de la fecha de emisión.



ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANHUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n  
Puno. Puno. Perú  
T: (051) 363-812 RPM #090829  
951112306



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



### CERTIFICADO DE ANALISIS

SOLICITANTE : Ruthlraides Cauna Orocollo.  
DIRECCION :  
PROCEDENCIA :  
PRODUCTO : Compost.  
CANTIDAD :  
MUESTREO : Interesado.  
TIPO DE ANALISIS : Análisis NPK.  
N° DE ANALISIS : 01.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 21 de Mayo del 2018.  
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 06 de Junio del 2018.

#### DETERMINACIONES FISICO QUIMICAS:

Determinaciones	Compost
Nitrógeno %	4,70
Fósforo %	2,00
Potasio %	1,80
CE mmhos/cm. 15°C	0,820
pH	6,98

#### Métodos utilizados en el Laboratorio:

Nitrógeno: Método semimicrokjeldahl (Digestión con ácido sulfúrico).  
Fósforo: Método del Metavanadato de amonio (Espectrofotómetro digital 21)  
Potasio: Ataque con ácido sulfúrico (Fotómetro de flama)  
pH : Potenciómetro.  
CE: Conductímetro de 02 anillos.

#### Conclusiones:

La muestra analizada de Compost CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales, utilizados en el análisis.

#### Nota:

Ninguno.

#### Validez del Certificado:

El presente Certificado es válido, si permanece en el papel original. El documento en su papel original tendrá validez por el periodo de noventa (90) días calendario a partir de la fecha de emisión. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



ESTACION EXPERIMENTAL ILIPA - PUNO  
Ing° JORGE CANIHUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
SALCEDO

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso del Laboratorio.

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n  
Puno. Puno. Perú  
T: (051) 363-812 RPM #090829  
951112306



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



### CERTIFICADO DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : Ruthraides Cauna Orocollo.  
DIRECCION :  
PROCEDENCIA : Guano de Isla.  
PRODUCTO :  
CANTIDAD :  
MUESTREO : Interesado.  
TIPO DE ANALISIS : Análisis NPK.  
N° DE ANALISIS : 01.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 21 de Mayo del 2018.  
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 06 de Junio del 2018.  
**DETERMINACIONES QUÍMICAS:**

Determinaciones	Guano de Isla
Fósforo %	10,49
Potasio %	1,88
Nitrógeno %	11,00

**Referencias:**

Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.  
Nitrógeno: Método semimicrokjeldahl (Digestión con ácido sulfúrico).  
Fósforo: Método del Metavanadato de amonio (Espectrofotómetro digital Genesys 20)  
Potasio: Ataque con ácido sulfúrico (Fotómetro de flama)

**Conclusiones:**

La muestra analizada de Fertilizantes CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales, utilizados en el análisis.

**Nota:**

Ninguno.

**Validez del Certificado:**

El presente Certificado es válido, si permanece en el papel original. El documento en su papel original tendrá validez por el periodo de noventa (90) días calendario a partir de la fecha de emisión. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
SALCEDO

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso del Laboratorio.

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n  
Puno. Puno. Perú  
T: (051) 363-812 RPM #090829  
951112306



### ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Nombre: PP-0089-RDSA EEA-IIIpa-INIA

Proyecto:

Fecha de Recepción: 6 de Junio del 2019

Fecha de Certificación: 30 de Julio del 2019

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

Nº	Cod. Lab.	MARCAS	ANÁLISIS MECANICO				CO <sub>2</sub> Ca %	Yeso me/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena	Arcilla	Limo	Textura				
			%	%	%					
1	306P3	BIIT1	35	22	43	F	0.00	3.40	0.34	
2	306P4	BIIT2	31	28	41	FAr	0.00	3.22	0.31	
3	306P5	BIIT3	35	26	39	F	0.00	3.02	0.29	
4	306Q1	BIIT4	34	27	39	FAr-F	0.00	2.36	0.32	
5	306Q2	BIT4	30	34	36	FAr	0.00	3.19	0.29	
6	306Q3	BIT3	35	32	33	FAr	0.00	3.09	0.28	
7	306Q4	BIT2	34	27	39	FAr-F	0.00	2.99	0.43	
8	306Q5	BIT1	31	28	41	FAr	0.00	3.43	0.35	
9	306R1	BIIT1	34	27	39	FAr-F	0.00	3.10	0.22	
10	306R2	BIIT2	33	27	40	FAr-F	0.00	3.19	0.28	

