

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Aplicación de abonos orgánicos en un suelo de  
disposición final de residuos sólidos municipales y su  
efecto en el contenido de nutrientes y rendimiento de  
arveja (*Pisum sativum L.*). San Jerónimo de Tunán, 2017**

Ana Gabriela Suasnabar Zárate

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Municipalidad distrital de San Jerónimo de Tunán, por haberme permitido acceder a sus instalaciones de disposición final de residuos sólidos municipales y principalmente al encargado de su custodia, quien cada vez que visité el lugar de investigación me recibía amablemente, me guio con su experiencia y me brindó información importante sobre el lugar.

De igual manera agradecer a mi asesor de investigación y de Tesis de Grado por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos, que ayudan a formarte como persona e investigadora, quien, con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación ha logrado que pueda terminar exitosamente la tesis de grado.

## DEDICATORIA

A mi familia por apoyarme en todo momento, guiarme para seguir con mis estudios y progresar cada día más. A mi madre Ana María Zarate Ignacio quien me dio la vida y siempre me cuida.

# ÍNDICE GENERAL

Página

Carátula.....	i
Agradecimiento.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
Introducción.....	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.1.2 Formulación del problema.....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 General.....	4
1.2.2 Específicos.....	4
1.3 Justificación e importancia.....	5
1.3.1 Justificación.....	5
1.3.2 Importancia de la investigación.....	5
1.4 Hipótesis.....	6
1.4.1 General.....	6
1.4.2 Específicas.....	6
1.4.3 Hipótesis nula.....	6

1.4.4 Hipótesis alternativa.....	6
1.5 Descripción de variables.....	6
1.5.1 Variable independiente.....	6
1.5.2 Variables dependientes.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes del problema.....	9
2.2 Base teórica.....	14
2.2.1 El suelo de los lugares de disposición final de residuos sólidos.....	14
2.2.2 Los nutrientes en el suelo.....	15
2.2.3 Los abonos orgánicos.....	23
2.2.4. Técnica de cosecha y efecto de borde.....	27
2.3 Definición de términos básicos.....	29
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	31
3.1 Método y alcance de la investigación.....	31
3.1.1 Método de la investigación.....	31
3.1.2 Alcances de la investigación.....	33
3.2 Diseño de la investigación.....	33
3.3 Población y muestra.....	38
3.3.1 Población.....	38
3.3.2 Muestra.....	38
3.4 Técnicas de recolección de datos.....	40
3.5 Tratamiento de datos.....	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	43

4.1.1 Caracterización del suelo del experimento.....	43
4.1.2 Contenido de fósforo disponible en el suelo.....	44
4.1.3 Contenido de potasio disponible en el suelo.....	45
4.1.4 Contenido de nitrógeno total en el suelo.....	47
4.1.5 Contenido de calcio cambiabile en el suelo.....	48
4.1.6 Contenido de magnesio cambiabile en el suelo.....	50
4.1.7 Rendimiento de arveja.....	51
4.2 Discusión de resultados.....	52
4.2.1 Caracterización del suelo del experimento.....	52
4.2.2 Contenido de fósforo disponible en el suelo.....	54
4.2.3 Contenido de potasio disponible en el suelo.....	54
4.2.4 Contenido de nitrógeno total en el suelo.....	55
4.2.5 Contenido de calcio cambiabile en el suelo.....	56
4.2.6 Contenido de magnesio cambiabile en el suelo.....	57
4.2.7 Rendimiento de arveja.....	57
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS.....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Contenido	Página
1	Operacionalización de las variables en estudio.....	8
2	Tratamientos en estudio.....	36
3	Cantidad de abonos orgánicos que se utilizaron por tratamiento.....	37
4	Métodos de análisis de suelo.....	40
5	Descripción de los métodos de análisis de suelo.....	40
6	Resultados del análisis de caracterización del suelo del experimento.	43
7	Contenido de fósforo disponible (ppm) en el suelo del experimento....	44
8	Prueba de homogeneidad de variancias (Shapiro-Wilks) para el contenido de fósforo disponible.....	44
9	Prueba de comparación múltiple de Duncan para tratamientos. Contenido de fósforo disponible (ppm).....	45
10	Variación del contenido de fósforo disponible en el suelo, respecto al contenido inicial.....	45
11	Contenido de potasio disponible (ppm) en el suelo del experimento...	45
12	Prueba de homogeneidad de variancias (Shapiro-Wilks) para el contenido de potasio disponible.....	46
13	Prueba de comparación múltiple de Duncan para tratamientos. Contenido de potasio disponible (ppm).....	46
14	Variación del contenido de potasio disponible en el suelo, respecto al contenido inicial.....	46
15	Contenido de nitrógeno total (%) en el suelo del experimento.....	47
16	Prueba de homogeneidad de variancias (Shapiro-Wilks) para el contenido de nitrógeno total.....	47
17	Prueba de comparación múltiple de Duncan para tratamientos. Contenido de nitrógeno total (%).....	48



18	Variación del contenido de nitrógeno total en el suelo, respecto al contenido inicial.....	48
19	Contenido de calcio cambiabile (meq/100g) en el suelo del experimento.....	48
20	Prueba de homogeneidad de variancias (Shapiro-Wilks) para el contenido de calcio cambiabile.....	49
21	Prueba de comparación múltiple de Duncan para tratamientos. Contenido de calcio cambiabile (meq/100g).....	49
22	Variación del contenido de calcio cambiabile en el suelo, respecto al contenido inicial.....	49
23	Contenido de magnesio cambiabile (meq/100g) en el suelo del experimento.....	50
24	Prueba de homogeneidad de variancias (Shapiro-Wilks) para el contenido de magnesio cambiabile.....	50
25	Prueba de comparación múltiple de Duncan para tratamientos. Contenido de magnesio cambiabile (meq/100g).....	51
26	Variación del contenido de magnesio cambiabile en el suelo, respecto al contenido inicial.....	51
27	Rendimiento de arveja en verde (g/2.1m <sup>2</sup> ).....	51
28	Prueba de homogeneidad de variancias (Shapiro-Wilks) para rendimiento de arveja en verde.....	52
29	Prueba de comparación múltiple de Duncan para tratamientos. Rendimiento de arveja en verde.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Nº</b>	<b>Nombre</b>	<b>Página</b>
1	Esquema de localización del lugar de disposición final de residuos sólidos municipales .....	3
2	Levantamiento topográfico paraje Mayopata .....	3
3	Método de cosecha de vainas.....	27
4	Croquis de una parcela experimental .....	28
5	Georreferenciación del lugar del experimento.....	34
6	Muestras del área del experimento.....	34
7	Diagrama metodológica del experimento.....	35
8	Disposición experimental de los tratamientos.....	36
9	Características del área experimental.....	38
10	Ubicación del lugar experimental .....	39
11	Procedimiento de la estadística inferencial. Metodología de la investigación.....	42

## RESUMEN

Durante marzo a setiembre 2017 se desarrolló el presente trabajo de investigación con los objetivos de: (i) determinar el efecto de aplicar tres tipos de abonos en un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales y medir los indicadores del contenido de N, P, K, Ca y Mg, y (ii) evaluar el rendimiento de arveja (*Pisum Sativum* L.), con aplicación de humus de lombriz (T2), compost (T3), estiércol de vacuno (T4) comparado con los resultados de terreno testigo (T1), considerando que estos suelos requieren ser recuperados para no quedar como pasivos ambientales.

El método general de investigación fue el de investigación científica; el método específico experimental; el tipo de investigación fue aplicada y el nivel descriptiva-explicativa. Los resultados se basan en la aplicación de dosis de abonos orgánicos de 20 t/ha. Se caracterizó el suelo, de la localidad de San Jerónimo de Tunán, calificándose de fertilidad media. Los tratamientos (4), fueron dispuestos en un diseño experimental de bloques completos al azar con 3 repeticiones. La variedad de arveja utilizada fue UACEN-1 (áfila). Las conclusiones fueron: El contenido de nitrógeno total varió de 0.092% (bajo) con T3, a 0.163% (medio) con T2, sin diferencias significativas; el fósforo disponible varió de 47.800 ppm (alto) con T3, a 78.400 ppm con T4 (alto), siendo superiores significativamente los tratamientos T4 y T2; el contenido de potasio disponible varió de 106 ppm (medio) con T3, a 123 ppm (medio) con T1, sin diferencias significativas entre todos los tratamientos; el calcio cambiante tuvo promedios de 9.26 meq/100 g con T4, a 10.63 meq/100 g con T2, sin diferencias significativas; el magnesio cambiante tuvo promedios entre 1.653 meq/100 g (T3) y 1.847 meq/100 g (T4), sin diferencias significativas entre todos los tratamientos; el rendimiento de arveja en verde, que sobresalió, fue T3 (2 374.254 kg/ha), sin diferencias significativas con T4 (1 871.317 kg/ha).

*Palabras clave: Suelos de disposición final de residuos sólidos municipales, nutrientes en el suelo, abonos orgánicos.*

## ABSTRACT

From March to September 2017, this research work was carried out with the objectives of: (i) determining the effect of applying three types of fertilizers in a municipal solid waste final disposal soil and measuring the indicators of the content of N, P, K, Ca and Mg, and (ii) evaluate the yield of peas (*Pisum Sativum* L.), with the application of earthworm humus (T2), compost (T3), cattle manure (T4) compared with the results of control soil (T1), considering that these soils need to be recovered so as not to remain as environmental liabilities.

The general method of investigation was that of scientific investigation; the specific experimental method; the type of research was applied and the descriptive-explanatory level. The results are based on the application of doses of organic fertilizers of 20 t / ha. The soil of the town of San Jerónimo de Tunán was characterized as being of medium fertility. The treatments (4) were arranged in a randomized complete block experimental design with 3 replications. The variety of peas used was UACEN-1 (áfila). The conclusions were: The total nitrogen content varied from 0.092% (low) with T3, to 0.163% (medium) with T2, without significant differences; the available phosphorus varied from 47,800 ppm (high) with T3, to 78,400 ppm with T4 (high), the treatments T4 and T2 being significantly superior; the available potassium content varied from 106 ppm (medium) with T3, to 123 ppm (medium) with T1, without significant differences between all treatments; the exchangeable calcium had averages of 9.26 meq / 100 g with T4, to 10.63 meq / 100 g with T2, without significant differences; exchangeable magnesium had averages between 1,653 meq / 100 g (T3) and 1,847 meq / 100 g (T4), without significant differences between all treatments; the green pea yield, which stood out, was T3 (2,374,254 kg / ha), without significant differences with T4 (1,871,317 kg / ha).

*Keywords: Soils of final disposal of municipal solid waste, nutrients in the soil, organic fertilizers.*

## INTRODUCCIÓN

La importancia del estudio del efecto de abonos orgánicos en nutrientes y rendimiento de arveja (*Pisum Sativum* L.) en San Jerónimo de Tunán, 2017 tiene que ver como desde la Academia y la disciplina de la Ingeniería Ambiental se contribuye con recuperar un espacio de disposición final de residuos sólidos municipales, cuya operación y manejo puede afectar las propiedades del recurso natural, respecto a la mejora o contaminación del suelo y la calidad del agua, entre otros aspectos; todo esto debido a la complejidad y heterogeneidad de los residuos.

El suelo ha sido tradicionalmente el medio importante para la disposición de residuos orgánicos (1). Sin embargo, la carencia de un manejo efectivo de residuos en ciudades con alta población puede tener efectos negativos que incluye lixiviados que emiten olores fétidos, propagación de enfermedades, entre otros aspectos que afectan al ambiente (2). Las excesivas entradas de residuos sólidos municipales al suelo pueden conducir a cambios en las características físicas y químicas del suelo, distorsionando las interrelaciones entre las funciones del suelo.

Se ha observado que los suelos difieren en su respuesta a los residuos sólidos municipales y que es importante investigar la influencia de estos residuos orgánicos e inorgánicos sobre diferentes propiedades físico-químicas del suelo (3). Algunas sustancias exógenas similares a los ácidos húmicos en los residuos municipales pueden reaccionar con los componentes del suelo y causar cambios en las propiedades físicas. (4)

En el caso específico de la Municipalidad de San Jeronimo de Tunán, se cuenta con un sitio de disposición final de residuos sólidos municipales. Sin embargo, no se tiene suficiente información científica disponible sobre la composición de nutrientes o si hay un riesgo de pérdida de nutrientes o no están apropiadamente balanceados. (5)

En este contexto se propone evaluar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos en el contenido de nutrientes de suelos de disposición final de residuos sólidos municipales, y su efecto en el rendimiento en el cultivo de arveja, en el distrito de San Jerónimo de Tunán, provincia de Huancayo, región Junín.

La investigación consta de cuatro capítulos, el Capítulo I corresponde al planteamiento del estudio, donde se formula el problema de investigación, ¿Cuáles son los efectos de la aplicación de abonos orgánicos en un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales en el contenido de nutrientes y rendimiento de arveja, en San Jerónimo

de Tunán, 2017? Se plantean los objetivos, la justificación e importancia, las hipótesis y descripción de variables.