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

Nº	Suelo: Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro Soluble (ppm)	CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100g	Suma Cationes
	pH	C.E. mmhos/cm	P (ppm)	K (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)		Al me/100g	Ca me/100g	Mg me/100g	Na me/100g	K me/100g		
	1	6.25	0.129	21.55	332.33				0.00	5.44	2.16	3.50		
2	6.17	0.120	20.30	547.37			0.00	7.28	1.86	3.20	3.20	16.00	15.54	
3	6.23	0.130	17.85	703.76			0.00	7.80	3.60	3.20	1.80	15.00	16.40	
4	6.34	0.181	11.80	860.16			0.00	8.62	1.14	4.00	2.40	15.00	16.16	
5	7.12	0.214	21.25	332.33			0.00	4.32	1.62	3.90	1.70	10.00	11.54	
6	6.93	0.197	22.65	703.76			0.00	6.80	5.20	4.30	2.00	18.00	18.30	
7	6.67	0.158	23.35	1036.10			0.00	6.60	3.40	4.00	1.60	14.00	15.60	
8	6.32	0.151	26.40	977.45			0.00	7.06	2.58	3.40	2.00	15.00	15.04	
9	6.52	0.159	18.75	606.02			0.00	7.06	2.80	3.60	1.00	16.00	14.46	
10	6.39	0.151	21.10	606.02			0.00	6.56	6.46	3.60	2.30	17.00	18.92	

Referencias:

Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.

Los resultados son aplicables a estas muestras.



INIA  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANHUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
SALCEDO

www.inia.gob.pe

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



**ANALISIS DE CARACTERIZACION**

Nombre: PP-0089-RDSA EEA-Illpa-INIA

Proyecto:

Fecha de Recepción: 6 de Junio del 2019

Fecha de Certificación: 30 de Julio del 2019

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

Nº	Cod. Lab.	MARCAS	ANALISIS		MECANICO		CO <sub>2</sub> Ca %	Yeso me/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena	Arcilla	Limo	Textura				
			%	%	%					
1	306R3	BIIT3	32	26	42	F	0.00		3.67	0.24
2	306R4	BIIT4	35	28	37	FAr	0.00		2.91	0.22
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

Nº	Suelo: Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro	CATIONES CAMBIABLES					CIC	Suma Cationes
	pH	C.E. mmhos/cm	P	K	Mn	Zn	Soluble	Al	Ca	Mg	Na	K		
			(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g		
1	6.33	0.169	22.05	801.51				0.00	7.90	4.70	3.60	1.60	16.00	17.80
2	6.72	0.198	21.25	550.63				0.00	6.81	2.90	3.95	0.80	15.00	14.46
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

Referencias:

Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales. (El Informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.

Los resultados son aplicables a estas muestras.



INIA  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing\* JORGE CANHUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
SALCEDO

www.inia.gob.pe

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





PERÚ

Ministerio  
de Agricultura y Riego



### CERTIFICADO EN ANALISIS

SOLICITANTE : Ruth Iraides Cauna Orocollo.  
INTERESADO : Ruth Iraides Cauna Orocollo.  
DIRECCION : Av. Santa Rosa 1090 Juliaca  
PROCEDENCIA : Mañazo.  
PRODUCTO : Suelos.  
TIPO DE ANALISIS : Densidad Aparente, Porosidad.  
N° DE ANALISIS : 12.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 06 Junio del 2018.  
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 30 Julio del 2018.

Clave Laboratorio	Clave Usuario	Densidad Aparente gr/cc	Porosidad %
306P3	BIIT1	1,22	53,98
306P4	BIIT2	1,16	56,12
306P5	BIIT3	1,30	50,99
306Q1	BIIT4	1,30	50,99
306Q2	BIT4	1,32	50,11
306Q3	BIT3	1,20	54,54
306Q4	BIT2	1,27	52,23
306Q5	BIT1	1,30	50,99
306R1	BIIT1	1,28	51,62
306R2	BIIT2	1,33	49,69
306R3	BIIT3	1,32	50,35
306R4	BIIT4	1,37	48,31

**Referencias:**

Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.

**Conclusiones:**

La muestras analizadas de Suelos CUMPLEN con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANJUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n  
Puno. Puno. Perú  
T: (051) 363-817



MINISTERIO DE AGRICULTURA  
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA-INIA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS  
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(es).
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 (CaCO<sub>3</sub>): método gaso-volumétrico utilizando un calcimetro.
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 NaHCO<sub>3</sub>=0,5M, pH 8,5. Bray I, Bray II.
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH<sub>3</sub>-COONH<sub>4</sub>) N, pH 7,0.
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH<sub>3</sub>-COOCH<sub>3</sub>) N, pH 7,0.
10. Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio (CH<sub>3</sub>-COONH<sub>4</sub>) N, pH 7,0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> EDTA.
11. Al<sup>3+</sup>-H: método de Yuan. Extracción con KCl, N.
12. Iones solubles: Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> EDTA; Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> fotometría de llama y/o absorción atómica; Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> volumetría y colorimetría, SO<sub>4</sub> Turbidimetría con curcumina.
13. Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con color de boro.
14. Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad	CE(es)	Clasificación	Nitrogeno	Materia Orgánica	Fósforo Disponible	Potasio Disponible	Relaciones Cationicas
Muy ligeramente salino	<2	Bajo	0 - 0,1	<2,0	<7,0	<100	Normal
Ligeramente salino	2 a 4	Medio	0,1 - 0,2	2 a 4	7,0 a 14	100-240	Deficiente Mg
Moderadamente salino	4 a 8	Alto	>0,2	>4,0	>14	>240	Deficiente K
Fuertemente salino	>8						Deficiente Mg

Reacción ó pH	Clases Texturales	Distribución de Cationes
Fuertemente ácido		
Moderadamente ácido	A Arena	Ca <sup>2+</sup> 60-75
Ligeramente ácido	AF Arena franca	Mg <sup>2+</sup> 15-20
Neutro	FA Franco arenoso	K <sup>+</sup> 3 a 7
Ligeramente alcalino	Fr Franco	Na <sup>+</sup> <15
Moderadamente alcalino	FL Franco limoso	
Fuertemente alcalino	L Limoso	
	FuA Franco arcillo arenoso	
	FAr Franco arcilloso	
	FAv Franco arcillo arenoso	
	AAL Arcillo arenoso	
	AL Arcillo limoso	
	Ar Arcilloso	

Equivalencias:  
 1 ppm = 1 mg/kg  
 1 milimho (mmh/cm) = 1 decisiemens/cmetro.  
 1 meq/centilitro/100g = 1 cmol(-)/kg.  
 Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes.  
 CE (1: 2,5) en ppm ó mg/kg = 25 x CE (es) mmh/cm.  
 T = Trazas. \*Puede coexistir presencia de sales, se sugiere realizar análisis de Salinidad, por extracto de saturación.

ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO  
 Ing° JORGE CAYUÑA ROJAS  
 Jefe Laboratorio Analisis  
 S A L C E D O  
 Rincón Salcedo s/n  
 Puno, Puno, Perú  
 T: (051) 363-812

www.inia.gob.pe



## CALCULO DE ABONOS

### ANEXO 3: Análisis inicial del suelo o campo experimental.

Cod. Lab.	COD. USUARIO	ANALISIS FISICO – QUIMICO			
		Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	TEXTURA
306	PP089:RDSA	35	32	33	Franco Arcilloso
		N TOTAL (%)	P (ppm)	K (ppm)	MO (%)
		0.08	10.97	300.30	2.08

**Fuente:** Laboratorio de aguas y suelos INIA – Salcedo

### - CALCULO DE NUTRIENTES DISPONIBLES DEL SUELO

Según los datos del suelo mencionado el anexo 3

$$\text{Capa Arable} = \rho \cdot A_{\text{hect.}} \cdot P$$

$\rho$  = Densidad del suelo

$A_{\text{hect.}}$  = Area

P = Profundidad de la raíz del cultivo

$$C. A. = 1.2 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 10000 \text{ m}^2 \times 0.2 \text{ m}$$

$$C. A. = 2400 \text{ tn} = 2400000 \text{ kg/ha}$$

### - CALCULO DEL NITROGENO DISPONIBLE:

$$\text{Humus} = (M. O.) (C. A)$$

M.O. = Materia Organica

C.A. = Capa Arable

$$\text{Humus} = (2.08\%) (2400000 \text{ kg/ha})$$

$$\text{Humus} = (2.08/100) (2400000 \text{ kg/ha}) = 49920 \text{ kg/ha}$$

El nitrógeno orgánico es el que no asimila la planta siendo un porcentaje de la materia orgánica; el nitrógeno orgánico se determina de la siguiente manera:

$$\text{N. Organico} = (\text{Nitrogeno}) (\text{Humus})$$

$$\text{N. Organico} = (0.08) (49920 \text{ kg/ha}) = 3993.6 \text{ kg/ha}$$



Nitrógeno inorgánico es la fracción realmente disponible por las plantas, por otro lado para el cálculo de este mismo es necesario el coeficiente de mineralización siendo para la sierra igual a 1% / año.

$$N \text{ inorgánico} = (\text{coef. de mineralización sierra})(N. \text{Organico})$$

$$N \text{ inorgánico} = (1\%) \left( 3993.6 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = 39.936 \text{ kg/ha/año}$$

Dividimos el Nitrógeno asimilable entre 2, debido a que en 6 meses se realiza la campaña agrícola.

$$N \text{ inorgánico}_{6\text{meses}} = N \text{ inorgánico}_{1\text{año}}/2$$

Entonces:

$$N \text{ inorgánico}_{6\text{meses}} = \frac{39.936}{2} = 19.97 \text{ kg/ ha /6meses}$$

#### - CALCULO DEL FÓSFORO DISPONIBLE

P = 10.97 ppm (Análisis inicial ver Anexo 3).

Para calcular el Fósforo orgánico multiplicamos la cantidad de fósforo por la capa arable.

$$P_{\text{organico}} = (10.97\text{ppm})(2400000\text{kg/ha})$$

$$P_{\text{organico}} = (10.97/1000000)(2400000\text{kg/ha})$$

$$P_{\text{organico}} = 26.33 \text{ kg/ha}$$

Para calcular la cantidad de  $P_2O_5$  asimilable por la planta en kg/ha/año hallamos el peso molecular para  $P_2O_5$  mediante la masa atómica para cada elemento que lo compone:

$$\text{Masa atómica para fósforo (P)} = 30.974 \rightarrow \text{Masa molecular para } P_2 = 61.95$$

$$\text{Masa atómica para oxígeno (O)} = 16 \quad \text{Masa molecular para } O_5 = 80$$

$$\text{Entonces la masa molecular para } P_2O_5 \text{ es: } 61.95 + 80 = 141.95$$

Por lo tanto el fósforo (P) representa el  $\frac{61.95}{141.95} * 100\% = 43.635\%$  de la masa molecular de  $P_2O_5$



Mediante una regla de tres hallamos el peso para  $P_2O_5$  en Kg.:

$$P_{organico}(Kg) \rightarrow 43.635\%$$

$$P_2O_5 (Kg) \rightarrow 100\%$$

$$\text{Por consiguiente: } P_2O_5 (Kg) = \frac{26.33kg \cdot 100\%}{43.635\%} = 60.34 \text{ kg/ha/año}$$