En el Capítulo II se presenta el marco teórico, con los antecedentes del problema de contenido de nutrientes en el suelo, así como el marco teórico.

El Capítulo III comprende la metodología del estudio, habiéndose utilizado el método general de investigación científica, experimental, aplicada y explicativa.

El capítulo IV presenta los resultados y discusión, presentando los valores del contenido de nutrientes en el suelo de disposición final de residuos sólidos, y su discusión con los antecedentes reportados.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

Conforme la población se incrementa, los centros urbanos generan grandes cantidades de residuos sólidos y líquidos, cuya disposición plantea serios problemas a los gobiernos (6). Los expertos se han dado cuenta que una manera por el cual el problema de acumulación de residuos puede ser superado es a través del proceso de reciclaje y recuperación de tierras para propósitos recreativos o paisajísticos. (7)

Se estudió el efecto de aplicaciones sucesivas de compost de residuos de ciudad sobre los rendimientos de rye grass, tomate y berenjena y propiedades seleccionadas del suelo en un experimento de invernadero. Reportó que los rendimientos incrementaron significativamente conforme se incrementaron el N oxidable de la materia orgánica, el P y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en la superficie del suelo (0-10 cm) y a una profundidad del suelo de 12-122 cm, después de una aplicación total de residuos orgánicos. La edad de la fuente de abono de vertederos podría ser un buen indicador de la calidad del abono y su habilidad para liberar los nutrientes. (8)

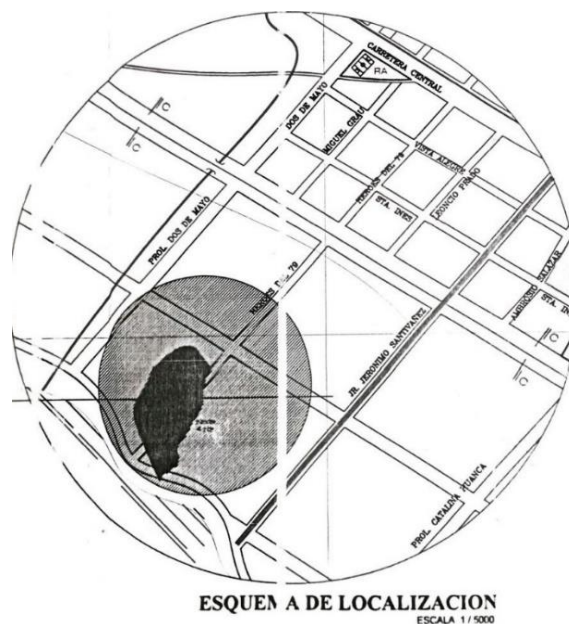
La materia orgánica del suelo al ser aplicada en sus diferentes fuentes, como son los abonos orgánicos, influye sobre las propiedades del suelo e indirectamente sobre las plantas. El humus generalmente representa del 50 al 90% del poder adsorbente de cationes. Similar a las arcillas, el humus coloidal retiene cationes nutrientes (potasio, calcio, magnesio, etc.) en forma fácilmente cambiante, donde pueden ser usados por las plantas y no son fácilmente lixiviados del perfil por la percolación del agua. Además, el nitrógeno,

fósforo, azufre y micronutrientes son almacenados como constituyentes de la materia orgánica del suelo, de donde ellos son lentamente liberados por mineralización. (9)

Los suelos de disposición final de residuos sólidos municipales en los diferentes distritos urbanos de Huancayo, se constituyen en un área problema, debido a la alteración de sus propiedades, entre las cuales se encuentran el contenido de nutrientes, consecuencia de las transformaciones de los materiales agregados al suelo, durante el periodo en que fueron utilizados como almacén de residuos sólidos municipales.

En el lugar de disposición final de residuos sólidos municipales en San Jerónimo de Tunán se recibe 5.4 t de residuos sólidos municipales por día; los residuos que llegan son cubiertos cada 2 días con material que proviene del mismo distrito lo cual en su mayoría son material de pavimentaciones ciudadanas; cabe indicar que el lugar funciona desde hace 20 años y al momento de realizado la tesis la cubierta de tierra presente tenía ya un año de antigüedad; por último se indicó que los planes a futuro es convertirlo en un jardín botánico. Según el levantamiento topográfico paraje Mayopata, el área total del lugar de disposición final de residuos sólidos municipales es de 13 394.76 m<sup>2</sup> y el perímetro es de 491.47 m.

**Figura 1. Esquema de localización del lugar de disposición final de residuos sólidos municipales**



**Figura 1. Esquema de localización del lugar de disposición final de residuos sólidos municipales. Municipalidad distrital San Jerónimo de Tunán**



**Figura 2. Levantamiento Topográfico Paraje Mayopata**



**Figura 2. Levantamiento topográfico paraje Mayopata. Municipalidad distrital San Jerónimo de Tunán**

Por lo tanto, hay una necesidad de investigar como pueden ser mejorados los suelos donde se acumulan residuos municipales, como en el distrito de San Jerónimo de Tunán (“lugar de disposición final de residuos sólidos municipales”), para ser restaurados y no quedar como pasivos ambientales; por ejemplo, con la adición de abonos orgánicos preparados por el hombre o naturales, para mejorar e incrementar el contenido de nutrientes. Dada la variedad de materiales orgánicos disponibles, se debe ensayar cada uno de ellos para evaluar su efecto en la mejora de los suelos de disposición final de residuos sólidos municipales y tener una alternativa de recuperarlos.

### **1.1.2. Formulación del problema**

#### **A) Problema general**

¿Cuáles son los efectos de la aplicación de abonos orgánicos en un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales en el contenido de nutrientes y rendimiento de arveja, en San Jerónimo de Tunán, 2017?

#### **B) Problemas específicos**

¿Cuáles son los efectos de la aplicación de humus de lombriz, compost y estiércol de vacuno, en el contenido de nitrógeno total, fósforo y potasio disponibles, calcio y magnesio cambiables en el suelo de disposición final de residuos sólidos municipales de San Jerónimo de Tunán, 2017?

¿Cuáles son los efectos de la aplicación de humus de lombriz, compost y estiércol de vacuno, en un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales en el rendimiento de arveja (*Pisum Sativum* L.), en San Jerónimo de Tunán, 2017?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. General**

Determinar los efectos de la aplicación de abonos orgánicos en un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales en el contenido de nutrientes y rendimiento de arveja, en San Jerónimo de Tunán, 2017

### **1.2.2. Específicos**

Determinar el contenido de nitrógeno total, fósforo y potasio disponibles, y calcio y magnesio cambiables, en un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales con aplicación de humus de lombriz, compost y estiércol de vacuno.

Determinar el rendimiento de arveja (*Pisum Sativum* L.) en un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales con aplicación de humus de lombriz, compost y estiércol de vacuno.

## **1.3. Justificación e importancia**

### **1.3.1. Justificación**

La ingeniería ambiental tiene como objetivo promover el desarrollo sostenible y uno de los grandes problemas humanos es la contaminación del ambiente y una gran tarea es recuperar los suelos de disposición final de residuos sólidos municipales, después de haber almacenado todo tipo de residuos, muchos de los cuales no son debidamente seleccionados, y que generaron descomposición en el suelo, así como la producción de lixiviados, con el potencial riesgo de contaminación del suelo, al incrementar la concentración de elementos o compuestos en cantidades superiores a los promedios. El presente estudio propone un trabajo de experimentación con materia orgánica procesada, que pueda ser agregada a estos suelos, para mejorar las propiedades del suelo e incrementar el contenido de nutrientes para el crecimiento de plantas superiores (arveja),

y de esa manera tener una alternativa para recuperar estos suelos en base a tratamientos de bajo costo y accesibles para todos.

### **1.3.2. Importancia de la investigación**

El resultado del análisis del contenido de nutrientes en el suelo permite estimar la capacidad de proveerlos a las diferentes plantas cultivadas, según sus requerimientos nutritivos, como es el caso de la arveja (*Pisum Sativum* L.); esto variará según el tipo de suelos, como es el caso de los sitios utilizados como disposición final de residuos sólidos municipales, que han recibido materiales orgánicos e inorgánicos de diferente naturaleza, y después de descompuestos, liberan sus elementos, que pueden ser aprovechados por diferentes organismos, como es el caso de las plantas. En estos suelos los abonos orgánicos procesados, humus de lombriz y compost, así como los naturales, estiércol de vacuno, tienen el rol de mejorar las propiedades del suelo y favorecer el crecimiento de las plantas.

Si los resultados cumplen las condiciones esperadas, las municipalidades tendrían un argumento científico para ejecutar políticas públicas de remediación y recuperación de los terrenos de disposición final de residuos sólidos.

Se recuperará este espacio con fines estéticos o recreacionales sembrando grass, arbustos, etcétera; así se evitará el riesgo de que los contaminantes que puedan tener ingresen a la cadena alimenticia de las personas.

## **1.4 Hipótesis**

### **1.4.1 General**

La aplicación de abonos orgánicos en un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales incrementa el contenido de nutrientes y el rendimiento de arveja en San Jerónimo de Tunán, 2017.

### **1.4.2 Específicas**

La aplicación de humus de lombriz, compost y estiércol de vacuno, a un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales, incrementa el contenido de nitrógeno total y fósforo disponible, pero no afectará significativamente el contenido de potasio disponible, calcio y magnesio cambiables, en San Jerónimo de Tunán, 2017.

La aplicación de humus de lombriz, compost y estiércol de vacuno, a un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales, incrementa el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.), en San Jerónimo de Tunán, 2017

### **1.4.3 Hipótesis nula**

La aplicación de abonos orgánicos, no incrementa el contenido de nutrientes ni el rendimiento de arveja en el suelo de disposición final de residuos sólidos municipales, de San Jerónimo de Tunán.

### **1.4.4 Hipótesis alternativa**

La aplicación de abonos orgánicos, incrementa significativamente el contenido de nutrientes y el rendimiento de arveja en el suelo de disposición final de residuos sólidos municipales, de San Jerónimo de Tunán

## **1.5 Descripción de variables**

### **1.5.1 Variable independiente**

X = Abonos orgánicos

#### **Definición:**

Compuestos orgánicos preparados por el hombre, para mejorar las propiedades de un suelo. (10)

**Indicador:** Tipos de abonos orgánicos aplicados al suelo

### **1.5.2 Variables dependientes**

Y1 = Contenido de nutrientes en el suelo.

#### **Definición:**

Los nutrientes son sustancias que contribuyen al crecimiento de un organismo vivo. (11)  
En el suelo tenemos macronutrientes que son elementos químicos necesarios en cantidades relativamente grandes para el crecimiento de las plantas, esos elementos son C, H, O, N, Ca, Mg, K, P, S y N. (12)

**Indicador:** Contenido de nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, calcio cambiante y magnesio cambiante en el suelo de disposición final de residuos sólidos municipales.

Y2 = Rendimiento de arveja

#### **Definición:**

Valor matemático de los componentes de rendimiento. Los componentes de rendimiento para arveja están expresados por el peso de grano. (13)

**Indicador:** kg/ha

**Tabla 1. Operacionalización de las variables en estudio.**

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR
X = Abonos orgánicos	Compuestos orgánicos preparados por el hombre, para mejorar las propiedades de un suelo. (14)	Humus de lombriz, compost y estiércol de vacuno	Tipos de abonos orgánicos	Tipo de abonos orgánicos aplicados al suelo
Y1 = Contenido de nutrientes en el suelo	Los nutrientes son sustancias que contribuyen al crecimiento de un organismo vivo. (15) En el suelo tenemos macronutrientes que son elementos químicos necesarios en cantidades relativamente grandes para el crecimiento de las plantas, esos elementos son C, H, O, N, Ca, Mg, K, P, S y N. (16)	Nitrógeno total	Alto, medio, bajo	% N
		Fósforo disponible	Alto, medio, bajo	ppm P
		Potasio disponible	Alto, medio, bajo	ppm K
		Calcio cambiante	Alto, medio, bajo	meq/100 g suelo
		Magnesio cambiante	Alto, medio, bajo	meq/100 g suelo
Y2 = Rendimiento arveja	Valor matemático de los componentes de rendimiento. Los componentes de rendimiento para arveja están expresados por el peso de grano (17)	Rendimiento de grano	Cantidad de cosecha/unidad de área	Kg/ha