Ahora calculamos  $P_2O_5$  para 6 meses (campana agrícola)

$$P_2O_{5_{6\text{meses}}} = P_2O_{5_{1\text{año}}} / 2$$

$$\text{Entonces: } P_2O_{5_{6\text{meses}}} = \frac{60.34}{2} = 30.17 \text{ kg/ ha /6meses}$$

#### - CALCULO DE POTASIO DISPONIBLE

Para el cálculo del potasio organico se procedió de la misma manera que se hizo con el fósforo y obtenemos los siguientes resultados.

$$K = 300.3 \text{ ppm}$$

$$K_{organico} = (K)(C.A.)$$

$$K_{norganico} = (300.3ppm)(2400000) = 720.72$$

Para calcular la cantidad de  $K_2O$  asimilable por la planta en kg/ha/año hallamos el peso molecular para  $P_2O_5$  mediante la masa atómica para cada elemento que lo compone:

Hallamos el peso para mediante su masa molecular:

$$\text{Masa atómica para } (K) = 39.098 \rightarrow \text{Masa molecular para } K_2 = 78.19$$

$$\text{Masa atómica para oxígeno } (O) = 16$$

$$\text{Entonces: Masa molecular para } K_2O \text{ es: } 78.196 + 16 = 94.196$$

$$\text{Por lo que el potasio } (K) \text{ representa el } 83.015\% = \frac{78.196}{94.196} * 100\% ,$$

Se calculó mediante una regla de tres el peso en kg para  $K_2O$ :

$$K_{organico}(Kg) \rightarrow 83.015\%$$

$$K_2O (Kg) \rightarrow 100\%$$

$$\text{De aquí: } K_2O \text{ (Kg)} = \frac{K_{organico} * 100\%}{83.015\%}$$

$$K_2O \text{ (Kg)} = \frac{720.72 * 100\%}{83.015\%} = 868.18 \text{ kg/ha/año}$$

Ahora calculamos  $P_2O_5$  para 6 meses (campaña agrícola)

$$K_2O_{6\text{meses}} = K_2O_{1\text{año}}/2$$

$$K_2O_{6\text{meses}} = \frac{868.18}{2} = 434,09 \text{ kg/ ha /6meses}$$

#### - REQUERIMIENTO DE CULTIVO

De acuerdo a los cálculos realizados se tiene el siguiente Anexo 4 para determinar el déficit de nutrientes en el suelo.

**ANEXO 4:** Datos del requerimiento de nutrientes del cultivo, oferta y demanda del suelo para el cultivo

	<i>N</i> (Kg)	<i>P</i> <sub>2</sub> <i>O</i> <sub>5</sub> (Kg)	<i>K</i> <sub>2</sub> <i>O</i> (Kg)
<b>Requerimiento(Kañiwa)</b>	40	20	0
<b>Oferta</b>	19.97	30.17	434.09
<b>Demanda</b>	20.03	-10.17	-434.09

La demanda se determinó mediante la diferencia entre el requerimiento del cultivo (kañiwa) estimada por Apaza (2010), y la oferta de nutrientes del suelo. De acuerdo a los resultados se muestra que el suelo solo requirió 20.03 kg de nitrógeno.

A partir de estos resultados se calculó la cantidad de enmiendas a utilizar para los diferentes tratamientos:

#### - CALCULO DE LA CANTIDAD DE ESTIERCOL:

**ANEXO 5:** Aporte nutricional del estiércol

<b>APORTE NUTRICIONAL</b>			
<b>Fuente</b>	<i>N</i> (%)	<i>P</i> <sub>2</sub> <i>O</i> <sub>5</sub> (%)	<i>K</i> <sub>2</sub> <i>O</i> (%)
<b>Enmienda</b>	1.58	1.42	1.13

Fuente: laboratorio de suelos INIA Salcedo

$$MASA_{estiercol} = \frac{\text{demanda}}{\text{fuente}}$$

$$MASA_{estiercol} = \frac{20.03}{0.0158} = 1267.72 \text{ kg/ha}$$

$$MASA_{estiercol} = 5.1 \text{ kg/40m}^2$$

- **CALCULO DE LA CANTIDAD DE COMPOST:**

**ANEXO 6:** Aporte nutricional de compost

<b>APORTE NUTRICIONAL</b>			
<b>Fuente</b>	<b>N(%)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (%)</b>
<b>Enmienda</b>	4.7	2	1.8

Fuente: laboratorio de aguas y suelos INIA Salcedo.

$$MASA_{compost} = \frac{20.03}{0.0158} = 426.17 \text{ kg/ha}$$

$$MASA_{compost} = 1.7 \text{ kg/40m}^2$$

- **CALCULO DE LA CANTIDAD DE GUANO DE ISLA:**

**ANEXO 7:** Aporte nutricional del guano de isla

<b>APORTE NUTRICIONAL</b>			
<b>Fuente</b>	<b>N(%)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (%)</b>
<b>Enmienda</b>	11	10.49	1.88

Fuente: laboratorio de aguas y suelos INIA Salcedo

$$MASA_{guano \text{ de isla}} = \frac{20.03}{0.11} = 182.1 \text{ kg/h}$$

$$MASA_{guano \text{ de isla para } 40\text{m}^2} = 0.73 \text{ kg}$$



- **FERTILIZANTES QUIMICOS**

**ANEXO 8:** Aporte nutricional de la urea

<b>APORTE NUTRICIONAL</b>			
<b>Fuente</b>	<i>N</i> (%)	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i> (%)	<i>K<sub>2</sub>O</i> (%)
<b>Enmienda</b>	46	0	0

Fuente: Laboratorio de suelos y aguas INIA Salcedo

$$MASA_{UREA} = \frac{20.03}{0.46} = 43.48 \text{ kg/ha}$$

$$MASA_{Urea \text{ para } 40m^2} = 0.17 \text{ kg}$$

**ANEXO 9.** Resumen de la cantidad de enmiendas por parcela ( $40m^2$ ) utilizadas en el experimento

<b>BLOQUE</b>	<b>TRATAMIENTO</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
	<b>Estiércol de ovino</b>	<b>Compost</b>	<b>Guano de isla</b>	<b>Urea - testigo</b>
<b>I</b>	5.1	1.7	0.73	0.17
<b>II</b>	5.1	1.7	0.73	0.17
<b>III</b>	5.1	1.7	0.73	0.17
<b>TOTAL (kg)</b>	15.3	5.1	2.19	0.51

**ANEXO 10:** 1era dosis de aplicación por parcela ( $40m^2$ ) realizada antes de la siembra del cultivo

<b>BLOQUES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
	<b>Estiércol de ovino</b>	<b>Compost</b>	<b>Guano de isla</b>	<b>Urea - testigo</b>
<b>I</b>	5.1	0.85	0.37	0.09
<b>II</b>	5.1	0.85	0.37	0.09
<b>III</b>	5.1	0.85	0.37	0.09
<b>TOTAL (kg)</b>	15.3	2.55	1.1	0.26



**ANEXO 11:** 2da dosis de aplicación por parcela ( $40m^2$ ) realizada antes de la siembra del cultivo

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
	Estiércol de ovino	Compost	Guano de isla	Urea - testigo
<b>I</b>	0	0.85	0.37	0.09
<b>II</b>	0	0.85	0.37	0.09
<b>III</b>	0	0.85	0.37	0.09
<b>TOTAL (kg)</b>	0	2.55	1.1	0.26

### 1. BASE DE DATOS:

**ANEXO 12:** Datos del pH por bloques y tratamientos evaluados después de la cosecha

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
	Estiércol de ovino	Compost	Guano de isla	Urea - testigo
<b>BI</b>	6.32	6.67	6.93	7.12
<b>BII</b>	6.25	6.17	6.23	6.34
<b>BIII</b>	6.52	6.39	6.33	6.72
<b>Prom</b>	6.36	6.41	6.50	6.73
<b>Total</b>	19.09	19.23	19.49	20.18