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

En el trabajo de investigación titulado: “*Long term effect of municipal waste disposal on soil properties and productivity of sites used for urban agricultura in Abakaliki, Nigeri*” se realizó una evaluación del impacto a largo plazo (20 años) de la disposición de residuos municipales sobre las propiedades físico-químicas y productividad del suelo en lugares de rellenos de residuos municipales en la zona urbana de Abakaliki, sureste de Nigeria. Se realizó excavaciones de perfiles en puntos seleccionados y se obtuvo muestras de diferentes horizontes de suelo de lugares de rellenos municipales y donde no hubo rellenos municipales usando la técnica de levantamiento libre para seleccionar puntos de observación. Hubo diferencias en la distribución del tamaño de partícula entre los lugares con rellenos municipales y sin rellenos municipales. Similarmente, la densidad de volumen fue baja en 9 a 13% mientras que la porosidad total y la conductividad hidráulica fue mayor en un 9-14% y 240-463%, respectivamente, en los lugares con relleno municipal relativo a los lugares sin relleno municipal. La materia orgánica del suelo, nitrógeno total, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y porcentaje de saturación de bases incrementó de 701 a 743, 646 a 740, 7% a 10%, y 5% a 14%, respectivamente, en el suelo con relleno sanitario relativo al suelo sin relleno sanitario. Estos resultados fueron confirmados por un alto coeficiente de alienación (grado de falta de relación,  $\sqrt{1 - r^2}$ ) en densidad de volumen, 0.65; porosidad total, 0.58; conductividad hidráulica, 0.87; materia orgánica, 0.93; N total, 0.82; pH, 0.85 y capacidad de intercambio catiónico, 0.97 entre los suelos con relleno municipal y sin relleno municipal. Los metales pesados (Pb, Cu, Fe y Zn) se incrementaron

entre 214% y 2040% en suelos con rellenos municipales relativos a suelos sin rellenos municipales. (18)

En el trabajo de investigación titulado: “*Application of a Green manure and Green manure composted with beet vinasse on soil restoration: Effects on soil properties*”, se aplicó Vinaza de remolacha (BV), un abono verde constituido por *Trifolium pratense* L. compostado y no compostado (TP) con vinaza de remolacha (a una dosis 1:1, (TP+BV)1, y dosis 2:1, (TP+BV)2) a una dosis de 10t de materia orgánica durante un periodo de cuatro años para propósitos de restauración de un Xellic Calciorthid localizado cerca de Sevilla (Valle de Guadalquivir, Andalucía, España). Se determinó el efecto sobre la cubierta de planta, propiedades físicas (estabilidad estructural y densidad de volumen), químicas (porcentaje de sodio intercambiable), y biológicas (biomasa microbial, actividades enzimáticas y respiración del suelo tales como dehidrogenasa, ureasa,  $\beta$ -glucosidasa, fosfatasa y arilsulfatasa). La aplicación de BV tuvo un impacto detrimental sobre las propiedades físicas (disminuyó la estabilidad estructural en 16.5% y la densidad de volumen incrementó en 18.7% respecto al suelo control), químicas (el porcentaje de sodio intercambiable viablementó en 87.3% respecto al suelo control), y biológicas (la biomasa microbial, respiración del suelo, y actividades de dehidrogenasa, ureasa,  $\beta$ -glucosidasa, fosfatasa y arilsulfatasa, disminuyó en 53.5%, 24.5%, 27.8%, 15%, 39.7%, 42.7%, y 65.6%, respectivamente con respecto al suelo control), probablemente debido a que altas cantidades de cationes monovalentes (Na principalmente) fueron introducidos dentro del suelo por la vinasa, desestabilizando la estructura. La aplicación de TP tuvo un impacto positivo sobre las propiedades físicas del suelo (la estabilidad estructural incrementó 5.9% y la densidad de volumen disminuyó 6.1% con respecto al suelo control), y propiedades biológicas (biomasa microbial, respiración del suelo, y las actividades de la dehidrogenasa, ureasa,  $\beta$ -glucosidasa, fosfatasa y arilsulfatasa incrementaron en 66.3%, 45.6%, 97.7%, 87.2%, y 89.4%, respectivamente con respecto al suelo control). Sin embargo, cuando BV fue compostado con un abono verde, principalmente a una tasa de 2:1, el compost resultante tuvo un efecto positivo sobre las propiedades físicas (la estabilidad estructural incrementó en 10.5% y la densidad de volumen disminuyó en 13.5% respecto al suelo control), y biológicas (biomasa microbial, respiración del suelo, y las actividades de la dehidrogenasa, ureasa,  $\beta$ -glucosidasa, fosfatasa y arilsulfatasa incrementaron en 68.9%, 46.2%, 97.5%, 98.4%, 99.1%, 90.5% y 91.6%, respectivamente con respecto al suelo control). Después de 4 años, el porcentaje de cubierta de planta disminuyó en 64.3% en las parcelas enmendadas con BV respecto al suelo control, mientras que incrementó 82.8%, 81.6%, y 81% en los tratamientos (TP+BV)2, (TP+BV)1 y TP respectivamente.

Mientras que la aplicación de BV deteriora el suelo y por lo tanto no contribuye a su restauración, la aplicación de TP, y BV compostado con TP protege el suelo y contribuye a su restauración. (19)

En el trabajo de investigación titulado: "Evaluation of Naturally Decomposed Solid Wastes from Municipal Dump Sites for Their Manurial Value in Southwest Nigeria", se evaluó el valor en nutrientes de residuos descompuestos de seis diferentes lugares de deposición final de residuos municipales de diferente edad entre 6 meses a 20 años. Se condujo un experimento en invernadero utilizando cultivo de arena para estudiar los efectos de la aplicación de estos abonos en el crecimiento y rendimiento de *Amaranthus caudatus*. Estos abonos también fueron comparados con fertilizantes órgano-minerales (preparados de estiércol de vacuno y residuos sólidos municipales enmendados con nitrógeno mineral y sin enmiendas) usados normalmente. Los resultados de los análisis de los diferentes abonos indican que el nitrógeno total varió de 1.01% a 1.46% dependiendo de la edad del sitio de deposición de residuos sólidos municipales. Los sitios más jóvenes mostraron valores más altos de nitrógeno. Los valores de fósforo variaron de 0.5% a 1.07% y los valores de potasio de 0.42% a 0.60%. Las enmiendas de compost grado A mostraron 2.58% de nitrógeno y el compost normal grado B 1.46%. La calidad de los abonos de los sitios de deposición final de residuos municipales fue más cercana al compost normal. Se concluye que los abonos de los sitios de deposición final de residuos municipales tienen valores potenciales comparables a un compost normal preparado de residuos sólidos municipales. También pueden ser efectivos para suelos tropicales desprovistos de materia orgánica. (20)

En el trabajo de investigación titulado: "An evaluation of the nutritional status of soil samples from a variety of dumpsites from locations in Benin City, Edo State, Nigeria", se tuvo como objetivo determinar los niveles de elementos en suelos de deposición final de residuos sólidos municipales y su actividad microbial. Las muestras de suelos fueron colectadas de cuatro diferentes lugares de deposición final de residuos municipales: (i) en Capitol, Universidad de Benin, Edo.State, (ii) Universidad de Benin, (iii) mercado de Uselu, ciudad de Benin, (iv) mercado Uwelu, ciudad de Benin, y (v) una quinta muestra de suelo de un terreno en descanso en Iguosa, Benin City, utilizada como tratamiento control. Las cinco muestras de suelo fueron sometidas a análisis físico y químico en el laboratorio de química del Instituto de Investigación de Palma Aceitera cerca de la ciudad de Benin. El contenido de potasio fue determinado, después de la digestión, usando una espectroscopía de absorción atómica. El fósforo fue determinado por el método colorimétrico. El nitrógeno fue determinado por digestión Kjeldahl. Los niveles de los macronutrientes esenciales N, P



y K fueron altos en los diferentes lugares de deposición final de residuos comparados con el control. (21)

En el artículo de investigación titulado: “Physicochemical characteristics of soil from selected solid waste dump sites in Port Harcourt, Rivers State, Nigeria”, se tuvo como objetivo determinar el contenido de nutrientes y distribución del tamaño de partícula de muestras de suelo de lugares de deposición de residuos sólidos. Se seleccionaron cinco lugares de deposición de residuos sólidos: Iwofe, Eliozu, Choba, Rumuokwuta y Ozuoba. Se seleccionó un sitio control para cada lugar de deposición de residuos sólidos, localizado a 200 m. El muestreo fue realizado en estaciones húmedas y secas empezando en setiembre 2015 a diciembre 2016. La técnica de muestreo sistemático fue usada para el muestreo de suelo a un intervalo de 5 m y a una profundidad de 0-15 cm. El nitrógeno total se determinó usando el método de digestión Macro-Kjeldahl, los fosfatos se determinaron usando el método de Bray 1 y el método del acetato de amonio fue usado para determinar capacidad de intercambio catiónico y potasio disponible del suelo. El contenido de nitrógeno total en los sitios de deposición de residuos sólidos fue mayor comparado a las localidades control, lo cual se atribuyó a la composición de los residuos, principalmente agrícolas y de granjas, asimismo se observó altos niveles de fósforo y potasio en los sitios de deposición de residuos especialmente en la estación húmeda comparado a los sitios control. (22)

En el trabajo de investigación titulado: “Microbiological and physicochemical analyses of top soils obtained from four municipal waste dumpsites in Benin City, Nigeria” se planteó los objetivos de evaluar la calidad físicoquímica y microbial de suelos superficiales colectados de cuatro lugares deposición final de residuos municipales localizados en diferentes áreas en la ciudad de Benin, Estado de Edo, Nigeria. Las muestras de suelo fueron colectadas de: Bypass (Ikhueniro), NITEL, NIFOR y Capitol, a una profundidad de 2 a 20 cm con la ayuda de una barrena de suelo; antes del muestreo se removieron los residuos superficiales. Se determinó, entre otros análisis, nitrato, amonio, nitrógeno total y fosfato. Los contenidos de los macronutrientes primarios fueron inferiores que el suelo utilizado como control, en los lugares de deposición final de residuos. (23)

En el trabajo de investigación titulado: “Effect of Wastes on Selected Soil Properties in Abakaliki Sotheastern Nigeria”, se tuvo como objetivo determinar el efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre propiedades seleccionadas del suelo. Las muestras de suelo fueron obtenidas de tres diferentes lugares de deposición final de residuos a una profundidad de 0-20 cm: uno de residuos sólidos municipales, uno de residuos de

procesamiento de arroz, uno de residuos de procesamiento de madera, y un control (sin deposición final de residuos). Las muestras fueron colectadas cinco veces en cada localidad y analizadas en sus propiedades físicas y químicas. Entre las propiedades químicas se analizó sulfatos usando el método turbidimétrico, nitratos usando el método colorimétrico y amonio usando el método colorimétrico del azul de indofenol. Los resultados mostraron un cambio significativo ( $P > 0.05$ ) en el contenido de sulfato, nitrato y amonio en todos los lugares de deposición final de residuos, estudiados. El orden de incremento de sulfato fue: lugar de deposición final de madera > lugar de deposición final de residuos municipales > lugar de deposición final de residuos de procesamiento del arroz > lugar donde no hay deposición final de residuos. El lugar donde no hubo deposición final de residuos mostró el más bajo valor de nitratos de 0.25 g/kg. Este contenido de nitrato fue más alto en el lugar de deposición final de residuos municipales, residuos de arroz y residuos de madera en un 20, 112 y 24%, respectivamente. De los resultados se observa que el lugar de deposición final de residuos municipales no causa efecto tóxico sobre las plantas con respecto al nitrato, pero es un riesgo potencial para la contaminación del agua freática debido a la lixiviación de nitratos. La mejora de propiedades del suelo ayuda a incrementar el nivel de fertilidad del suelo, la productividad del suelo, y los organismos del suelo, que proporcionan polisacáridos cementantes que actúan como agentes de enlace de partículas minerales, favoreciendo la agregación y mejorando la estructura del suelo para facilitar la penetración de raíces que a su vez facilita el crecimiento de la planta. (24)

En el trabajo de investigación titulado: "Municipal solid waste dumpsite pollution on physico-chemical properties of dumpsite and surrounding soils" se planteó como objetivos: (i) investigar las propiedades del suelo en un lugar activo de deposición final de residuos y en el área circundante en un área urbana en expansión, y (ii) establecer un perfil de degradación de propiedades y obtener datos base para futuros monitoreos del ambiente deteriorado del lugar de deposición final de residuos. Las muestras de suelo aleatorizadas fueron colectadas a dos profundidades: 0-10 cm y 10-20 cm en cuatro puntos, cada uno con dos repeticiones dando 8 muestras representativas de los suelos con deposición de residuos y sitios control. El pH se determinó por el método potenciométrico (1:2.5 suelo:agua), la conductividad eléctrica fue medida con un conductivímetro digital, la materia orgánica fue determinada por el método de Walkley-Black, el nitrógeno total por el método de Macro-Kjedahl, el sulfato fue determinado por el método turbidimétrico, el fósforo disponible fue extractado con el método de Bray-1 y Bray-2 y medido con el espectrofotómetro. Los resultados permitieron observar patrones definitivos de valores altos de propiedades del suelo en lugares de deposición final de residuos respecto al suelo

control, que concuerda con los resultados encontrados en estudios de lugares de deposición final de residuos abiertos en otras economías desarrolladas (India, China, Iran). En el suelo con deposición de residuos se registró un pH alcalino ( $\text{pH} = 7.51 \pm 0.27$ ) y un pH ácido ( $\text{pH} = 5.69 \pm 0.67$ ) en el suelo control. La saturación de bases mostró altos valores de calcio y magnesio en el suelo con deposición de residuos respecto al suelo control. La variabilidad de las propiedades ( $\text{CV} = 55\text{-}200\%$ ) fue encontrada en CE y K en los suelos con deposición de residuos y CE, Nt en los suelos control. Las demás propiedades fueron homogéneas en ambos suelos. (25)

## **2.2. Base teórica**

### **2.2.1. El suelo de los lugares de disposición final de residuos sólidos**

Es la forma más común de disposición final de residuos sólidos. Aunque es la modalidad más barata, también es la que ocasiona más problemas ambientales, ya que normalmente se realiza en cañadas o barrancos de donde los residuos son fácilmente esparcidos por acción de la lluvia o del viento. Los lugares de disposición final de residuos sólidos atraen animales y son centro de proliferación de ratas, moscas, cucarachas y otros insectos. Además, la lluvia que cae sobre los residuos produce lixiviados (líquidos percolados), los cuales pueden contaminar las fuentes de agua superficiales (ríos o lagunas) o subterráneas (agua de pozos). (26)

### **2.2.2. Los nutrientes en el suelo**

#### **2.2.2.1. El nitrógeno**

El contenido de nitrógeno en el suelo varía de 0.02 a 0.5% en suelos minerales, incrementándose con el contenido de materia orgánica. En suelos orgánicos el contenido de nitrógeno total puede ser mayor de 2.5%. El contenido de nitrógeno total disminuye con la profundidad del suelo. El nitrógeno total del suelo se presenta como nitrógeno orgánico e inorgánico, donde aproximadamente el 95% del nitrógeno total en la superficie del suelo es nitrógeno orgánico. (27)

Un gran volumen (95 a 99%) del nitrógeno del suelo está en compuestos orgánicos que lo protegen de las pérdidas pero que no está disponible para las plantas superiores. La mayor parte de este nitrógeno está presente como grupos amina ( $\text{R-NH}_2$ ), mayormente en proteínas o como parte de compuestos húmicos. Cuando los microorganismos del suelo atacan estos compuestos, se forman compuestos simples de aminoácidos (Lisina:  $\text{CH}_2\text{NH}_2\text{COOH}$ , Alanina:  $\text{CH}_3\text{CHNH}_2\text{COOH}$ ). Luego los grupos amina son hidrolizados, y el nitrógeno es liberado como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), que puede ser oxidado a nitrato. Las enzimas

que realizan este proceso son producidas principalmente por microorganismos e incluyen hidrolasas y desaminasas que rompen enlaces C-H y C-NH<sub>2</sub>. Este proceso enzimático es denominado mineralización. Muchos estudios han mostrado que aproximadamente 1.5 a 3.5% del nitrógeno orgánico de un suelo se mineraliza anualmente. Aun así, esta tasa de mineralización proporciona suficiente nitrógeno mineral para el normal crecimiento de la vegetación natural en la mayoría de los suelos excepto en aquellos bajos en materia orgánica, tales como los suelos de desiertos y áreas arenosas. (28)

El nitrógeno presente en el suelo, aparte de la que está presente en el aire del suelo, se presenta en tres principales formas: (i) nitrógeno orgánico, parte de la materia orgánica del suelo y retenida dentro de residuos de plantas y animales, y en los diferentes insectos, bacterias y hongos en el suelo. No está disponible para el crecimiento de las plantas hasta que haya sido convertido a formas minerales, primero a nitrógeno amoniacal y luego a nitrógeno nítrico, por la descomposición de la materia orgánica del suelo a través del proceso de mineralización, (ii) nitrógeno amoniacal, frecuentemente adsorbido sobre minerales de arcilla, limo y coloides orgánicos. En algunos tipos de arcilla, especialmente aquellas conocidas como arcillas del tipo 2:1, el nitrógeno amoniacal puede ser fijado en una forma permanente antes que una simple adsorción. El nitrógeno amoniacal está usualmente en muy bajo suministro excepto después de la aplicación de fertilizantes nitrogenados. Esta es una forma mineral de nitrógeno que puede ser utilizada por muchas plantas, (iii) nitrógeno nítrico, la forma mineral más común de nitrógeno en el suelo, está fácilmente disponible para la absorción de la planta. Los fertilizantes nitrogenados son rápidamente convertidos a esta forma después de la aplicación al suelo. La mayor parte del nitrógeno nítrico permanece en la solución suelo y está por lo tanto sujeta a lixiviación, particularmente en suelos arenosos, bien drenados y áreas con alta precipitación pluvial. (29)

Las concentraciones de nitrógeno total en el suelo son dependientes de muchos factores, incluyendo la génesis del suelo, sistemas de cultivo, labranza, productividad y susceptibilidad a la erosión. (30). Se ha reportado que el nitrógeno total en el suelo en la capa superficial de 0-20 cm fue mayor en césped y suelo no labrado, seguido por suelo con rastrojos y suelo arado. (31). El contenido de arcilla está generalmente correlacionado positivamente con el contenido total de nitrógeno en el suelo, pues la arcilla protege la materia orgánica. (32)

No existe duda respecto a la importancia destacada del nitrógeno en la fertilidad del suelo. Es el elemento nutritivo cuya aplicación a los cultivos da una respuesta más clara y

consistente en la producción. Después del agua, el nitrógeno es el factor limitante de mayor trascendencia en el crecimiento vegetal. El nitrógeno es absorbido por las plantas directamente de la solución suelo, tanto en forma nítrica como amoniacal, si bien domina la primera. Según se ha podido comprobar, al revisar el sistema suelo-planta, en relación al nitrógeno, la disponibilidad de este elemento para el cultivo depende, al margen del contenido en la solución del suelo, de la cantidad de materia orgánica y de la tasa de mineralización de la misma. Así, en condiciones que favorecen la nitrificación, el nitrógeno que es liberado y puesto a disposición de la planta puede ser importante, lo que reduce la necesidad de elevadas aplicaciones de este nutriente al suelo. En el caso de este elemento, no existe una fracción definida, excepto el nitrógeno de la solución del suelo que pueda considerarse como asimilable. Sin embargo, el contenido total de nitrógeno en forma orgánica, o lo que es equivalente, la materia orgánica del suelo, da una idea aproximada de la capacidad potencial de suministro de nitrógeno, por parte del suelo. En efecto, se puede estimar la cantidad de nitrógeno que puede obtenerse en determinadas condiciones del suelo, humedad, temperatura y pH, en función de la tasa de mineralización correspondiente en dichas condiciones y la cantidad de materia orgánica presente en el suelo. (33)

#### **2.2.2.2. El fósforo**

El fósforo elemental es muy reactivo químicamente, de tal manera que no está presente en estado puro en la naturaleza. Se halla solo en combinación química con otros elementos. El fósforo del suelo proviene principalmente de la meteorización de la apatita, un mineral que contiene fósforo y calcio, así como otros elementos tales como flúor y cloro. Cuando se descomponen las apatitas y se libera fósforo en el suelo, se forman varios compuestos, incluyendo los dos iones ortofosfatos absorbidos por las plantas. Estos iones ortofosfato están presentes en pequeñas cantidades en la solución suelo. El fósforo soluble en el suelo, cualquiera sea la fuente, formará compuestos con calcio, hierro, aluminio y manganeso, y se enlazarán con las superficies reactivas de ciertos minerales de arcilla tales como caolinita, aluminio y óxidos de hierro en suelos volcánicos rojos y alofana, imogolita y complejos de humus-Al en suelos derivados de cenizas volcánicas. Estas reacciones reducen la disponibilidad de fósforo para las plantas debido a que son revertidas o cambiadas a formas fijadas. Sin embargo, los compuestos tales como los fosfatos de calcio son relativamente disponibles para las plantas. (34)

Muchos suelos contienen grandes cantidades de fosfato, pero mayormente no están disponibles para las plantas. El fosfato en forma insoluble que no está libre para el

crecimiento de la planta se dice está “fijado”. Las reacciones que fijan fosfato dependen del pH del suelo. En suelos fuertemente ácidos (pH 3.5-4.5), forma fosfato de hierro insoluble. Entre pH 4.0 y 6.5 el fósforo reacciona con aluminio. Los fosfatos de calcio son importantes entre pH 7.0 y 9.0. La máxima disponibilidad se encuentra a pH 6.5 en suelos minerales, pero el pH 6.0-7.0 es satisfactorio para la mayoría de las plantas. Entre el 25% y 90% de todo el fósforo del suelo está en la materia orgánica, un importante almacén de fósforo. (35)

El fósforo presenta un problema en la fertilidad del suelo en tres maneras: (i) el contenido total de fósforo de los suelos es relativamente bajo, variando de 500 a 10 000 kg de P en los primeros 50 cm de una hectárea de suelo, (ii) los compuestos de fósforo comúnmente hallados en los suelos no están mayormente disponibles para la absorción de la planta, debido a que son altamente insolubles, (iii) cuando se agregan al suelo fuentes solubles de fósforo, como fertilizantes y abonos, pueden fijar el fósforo (formas no disponibles) y en el tiempo forman compuestos altamente insolubles. Las reacciones de fijación en suelos bajos en P pueden dejar solo una pequeña fracción (10-15%) del fósforo aplicado al suelo, para su absorción por las plantas en un año de aplicación. En el tiempo, tales prácticas saturan la capacidad de fijación de fósforo y liberan fósforo disponible en el suelo. Tal incremento de fósforo mejora la fertilidad del suelo. (36)

La fertilidad del suelo en fósforo viene determinada por la capacidad de suministrar adecuadamente a las plantas de fósforo de acuerdo con las necesidades a lo largo del ciclo. Debe existir un equilibrio mediante el cual se ajusten las necesidades de absorción de la planta con las posibilidades del suelo de suministrar el elemento, determinadas por los factores de intensidad y velocidad. La concentración en la solución (factor intensidad) y la velocidad con la que, para compensar las pérdidas por la absorción de la planta, se repone (factor velocidad) depende de las características del suelo (composición, textura, pH, materia orgánica, estructura, etc.) que nos dan la medida de la cantidad de fósforo (factor capacidad) que debe hallarse en equilibrio dinámico para asegurar la concentración adecuada en la solución. Para definir o determinar de un modo concreto la fertilidad del suelo en fósforo, se trata de cuantificar mediante la utilización de algún método de análisis lo más simple posible, el fósforo que existe en el suelo disponible para la planta, lo cual lleva al concepto de fósforo asimilable. El conocimiento del fósforo asimilable de un suelo como representación del estado de fertilidad del mismo es un tema muy complicado que no puede deducirse directamente del estudio de las características del suelo y de los factores que intervienen. Es la respuesta vegetal la que, en último término, integra todos estos factores expresando como resultante total el crecimiento o la producción. Será, por

tanto, la correlación entre el fósforo asimilable obtenido por un determinado método analítico y el desarrollo vegetal, el que garanticen que tal fracción del fósforo del suelo sea representativa de la cantidad disponible de este elemento para el cultivo. (37)

La cantidad de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$  presente en la solución suelo depende del pH del suelo. A pH 7.2  $\text{H}_2\text{PO}_4^- \approx \text{HPO}_4^{2-}$ . Debajo de este pH,  $\text{H}_2\text{PO}_4^- > \text{HPO}_4^{2-}$ , mientras que  $\text{HPO}_4^{2-} > \text{H}_2\text{PO}_4^-$  sobre pH 7.2. La planta absorbe  $\text{HPO}_4^{2-}$  mucho más lento que  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . La concentración de fósforo en la solución suelo varía ampliamente desde  $10^{-7}$  (muy bajo) a  $10^{-4}$  (muy alto), o 0.003-3 ppm P (promedio  $\sim 0.05$  ppm). El fósforo de la solución suelo requerido por las plantas depende de la especie de cultivo y el nivel de producción. Por ejemplo, el rendimiento máximo de maíz puede ser obtenido con 0.01 ppm de P si el rendimiento potencial es bajo, pero es necesario  $\geq 0.05$  ppm P con alto potencial de rendimiento. Con una concentración de fósforo en solución relativamente baja ( $\sim 0.05$  ppm), suministrar la cantidad de P necesaria o acumulada por las plantas ( $\sim 0.3\%$  P) requiere que la solución suelo sea continuamente reaprovisionada de fósforo. (38)

### **2.2.2.3. El potasio**

En la fracción del suelo, el potasio puede estar en dos posiciones principales: (i) situado en la estructura cristalina de los minerales o fijados en las posiciones interlaminares de modo que solo la alteración del mineral es capaz de producir la liberación del potasio y su incorporación al sistema. En esta posición, se encuentra el 90 a 98% del potasio total del suelo, (ii) adsorbido en posiciones de cambio de las arcillas coloidales y otros materiales coloidales (materia orgánica, alófanos) con mayor o menor afinidad, pero de forma cambiante y, por tanto, participando activamente en el sistema. El potasio cambiante puede suponer entre 1 y el 10% del potasio total del suelo. De tal manera, que la reacción principal del sistema es la correspondiente al equilibrio entre el potasio intercambiable adsorbido y el potasio en la solución del suelo. Este equilibrio puede ser definido mediante ecuaciones de adsorción de cationes. (39)