**ANEXO 13:** Datos de la Conductividad Eléctrica (mmhos/cm) por bloques y tratamientos evaluados después de la cosecha.

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
	Estiércol de ovino	Compost	Guano de isla	Urea - testigo
<b>BI</b>	0.151	0.158	0.197	0.214
<b>BII</b>	0.129	0.120	0.130	0.181
<b>BIII</b>	0.159	0.151	0.169	0.198



<b>Prom</b>	0.146	0.143	0.166	0.198
<b>Total</b>	0.439	0.429	0.497	0.593

**ANEXO 14:** Datos de la Capacidad de Intercambio Catiónico (me/100g) por bloques y tratamientos evaluados después de la cosecha

<b>BLOQUES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
	<b>Estiércol de ovino</b>	<b>Compost</b>	<b>Guano de isla</b>	<b>Urea - testigo</b>
<b>BI</b>	15.00	14.00	18.00	10.00
<b>BII</b>	14.00	16.00	15.00	15.00
<b>BIII</b>	16.00	17.00	16.00	15.00
<b>Prom</b>	15.00	15.67	16.33	13.33
<b>Total</b>	45.00	47.00	49.00	40.00

**ANEXO 15:** Datos de porosidad (%) por bloques y tratamientos evaluados después de la cosecha

<b>BLOQUES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
	<b>Estiércol de ovino</b>	<b>Compost</b>	<b>Guano de isla</b>	<b>Urea - testigo</b>
<b>BI</b>	51.62	49.69	50.35	48.31
<b>BII</b>	53.98	56.12	50.99	50.99
<b>BIII</b>	50.99	52.23	54.54	50.11
<b>Prom</b>	52.20	52.68	51.96	49.80
<b>Total</b>	156.59	158.04	155.88	149.41



**ANEXO 16:** Datos de la materia orgánica (%) por bloques y tratamientos evaluados después de la cosecha

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
	Estiércol de ovino	Compost	Guano de isla	Urea - testigo
BI	3.43	2.99	3.09	3.19
BII	3.40	3.22	3.02	2.36
BIII	3.10	3.19	3.67	2.91
Prom	3.31	3.13	3.26	2.82
Total	9.93	9.39	9.78	8.46

**ANEXO 17:** Datos del Nitrógeno disponible (%) por bloques y tratamientos evaluados después de la cosecha

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
	Estiércol de ovino	Compost	Guano de isla	Urea - testigo
BI	0.35	0.43	0.28	0.29
BII	0.34	0.31	0.29	0.32
BIII	0.22	0.28	0.24	0.22
Prom	0.30	0.34	0.27	0.28
Total	0.91	1.02	0.81	0.84

**ANEXO 18:** Datos Fósforo disponible (ppm) por bloques y tratamientos evaluados después de la cosecha

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
	Estiércol de ovino	Compost	Guano de isla	Urea - testigo
BI	26.40	23.35	22.65	21.25
BII	21.55	20.30	17.85	11.80
BIII	18.75	21.10	22.05	21.25



<b>Prom</b>	22.23	21.58	20.85	18.10
<b>Total</b>	66.70	64.75	62.55	54.30

**ANEXO 19:** Datos de Potasio disponible (ppm) por bloques y tratamientos evaluados después de la cosecha

<b>BLOQUES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
	<b>Estiércol de ovino</b>	<b>Compost</b>	<b>Guano de isla</b>	<b>Urea - testigo</b>
<b>BI</b>	977.45	1036.10	703.76	332.33
<b>BII</b>	332.33	547.37	703.76	860.16
<b>BIII</b>	606.02	606.02	801.51	550.63
<b>Prom</b>	638.60	729.83	736.35	581.04
<b>Total</b>	1915.80	2189.49	2209.04	1743.12