El contenido de potasio total en el suelo varía entre 0.05 y 3% y es bajo en suelos de textura gruesa formados de arenisca o cuarzo y alto en suelos de textura fina formados de materiales parentales altos en potasio. Aunque el contenido total de potasio en el suelo excede a la absorción por la planta durante una estación de crecimiento, solo una pequeña fracción está disponible para la planta. Los suelos altamente meteorizados son altamente lixiviados y generalmente tienen un bajo contenido de potasio. En suelos tropicales, el contenido total de potasio es generalmente bajo debido a la mayor intemperización por las altas temperaturas y precipitación pluvial; de tal manera que la deficiencia de potasio se

presenta después de unos pocos años de cultivo en suelos vírgenes tropicales. En contraste, los suelos moderadamente meteorizados generalmente tienen alto contenido de potasio debido a las condiciones de baja precipitación pluvial. (40)

La fuente original de potasio en el suelo son los minerales primarios, tales como micas (biotita y muscovita) y feldespatos potásicos (ortoclasa y microclina). Conforme estos minerales se meteorizan, sus estructuras laminares rígidas se hacen más flexibles. Por ejemplo, el potasio retenido entre las capas laminares de arcillas del tipo 2:1 de la mica se hacen más disponibles en el tiempo, primero como no intercambiable después como formas lentamente disponibles cerca a los bordes meteorizados de minerales y, eventualmente, como iones fácilmente intercambiables disueltos en la solución suelo de donde es absorbido por las raíces de las plantas. El potasio intercambiable puede incluir aquellos iones retenidos y liberados por los coloides arcilla y humus, pero el potasio no es un componente estructural del humus del suelo. (41)

Aunque la mayor parte de los suelos con tienen miles de kilogramos de potasio, frecuentemente 20 000 kg/ha o más en la zona radicular, solo una pequeña cantidad está en forma disponible para las plantas durante la estación de crecimiento. El potasio del suelo se encuentra en cuatro formas: (i) estructural, está estrechamente retenido en las láminas de minerales primarios, tales como micas y feldespatos potásicos, y no está disponible para el crecimiento de las plantas. Este potasio es lentamente liberado conforme los minerales del suelo son meteorizados en muchos años. Generalmente, los suelos en regiones de climas cálidos y húmedos están altamente meteorizados que aquellos de regiones frías y áridas. Los suelos menos meteorizados son ricos en potasio estructural que aquellos que han sido más extensamente meteorizados, (ii) Fijado: Se hace lentamente disponible para las plantas en una estación de crecimiento. Este potasio es fijado o atrapado entre las capas de ciertas arcillas del suelo que se contraen e hinchan durante las condiciones de humedad y sequedad del suelo. Los iones potasio pueden ser atrapados entre estas capas de arcillas, haciéndose no disponibles o liberándose solo lentamente. Los suelos altamente meteorizados no contienen mucho de este tipo de arcilla. Los suelos arenosos contienen poco reservorio de potasio fijado que aquellos que contienen gran cantidad de arcilla, (iii) intercambiable, es fácilmente disponible para las plantas y es retenido en forma intercambiable por las cargas negativas de la superficie de la materia orgánica del suelo y partículas de arcilla, (iv) solución, es la cantidad más pequeña de potasio, pero es la fracción fácilmente disponible para las plantas. Es el potasio que está disuelto en el agua del suelo. (42)



#### **2.2.2.4. El calcio**

El calcio es conocido como nutriente secundario, esto no significa que juega un rol secundario en el crecimiento de la planta. Este elemento es tan importante para la nutrición de la planta como los nutrientes principales. Las plantas usualmente necesitan poco de este nutriente. El contenido promedio de calcio en el suelo va desde 0.1% a más de 25%, los suelos calcáreos, de zonas áridas, contiene los más altos niveles de calcio. Los suelos orgánicos recientemente drenados frecuentemente contienen poco calcio y tienen bajos valores de pH. Los suelos arcillosos contienen usualmente más calcio que los suelos arenosos. (43)

El calcio en el suelo se encuentra principalmente en tres fracciones que reaprovisionan la solución suelo: (1) minerales conteniendo calcio (como calcita y plagioclasa), (2) calcio complejado con la materia orgánica, y (3) calcio retenido por intercambio catiónico sobre los coloides de arcilla y orgánico. En la mayor parte de los suelos, las fuentes principales de suministro de calcio a la solución suelo para su absorción por la planta son: (1) calcio intercambiable y (2) calcio en minerales fácilmente meteorizables (tales como carbonatos y apatitas). En regiones áridas y semiáridas, el pH alto, el alto contenido de carbonato de la solución suelo disminuye la solubilidad de minerales conteniendo calcio. (44)

Los factores más importantes en determinar la disponibilidad de calcio para las plantas son: (i) contenido de calcio total, (ii) pH del suelo, (iii) capacidad de intercambio catiónico, (iv) porcentaje de saturación de calcio de la capacidad de intercambio catiónico, (v) tipo de arcilla de suelo, y (vi) relación del calcio en solución a otros cationes. Por ejemplo, el bajo calcio total en suelos ácidos, arenosos, puede ser demasiado bajo para proporcionar suficiente calcio disponible para la planta, necesitándose fertilización con calcio o encalado. El incremento de calcio en el suelo incrementará el crecimiento radicular y el calcio en la parte aérea de la planta. En suelos que no contienen carbonato de calcio, dolomita o yeso, la concentración de calcio en solución depende de la cantidad de calcio cambiante. En suelos ácidos, el calcio el calcio no está fácilmente disponible para las plantas a baja saturación de calcio. Por ejemplo, un suelo con baja CIC con 1000 ppm de calcio cambiante, pero representando una alta saturación de calcio puede suministrar con más calcio a las plantas comparado a un suelo con altas capacidad de intercambio catiónico con 2000 ppm de calcio cambiante y baja saturación de calcio. De tal manera, que conforme el porcentaje de saturación de calcio disminuye en proporción a la capacidad de intercambio catiónico total, la cantidad de calcio absorbido por las plantas también

disminuirá. Una alta saturación de calcio indica un pH favorable para el crecimiento de las plantas y para la actividad microbial, y usualmente refleja bajo aluminio intercambiable en suelos ácidos y bajo sodio en suelos sódicos. Muchas plantas responden a aplicaciones de calcio cuando la saturación es menor de 25 % de la capacidad de intercambio catiónico. (45)

#### **2.2.2.5. El magnesio**

En el sistema suelo hay que distinguir las tres fracciones siguientes de magnesio: (i) los minerales que contienen este elemento y que son poco activos en el suelo: dolomita, anfíboles, olivino, piroxeno, entre otros., (ii) el magnesio adsorbido en el complejo coloidal en forma cambiante, (iii) el magnesio contenido en la solución suelo y que constituye la fuente principal de absorción para la planta. Se considera que el magnesio cambiante es la forma asimilable para la planta. En general, las necesidades de los cultivos se ven cubiertas cuando el magnesio ocupa más del 6 % de la capacidad de cambio, siendo el intervalo normal en los suelos entre el 4 % y el 20 %. (46)

El contenido de magnesio total en el suelo va de 0.1 % en suelos de regiones húmedas, de textura gruesa a 4 % en suelos de textura fina, áridos o semiáridos formados de minerales altos en magnesio. El magnesio en el suelo se origina de la meteorización de minerales que contienen magnesio incluyendo la biotita, dolomita, hornblenda, olivino, y serpentina. El magnesio también se presenta en minerales de arcilla como clorita, illita, monmorillonita y vermiculita. Cantidades substanciales de epsomita ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) y bloedita ( $\text{Na}_2\text{MgSO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) se presentan en suelos de zonas áridas y semiáridas. La concentración típica de magnesio en la solución suelo va de 5 a 50 ppm en suelos de regiones templadas, aunque concentraciones de magnesio entre 120 y 2 400 ppm han sido observadas en suelos de regiones áridas. El magnesio en solución puede ser: (i) perdido en aguas de percolación, (ii) absorbido por microorganismos, (iii) adsorbido sobre el complejo de cambio del suelo, o (iv) precipitado como mineral secundario, predominantemente en climas áridos. (47)

### **2.2.3. Los abonos orgánicos**

#### **2.2.3.1. El compost**

Las ventajas del uso del compost son las siguientes: (i) 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, (ii) incrementa la retención de humedad del suelo a casi el doble,

contribuyendo de esta manera a que las plantas toleren y resistan mejor las sequías, (iii) incrementan la capacidad de retención de nutrientes en el suelo, además libera progresivamente nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, boro, hierro y otros elementos que son necesarios para el crecimiento de las plantas, (iv) incrementa y favorece el desarrollo y 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.(48)

El compost contiene elementos fertilizantes para las plantas, aunque en forma orgánica y en menor proporción que los fertilizantes minerales de síntesis. Una de las mayores ventajas del uso de compost como aporte de materia orgánica es que en él se encuentran nutrientes tanto disponibles como de lenta liberación, útiles para la nutrición de las plantas. Por otra parte, el compost presenta un alto contenido de materia orgánica con las ventajas que ello conlleva. Se recomienda, antes de hacer aplicaciones tanto de compost o materia orgánica, como de fertilizantes minerales, realizar un análisis de suelo para controlar los niveles de nutrientes y ajustar la fertilización en función de la liberación que se produzca y de las necesidades de la planta. El compost puede aplicarse semimaduro o ya maduro. El compost semimaduro tiene una elevada actividad biológica y el porcentaje de nutrientes fácilmente asimilables por las plantas es mayor que en el compost maduro. (49)

Los beneficios del compost, cuando se aplica al suelo, son los siguientes: (i) efectos en la estructura del suelo. El compost debido a su estructura aterronada, facilita la formación de conglomerados del suelo permitiendo así mantener una correcta aireación y humedad del mismo, (ii) efectos sobre la salud del suelo. Se trata de un producto natural, sin compuestos químicos y libre de patógenos. En muchos casos actúa como fungicida y bactericida, (iii) efectos sobre los nutrientes de las plantas. Al ser un producto rico en nutrientes y macronutrientes, se convierte en un excelente abono para las plantas, (iv) beneficios económicos. No es necesario adquirir este producto, ya que se obtiene de un proceso muy sencillo que se puede realizar en el mismo campo. (50)

### **2.2.3.2. El humus de lombriz**

El humus de lombriz es uno de los abonos orgánicos de mejor calidad debido particularmente a su efecto en las propiedades biológicas del suelo “vivifica el suelo”, debido a la gran flora microbiana que contiene: dos billones de colonias de bacteria por gramo de humus de lombriz, en vez de los pocos centenares de millones presentes en la misma cantidad de estiércol anual fermentado; lo cual permite que se realice la producción de enzimas importantes para la evolución de la materia orgánica del suelo. Además, por

su alto contenido de ácidos fúlvicos favorece la asimilación casi inmediata de los nutrientes minerales de las plantas. También permite mejorar la estructura del suelo favoreciendo la aireación, permeabilidad, retención de humedad y disminuyendo la compactación del suelo; además los agregados del humus de lombriz son resistentes a la erosión hídrica. (51)

Las ventajas del humus de lombriz se pueden resumir en las siguientes: (i) químicas: incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre, fundamentalmente nitrógeno; incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente nitrógeno; estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder tampón inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción; inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas; (ii) físicas: mejora la estructura, dando soltura a los suelos arcillosos, compactos y ligosos, por consiguiente mejora su porosidad; mejora la permeabilidad y aireación; reduce la erosión del suelo; incrementa la retención de humedad; confiere un color oscuro al suelo ayudando a la retención de energía calorífica; favorece un buen desarrollo de las raíces de las plantas; (iii) biológicas: el humus de lombriz es fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana; al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana; el humus de lombriz contiene altas poblaciones de microorganismos que colaboran en los procesos de formación del suelo, solubilizan nutrientes para ponerlos a disposición de las plantas. (52)

El humus de lombriz es una enmienda orgánica, sustrato, fertilizante bio-orgánico que se presenta como un producto no fermentable, suave, liviano, desmenuzable, limpio, sin olor, cuyo aspecto y granulometría se asemeja a la borra del café. A diferencia de otros abonos orgánicos naturales, es utilizado por las plantas en el estado en que se encuentra sin necesidad de otras transformaciones. Además de ser particularmente rico en sustancia orgánica y en compuestos nitrogenados, este producto contiene óptimas cantidades de calcio, potasio, fósforo y otros elementos minerales, además de una vasta gama de enzimas que cumplen un rol muy importante en la fertilidad del suelo, así como elementos fitorreguladores (particularmente auxinas) que inciden positivamente sobre el crecimiento de las plantas, lo que hace del humus de lombriz un fertilizante orgánico por excelencia y prácticamente único por su elevada carga bacteriana total. (53)

### **2.2.3.3. El estiércol**

Los estiércoles son los excrementos de los animales, que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que estos consumen. Solo una pequeña parte

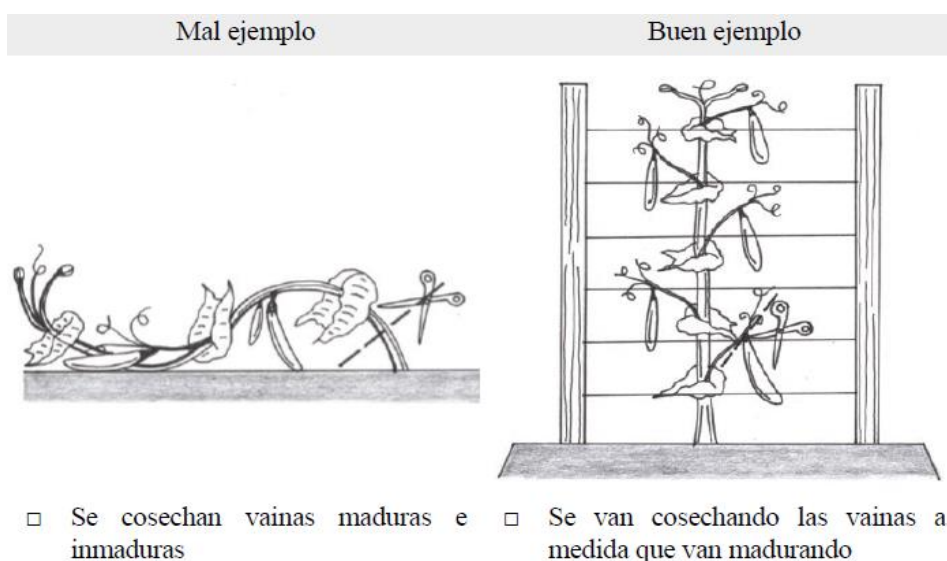
de los alimentos que consumen los animales, es asimilada y aprovechada por su organismo; el resto (80%) contienen elementos nutritivos que son eliminados después de la digestión junto con el estiércol. Por esta razón el estiércol tiene capacidad para enriquecer los suelos. Las principales ventajas que se logran con la incorporación del estiércol es el aporte de nutrientes, incremento de la retención de humedad y mejora de la actividad biológica con lo cual se incrementa la productividad del suelo. (54)

El estiércol sólido natural es una mezcla de las deyecciones sólidas y líquidas del ganado, junto con los productos que le sirven de cama. Todo ello experimenta una serie de transformaciones, primero en el propio alojamiento, y después, en el estercolero. Según el grado de transformación se pueden distinguir tres clases de estiércol: (i) fresco, cuando se puede identificar el material empleado para camas, ya que la transformación apenas ha comenzado; (ii) estiércol semihecho, tiene un grado intermedio de descomposición, (iii) estiércol maduro, cuando ya no se puede identificar el material empleado para camas. La calidad del estiércol depende de los siguientes factores: (i) el producto empleado para las camas, (ii) la especie de ganado alojado, y (iii) las pérdidas producidas durante la elaboración. (55)

#### 2.2.4. TÉCNICA DE COSECHA Y EFECTO DE BORDE

La técnica de cosecha para evaluar rendimientos o productividad debe hacerse de manera sistemática, aunque esta actividad es manual, se hace evaluando la maduración de las vainas, el gráfico muestra la manera correcta de hacerlo. (56)

**Figura 3. Método de cosecha de vainas**



**Figura 3. Método de cosecha. INIA Proyecto incremento de los ingresos económicos de los pequeños productores agrarios en la región Cajamarca.**

En los experimentos agrícolas, muchas veces existen diferencias en el crecimiento y la producción de las plantas que están situadas en los perímetros de la parcela en relación con aquellas plantas situadas en la parte central; esta diferencia es llamado efecto de borde y puede causar sobreestimación o subestimación de las respuestas de los tratamientos; llegando con esto a comparaciones sesgadas entre ellos.

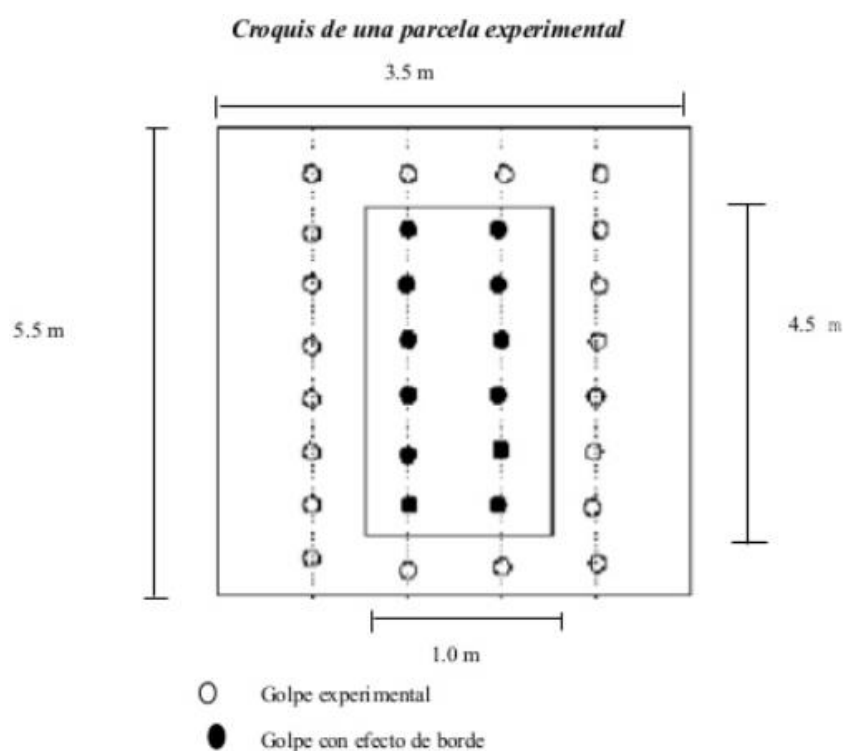
El efecto de borde puede ser causado por:

1. Vecindad de las parcelas o áreas no cultivadas, que hace que las plantas en los perímetros tengan menor competencia de luz y nutrientes.
2. Competencia entre tratamientos, que depende de la naturaleza de los tratamientos vecinos.

Para controlar el efecto de borde se acostumbra a evaluar solamente las plantas centrales para los fines experimentales. Estas plantas centrales constituyen lo que se llama *Parcela Neta Experimental*.

En el siguiente ejemplo se muestra el croquis de una parcela de maíz con cuatro surcos, donde las plantas de cabecera y de los dos surcos laterales, se consideran efectos de borde. (57)

**Figura 4. Croquis de una parcela experimental**



**Figura 4. Croquis de una parcela experimental. Métodos estadísticos en la investigación agraria**

### 2.3. Definición de términos básicos

**Fósforo asimilable.** Fósforo asimilable es la cantidad de fósforo de las diversas fracciones del suelo que, en unas determinadas condiciones de éste, es capaz de mantener una concentración de P en la solución del suelo a disposición de la planta, lo que implica, por tanto, la reposición de P a una velocidad igual o superior al P perdido por la absorción de la planta u otras pérdidas para que el abastecimiento sea satisfactorio. (58)

**Macronutriente.** Un elemento químico necesario en grandes cantidades (usualmente 50 mg/kg en la planta) para el crecimiento de las plantas. Incluye C, H, O, N, P, K, Ca, Mg y S. (59)

**Nutriente disponible.** La porción de cualquier elemento o compuesto en el suelo que puede ser fácilmente absorbido y asimilado para el crecimiento de las plantas. (60)

**Fertilidad del suelo.** La calidad de un suelo que lo capacita para proporcionar elementos químicos esenciales en cantidades y proporciones para el crecimiento de plantas específicas. (61)

**Mineralización.** La conversión de un elemento de una forma orgánica a un estado inorgánico como resultado de la descomposición microbial. (62)

**Suelo.** (i) un cuerpo natural, dinámico, compuesto de sólidos orgánicos y minerales, gases, líquidos y organismos vivos que pueden servir como medio para el crecimiento de las plantas. (ii) la colección de cuerpos naturales ocupando partes de la superficie terrestre que es capaz de sustentar el crecimiento de las plantas y que tiene propiedades resultantes de los efectos integrados de clima, organismos vivos, actuando sobre el material parental, condicionado por la topografía en un período de tiempo. (63)

**Disposición final.** Procesos u operaciones para tratar y disponer en un lugar los residuos como último proceso de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. (64)

**Residuos municipales.** Los residuos del ámbito de la gestión municipal o residuos municipales, están conformados por los residuos domiciliarios y los provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, incluyendo las playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción. (65)

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método y alcance de la investigación**

##### **3.1.1 Método de la investigación**

###### **A) Método general de la investigación**

“La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno”. (66)

El método de investigación científica consiste en formular cuestiones sobre la realidad del mundo y la humana, basándonos en las observaciones de la realidad y en las teorías ya existentes, en anticipar soluciones a estos problemas y contrastarlas con la misma realidad. (67)

###### **B) Método específico de la investigación**

Se utilizó el método experimental con preprueba, posprueba y grupo de control, cuyo esquema es:

RG1	O <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>
RG2	O <sub>3</sub>	X <sub>2</sub>	O <sub>4</sub>
RG3	O <sub>5</sub>	X <sub>3</sub>	O <sub>6</sub>
RG4	O <sub>7</sub>		O <sub>8</sub> (68)

Donde:



O<sub>1</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>5</sub> y O<sub>7</sub> son las muestras de los suelos en preprueba

O<sub>2</sub>, O<sub>4</sub>, O<sub>6</sub> y O<sub>8</sub> son las muestras de los suelos en posprueba

X es la aplicación de los abonos.

X<sub>1</sub> = Humus de lombriz

X<sub>2</sub> = Compost

X<sub>3</sub> = Estiércol de vacuno

Los abonos orgánicos, previamente analizados, fueron aplicados al suelo de disposición final de residuos sólidos municipales, también analizado antes del experimento. Después de incorporar al suelo, los abonos orgánicos en dosis de 20 t/ha, se sembró la arveja, para después del periodo experimental que coincidió con el crecimiento y cosecha de la arveja, se evaluó el contenido de nutrientes en el suelo mediante análisis de suelo y el rendimiento de arveja, a través de la cosecha de granos.

La evaluación del rendimiento del cultivo de arveja, también es comparativo, el resultado final por tipo de abono frente a la productividad en suelo testigo y se hace bajo el criterio del diseño con post test con 4 grupos, uno es el grupo testigo y los otros tres grupos son experimentales con tratamientos diferentes.

Diseño con post test con 4 grupos equivalentes

Grupo	Pre test	Tratamiento	Post test
A		X <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>
B		X <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
C		X <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>
D			O <sub>4</sub>

Se evaluó en la semana 13 después de la siembra del cultivo, el 11 de mayo de 2017; para lo cual se cosechó en forma manual las vainas de cada parcela experimental, en los dos surcos centrales de cada parcela (2.1 m<sup>2</sup>) para evitar el efecto de borde (efecto del tratamiento contiguo a la parcela). Se fueron cosechando las vainas maduras y dejando las inmaduras hasta la próxima semana y así hasta que se cosecharon todas las vainas de la planta.

La medida de la masa de los granos de arvejas se realiza luego de la cosecha por parcela cuya magnitud esta estandariza a kg/ha, de la siguiente manera, utilizando la regla de tres simple directa:

Masa de grano en verde----- 2.1 m<sup>2</sup> (área parcelar)

X (kg) ----- 1 ha (10 000 m<sup>2</sup>)

**X = kg grano en verde/ha**

### **3.1.2 Alcances de la investigación**

#### **A) Tipo de investigación**

La investigación aplicada es de naturaleza práctica se busca explicar cuál es el efecto de los abonos orgánicos en el contenido de nutrientes del suelo y en el rendimiento del cultivo de arveja. La investigación aplicada es realizada con la intención de aplicar los conocimientos científicos a la solución o tratamiento de problemas específicos. (69)

#### **Nivel de investigación**

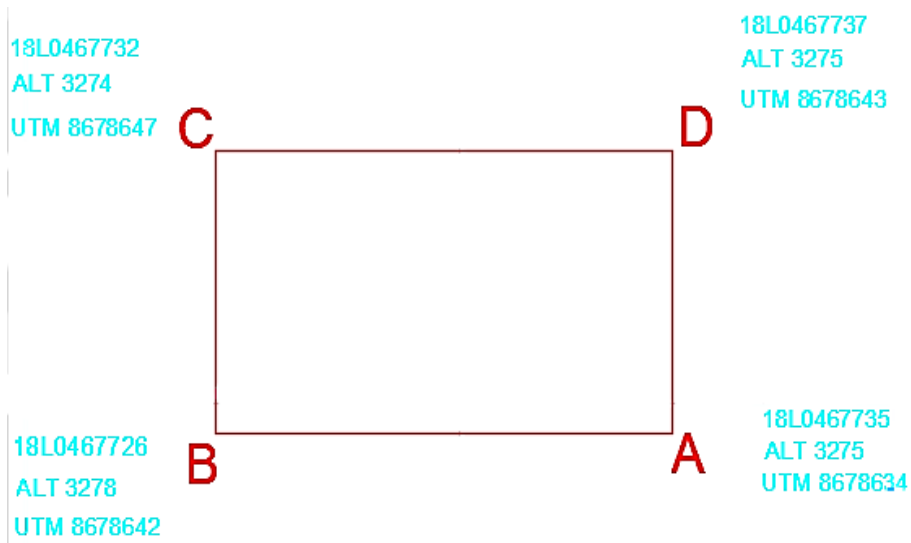
La investigación es explicativa, porque el interés está en explicar de qué manera la variable independiente, los abonos orgánicos, influye en el contenido de nutrientes y rendimiento de arveja y probar la hipótesis de manera cuantitativa.