**ANEXO 20:** Datos de Sodio Intercambiable (me/100g) por bloques y tratamientos evaluados después de la cosecha

<b>BLOQUES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
	<b>Estiércol de ovino</b>	<b>Compost</b>	<b>Guano de isla</b>	<b>Urea - testigo</b>
<b>BI</b>	3.40	4.00	4.30	3.90
<b>BII</b>	3.50	3.20	3.20	4.00
<b>BIII</b>	3.60	3.60	3.60	3.95
<b>Prom</b>	3.50	3.60	3.70	3.95
<b>Total</b>	10.50	10.80	11.10	11.85

**ANEXO 21 :** Datos del número de lombrices por  $m^2$  para la primera fecha evaluada (12/12/17)

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
	Estiércol de ovino	Compost	Guano de isla	Urea - testigo
BI	1	2	2	2
BII	3	15	2	1
BIII	2	27	2	2
Prom	2	15	2	2
Total	6	44	6	5

**ANEXO 22:** Datos del número de lombrices por  $m^2$  para la segunda fecha evaluada (25/01/18)

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
	Estiércol de ovino	Compost	Guano de isla	Urea - testigo
BI	19.0	53.0	23.0	14.0
BII	17.0	45.0	24.0	14.0
BIII	18.0	36.0	22.0	14.0
Prom	18.0	44.7	23.0	14.0
Total	54.0	134.0	69.0	42.0

**ANEXO 23:** Datos del número de lombrices por  $m^2$  para la tercera fecha evaluada (14/01/18)

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
	Estiércol de ovino	Compost	Guano de isla	Urea - testigo
BI	9.0	9.0	5.0	8.0
BII	10.0	7.0	7.0	9.0
BIII	10.0	10.0	9.0	8.0



<b>Prom</b>	9.7	8.7	7.0	8.3
<b>Total</b>	29.0	26.0	21.0	25.0

**ANEXO 24:** Datos del número de lombrices por  $m^2$  para la cuarta fecha evaluada (14/03/18)

<b>BLOQUES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
	<b>Estiércol de ovino</b>	<b>Compost</b>	<b>Guano de isla</b>	<b>Urea - testigo</b>
<b>BI</b>	36.0	17.0	21.0	14.0
<b>BII</b>	31.0	16.0	25.0	5.0
<b>BIII</b>	26.0	11.0	29.0	13.0
<b>Prom</b>	31.0	14.7	25.0	10.7
<b>Total</b>	93.0	44.0	75.0	32.0

**ANEXO 25:** Datos del rendimiento de granos de kañiwa Variedad Cupi

<b>Bloques</b>	<b>Tratamientos</b>		<b>Rendimiento (kg/40m<sup>2</sup>)</b>	<b>Rendimiento (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Rendimiento kg/Ha</b>
<b>BI</b>	<b>T1</b>	<b>Estiércol de ovino</b>	8.66	0.2165	2165
	<b>T2</b>	<b>Compost</b>	9.80	0.2450	2450
	<b>T3</b>	<b>Guano de isla</b>	8.62	0.2155	2155
	<b>T4</b>	<b>Urea - testigo</b>	5.34	0.1335	1335
<b>BII</b>	<b>T1</b>	<b>Estiércol de ovino</b>	9.82	0.2455	2455
	<b>T2</b>	<b>Compost</b>	11.74	0.2935	2935
	<b>T3</b>	<b>Guano de isla</b>	7.20	0.1800	1800
	<b>T4</b>	<b>Urea - testigo</b>	7.10	0.1775	1775
<b>BIII</b>	<b>T1</b>	<b>Estiércol de ovino</b>	8.56	0.2140	2140
	<b>T2</b>	<b>Compost</b>	8.60	0.2150	2150
	<b>T3</b>	<b>Guano de isla</b>	8.74	0.2185	2185
	<b>T4</b>	<b>Urea - testigo</b>	7.12	0.1780	1780

**ANEXO 26:** Croquis de la parcela en investigación