La investigación explicativa está dirigida a responder por las causas de los fenómenos físicos. Se enfoca en demostrar las relaciones causales de por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta. (70)

### **3.2 Diseño de la investigación**

El diseño es experimental con pre prueba y post prueba y grupo de control, lo que se conoce como diseño experimental puro. El suelo de disposición final de residuos sólidos municipales del distrito de San Jerónimo de Tunán fue utilizado in situ, para aplicar tres abonos orgánicos: humus de lombriz, compost y estiércol de vacuno, con el objetivo de evaluar el contenido de nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, calcio cambiante y magnesio cambiante, así como el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.). En la figura 1 se presenta la ubicación georreferenciada del lugar del experimento.

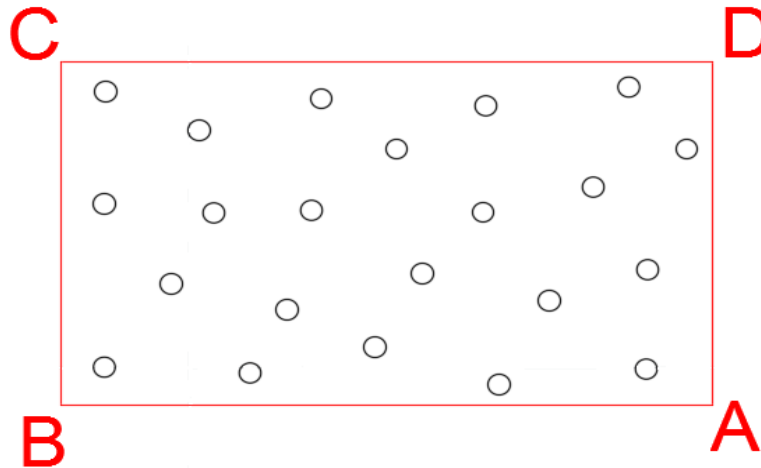
**Figura 5. Georreferenciación del lugar del experimento.**



**Figura 5. Georreferenciación del lugar del experimento.**

Este suelo fue caracterizado a través de una muestra compuesta obtenida de toda el área experimental, como se presenta en la siguiente figura, donde cada punto, constituyó una muestra simple a una profundidad promedio de 20 cm.

**Figura 6. Muestras del área del experimento.**



**Figura 6. Muestras del área del experimento. Puntos simples de muestreo de suelo para obtener una muestra compuesta para caracterización físico-química del suelo.**

Figura 7. Diagrama metodológico del experimento.

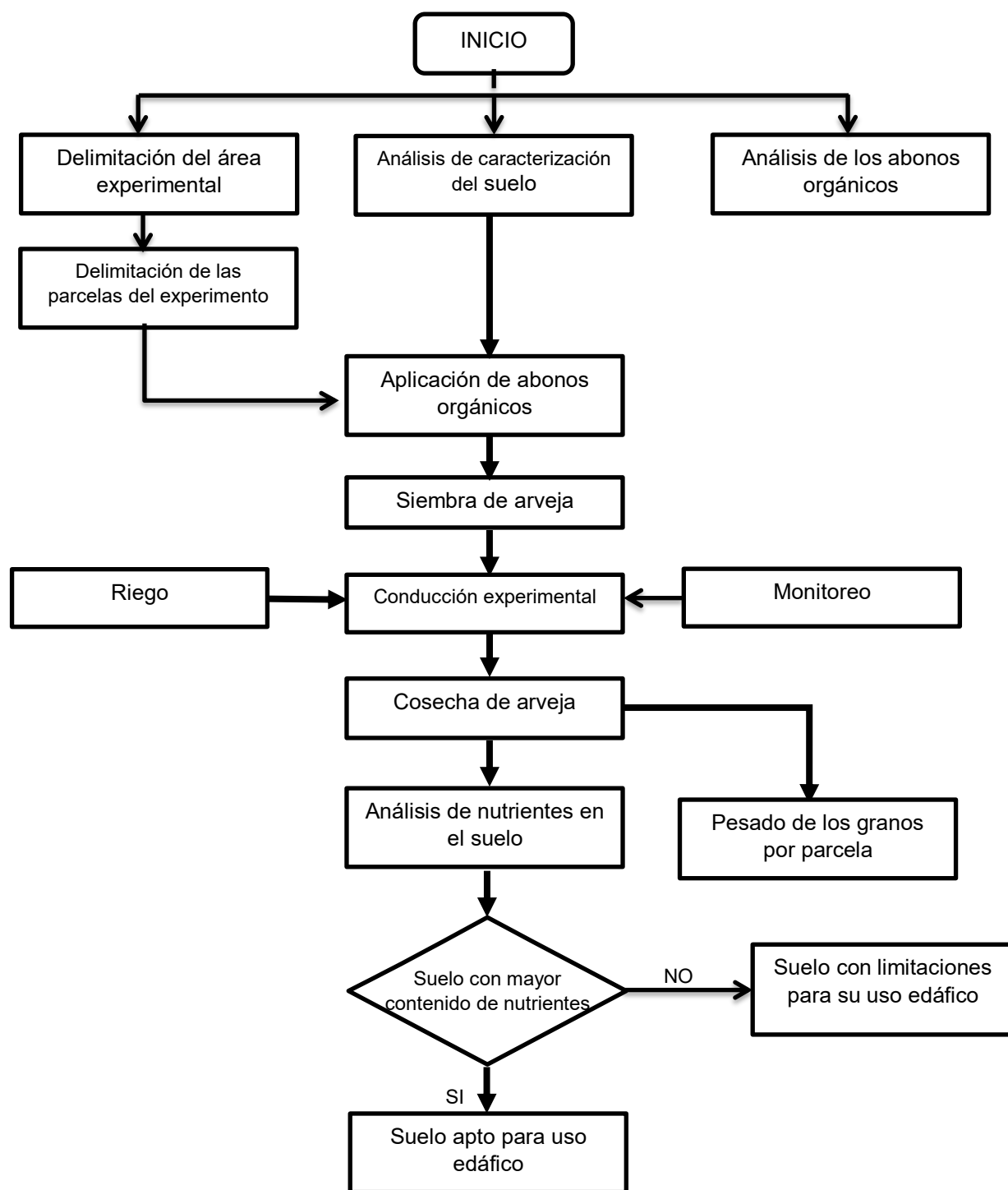


Figura 7. Diagrama metodológico del experimento. Elaboración propia.

Los tratamientos estudiados se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2. Tratamientos en estudio**

N°	TRATAMIENTO
1	Testigo absoluto (0 t/ha)
2	Estiércol de lombriz (20 t/ha)
3	Compost (20 t/ha)
4	Estiércol de vacuno (20 t/ha)

*Fuente: Elaboración propia*

Los tratamientos fueron dispuestos en un **Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA)** con un total de 4 tratamientos y 3 repeticiones, totalizando 12 unidades experimentales, como se observa en la figura 8.

**Figura 8. Disposición experimental de los tratamientos**

C	COMPOST C3	TESTIGO T3	ESTIERCOL E3	D
	HUMUS H3	COMPOST C2	TESTIGO T2	
	ESTIERCOL E2	HUMUS H2	COMPOST C1	
	TESTIGO T1	ESTIERCOL E1	HUMUS H1	
B				A

**Figura 8. Disposición experimental de los tratamientos.**

Modelo aditivo lineal del diseño experimental:

$$\gamma_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$\gamma_{ij}$  = Cualquier observación del experimento

$\mu$  = Media poblacional

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

#### Procedimiento experimental

Se trazaron las parcelas experimentales, con las siguientes características:

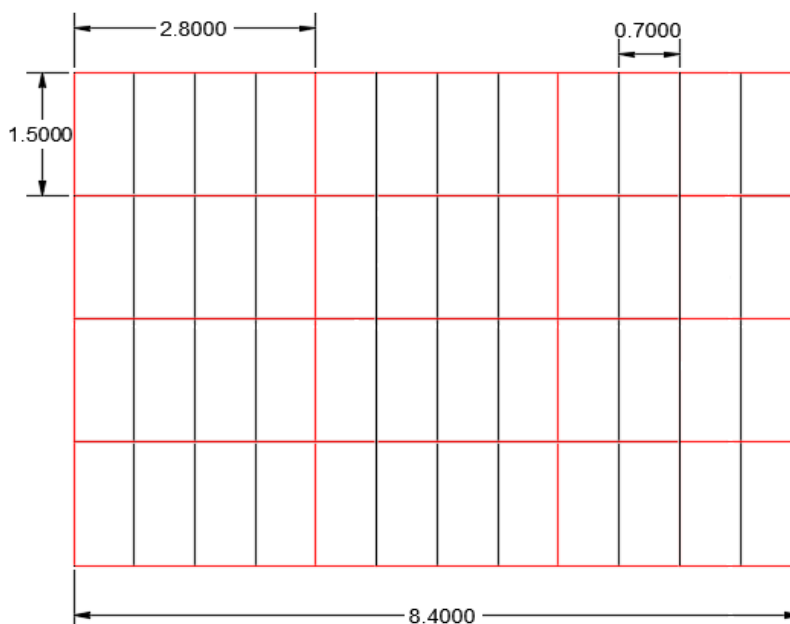
1. Número de tratamientos : 4
2. Número de repeticiones : 3
3. Total de unidades experimentales : 12
4. Longitud de surco/parcela : 1.5 m
5. Espaciamiento entre surco : 0.70 m
6. N° de surcos/parcela : 4
7. Ancho de parcela : 2.8 m
8. Área parcelar : 4.2 m<sup>2</sup>
9. Área total : 50.4 m<sup>2</sup>

Los tratamientos de abonos orgánicos fueron aplicados a cada unidad experimental, considerando la dosis y fuentes de cada abono orgánico (Tabla 3).

**Tabla 3. Cantidad de abonos orgánicos que se utilizaron por tratamiento.**

Tratamiento	Dosis (t/ha)	kg/parcela	Kg/3 repeticiones
1: Testigo	0	0	0
2: Humus de lombriz	20	8.4	25.2
3: Compost	20	8.4	25.2
4: Estiércol de vacuno	20	8.4	25.2

**Figura 9. Características del área experimental**



**Figura 9. Características del área experimental.**

Después que se aplicaron los tratamientos, se sembró arveja (*Pisum sativum* L.) variedad UACEN, proporcionada por el Programa de Leguminosas y Oleaginosas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro del Perú, con un espaciamiento entre planta de 30 cm, dejando 3 semillas/golpe. Después de haber emergido las plantas, se dieron todos los cuidados para evitar que sean dañadas por insectos o enfermedades, hasta la cosecha.

Los datos evaluados al final del experimento fueron:

1. Suelo: Contenido de nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, calcio cambiante y magnesio cambiante.
2. Planta: Rendimiento de granos en verde (peso de granos/parcela).

### **3.3 Población y muestra**

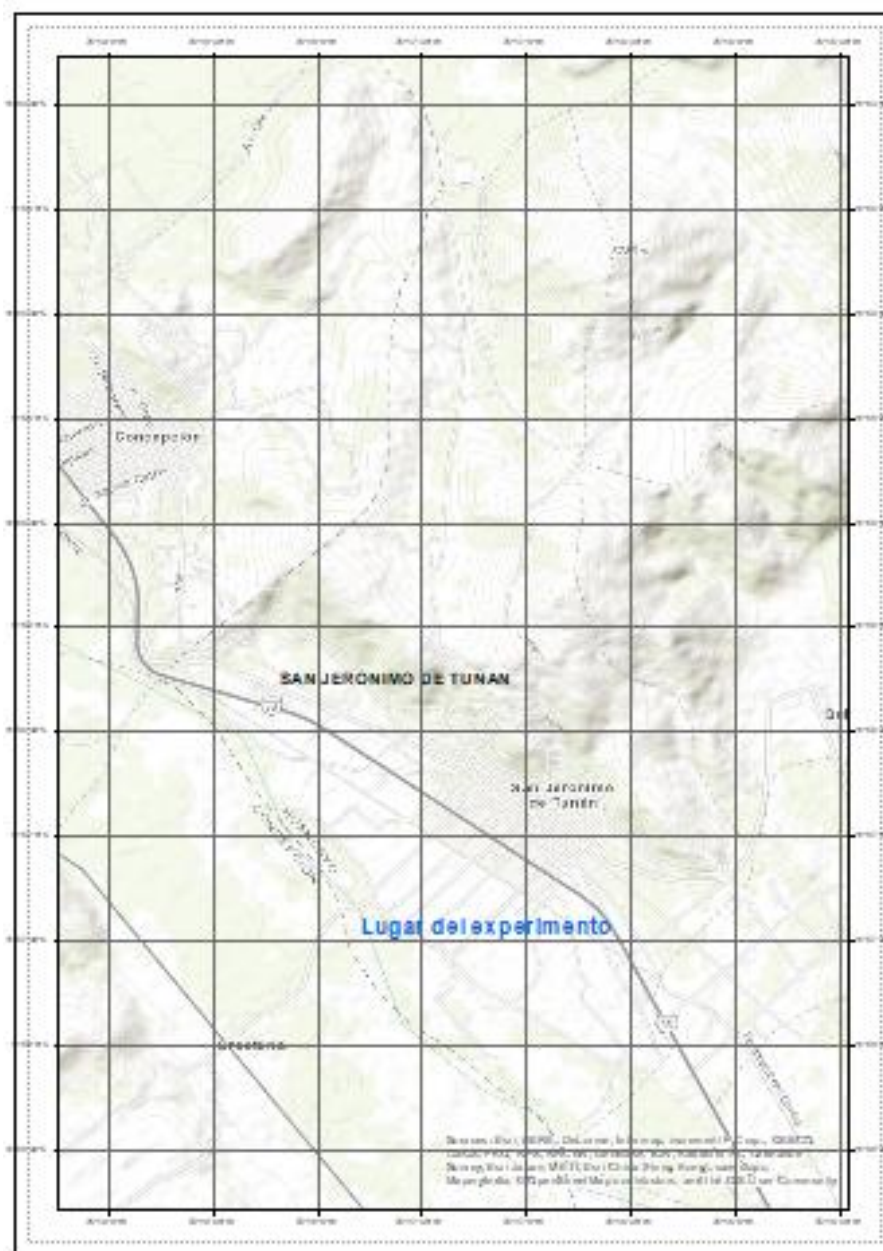
#### **3.3.1 Población**

La unidad de estudio es el suelo de disposición final de residuos sólidos municipales del distrito de San Jerónimo de Tunán, donde se instaló el experimento, el área total es de 50.4 m<sup>2</sup> y el área parcelar de investigación fue del 4.2 m<sup>2</sup>. Esto debido a que se tuvo acceso desde un principio al lugar por medio de un documento al alcalde y al jefe de medio ambiente.

#### **3.3.2 Muestra**

La muestra corresponde al 4.17 % del total del área de estudio, la muestra fue no probabilística ya que su elección fue hecha de acuerdo a las características de la investigación (71), esta **muestra** estuvo constituida por los puntos de muestreo de cada unidad experimental, para suelo y cultivo de arveja.

**Figura 10. Ubicación del lugar experimental**



*Figura 10. Ubicación del lugar experimental. Elaboración propia*

### 3.4 Técnicas de recolección de datos

Las muestras de suelo fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis de suelos, aguas y plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima,



**Tabla 4. Métodos de análisis de suelo.**

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad de expresión</b>
Nitrógeno total	Cálculo a partir de materia orgánica	%
P disponible	Olsen modificado	Ppm
K disponible	Espectrofotometría	Ppm
Calcio cambiante	Espectrofotometría	meq/100 g suelo
Magnesio cambiante	Espectrofotometría	meq/100 g suelo

*Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.*

**Tabla 5. Descripción de los métodos de análisis de suelo.**

<b>Método</b>	<b>Descripción del método</b>
Cálculo a partir de materia orgánica (Nitrógeno total)	<p>La materia orgánica del suelo es evaluada por medio del carbono orgánico, el cual se determina en forma directa por combustión cuantitativa indirecta basada en la reducción de ion Cromato por la materia orgánica.</p> <p>El contenido de carbono orgánico del suelo puede expresarse directamente como tanto por ciento de carbono o ser calculado en forma de materia orgánica mediante la multiplicación por un factor. El factor convencional para pasar de carbono a materia orgánica es 1,724 y se basa en la hipótesis de que la materia orgánica del suelo tiene un 58% de carbono.</p> <p>Se ha demostrado que existen correlaciones entre el contenido en materia orgánica y A) El contenido de nitrógeno total, B) Con el clima, C) Con el contenido de arcilla.</p> <p>La multiplicación del contenido total de nitrógeno del suelo por 20 da una primera aproximación del contenido de materia orgánica total. Esto supone que en una materia orgánica que tenga una relación C/N de 11.6 hay un 5% de N, ya que se supone convencionalmente que la materia orgánica tiene un 58% de carbono.</p> <p>El método más usado es el de Walkley-Black que solo valora la materia orgánica más activa, lo cual tiene un mayor significado agrícola.</p> <p>El principio consiste en oxidar la materia orgánica mediante dicromato de potasio, la materia oxidable es oxidada por el cromato. El exceso de este ion es determinado por titulación con una solución valorada de sulfato ferroso y la cantidad de sustancia oxidada es calculada por la cantidad de cromato reducida. (72)</p>

Determinación de fosforo disponible de La determinación del fósforo consiste en la extracción del fósforo por medio de una solución extractiva (generalmente sales de ácidos débiles).

(P) (METODO OLSEN MODIFICADO) Este método emplea una solución extractora de bicarbonato de sodio  $\text{NaHCO}_3$ ; 0,5 M, pH 8,5.

Se basa en la determinación cuantitativa del P obtenido por la solución extractante, en forma colorimétrica. Los métodos del azul de molibdeno son los más sensitivos por lo tanto los más usados para extractos de suelos que contienen pequeñas cantidades de P.

Estos métodos se basan en el principio de que, en una solución ácida de molibdato, conteniendo iones ortofosfato, se forma un complejo de fosfomolibdato que puede ser reducido por ácido ascórbico y otros reductores, para dar un color azul de molibdato. La intensidad de color varía por la cantidad de P. La intensidad es cuantificada en forma colorimétrica.

Esta técnica tiene mejor eficiencia de respuestas en suelos neutros y alcalinos. (73)

Espectrofotometría Determinación:

(K disponible)

(Calcio)

(Magnesio)

Por medio de un "dilutor dispensador", tomar 2 ml de filtrado (extracto) y 18 ml de una solución de sodio de manera de obtener 1.000 ppm de Na. Leer la transmitancia en espectrofotómetro de absorción atómica usando estándares de Ca que han recibido el mismo tratamiento que las muestras, de tal forma que el estándar más concentrado no exceda de 5 ppm Ca. Se usa la llama óxido nitroso-acetileno para la lectura de Ca.

$$\text{Factor de Dilución(FD)} = \frac{\text{ppm}}{20} \times \frac{100 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{100 \text{ g}}{5 \text{ g}} \times \frac{20 \text{ ml}}{2 \text{ ml}} = 1$$

$$\text{Ca (meq/100 g suelo)} = \text{ppm en solución} \times 1.$$

Para la determinación de Magnesio, emplear la misma solución diluida indicada en el procedimiento de Ca. Leer la transmitancia en espectrofotómetro de absorción atómica usando estándares de magnesio que han recibido el mismo tratamiento que las muestras, de tal forma que la concentración más alta no exceda de 1.5 ppm Mg. Se usa la llama aire-acetileno para la lectura de Magnesio.

$$\text{Factor de Dilución(FD)} = \frac{\text{ppm}}{12} \times \frac{100 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{100 \text{ g}}{5 \text{ g}} \times \frac{20 \text{ ml}}{2 \text{ ml}} = 1.667$$

$$\text{Mg (meq/100 g suelo)} = \text{ppm de mg en solución} \times 1.667.$$

En el caso de determinación de Potasio, se utiliza el extracto de acetato de amonio que se obtuvo para la determinación de Ca y se lee directamente en el espectrofotómetro de absorción atómica usando estándares de K que cubran un rango entre 0-40 ppm K. Se usa la llama aire-acetileno. (74)

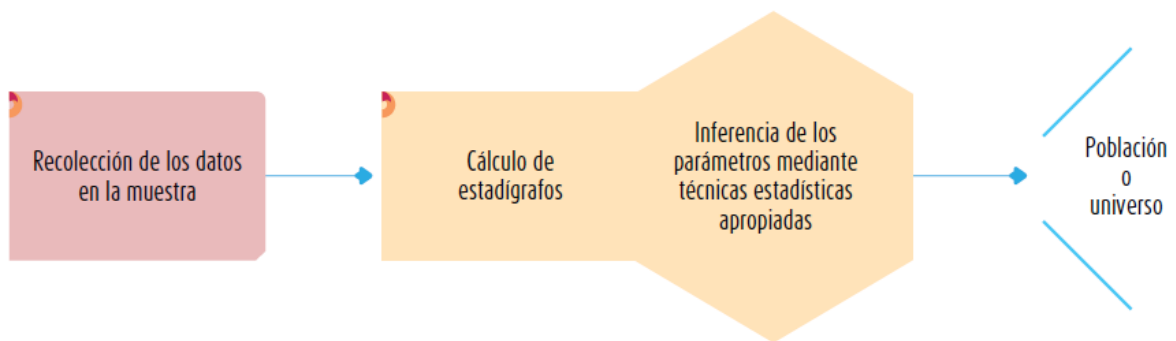
$$\text{Factor de Dilución(FD)} = \frac{\text{ppm}}{39} \times \frac{100 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{100 \text{ g}}{5 \text{ g}} = 0.051$$

$$K \text{ (meq/100 g suelo)} = \text{ppm en solución de } K \times 0.051.$$

### 3.5 Tratamiento de datos

Al finalizar el experimento se sistematizaron los resultados obtenidos, se verificó si su distribución era normal, y se analizaron los datos a través del Análisis de Variancia (datos con distribución normal), para finalmente aplicar la prueba de significación de Duncan ( $p=0,05$ ). Para comparar los tratamientos entre medias, utilizando el software INFOSTAT. (75)

**Figura 11. Procedimiento de la Estadística Inferencial**



**Figura 11. Procedimiento de la estadística inferencial. Metodología de la investigación**

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

##### 4.1.1 Caracterización del suelo del experimento

*Tabla 6. Resultados del análisis de caracterización del suelo del experimento.*

Parámetro	Contenido	Calificación
pH	7.53	Ligeramente alcalino
Conductividad Eléctrica (dS/m)	2.57	Ligeramente salino
CaCO <sub>3</sub> (%)	4.80	Medio
Materia Orgánica (%)	3.20	Medio
Arena (%)	54	-
Limo (%)	30	-
Arcilla (%)	16	-
Clase textural	Franco Arenoso	Moderadamente gruesa
Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100 g)	12.00	Bajo
Nitrógeno total (%)	0.16	Medio
Fósforo disponible (ppm)	77.1	Alto
Potasio disponible (ppm)	353	Alto
Magnesio (meq/100g)	1.37	Deficiencia Mg
Calcio (meq/100g)	9.86	Normal
Saturación de bases (%)	100.00	-

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

#### 4.1.2 Contenido de fósforo disponible en el suelo

**Tabla 7. Contenido de fósforo disponible (ppm) en el suelo del experimento**

Tratamiento	Repeticiones		
	I	II	III
T1: Testigo	53.5	28.1	48.4
T2: Humus de lombriz (20t/ha)	57.4	47.6	67.6
T3: Compost (20 t/ha)	20.0	48.0	75.4
T4: Estiércol de vacuno (20 t/ha)	63.3	79.7	92.2

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

**Tabla 8. Prueba de homogeneidad de variancias (Shapiro-Wilks) para el contenido de fósforo disponible.**

Variable	N	Media	D.E.	W*	p-valor
Contenido de fósforo disponible	12	55.27	19.84	0.97	0.8999

Ho: La población está distribuida normalmente.

Ha: La población no está distribuida normalmente.

Como p-valor es mayor que 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ), se acepta Ho y se concluye que los datos siguen una distribución normal.

#### Prueba de Duncan para promedios de tratamientos:

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$  (k,m: tratamientos)

Ho:  $T_k = T_m$

Ha:  $T_k \neq T_m$

**Tabla 9. Prueba de comparación múltiple de Duncan para tratamientos. Contenido de fósforo disponible (ppm).**

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (ppm)	Significación
1	T4: Estiércol	78.400±14.494	a

2	T2: Humus	57.333±10.001	a b
3	T3: Compost	47.800±27.701	b
4	T1: Testigo	43.333±13.437	b

Decisión: Se rechaza Ho

**Tabla 10. Variación del contenido de fósforo disponible en el suelo, respecto al contenido inicial.**

Tratamiento	Promedio (ppm)	Calificación*	Variación (%)
T4 = Estiércol	78.400	Alto	+1.69
T2 = Humus	57.333	Alto	-25.64
T3 = Compost	47.800	Alto	-38.00
T1 = Testigo	43.333	Alto	-43.80
Inicial	77.10	Alto	-

Fuente: MINAGRI. Guía de Calificación de Parámetros Edáficos.

#### 4.1.3 Contenido de potasio disponible en el suelo

**Tabla 11. Contenido de potasio disponible (ppm) en el suelo del experimento**

Tratamiento	Repeticiones		
	I	II	III
T1: Testigo	203	41	125
T2: Humus de lombriz (20t/ha)	71	95	173
T3: Compost (20 t/ha)	37	103	178
T4: Estiércol de vacuno (t/ha)	130	141	75

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

**Tabla 12. Prueba de homogeneidad de variancias (Shapiro-Wilks) para el contenido de potasio disponible.**

Variable	N	Media	D.E.	W*	p-valor
----------	---	-------	------	----	---------

<b>Contenido de potasio disponible</b>	12	114.33	53.69	0.93	0.5892
--	----	--------	-------	------	--------

Ho: La población está distribuida normalmente.

Ha: La población no está distribuida normalmente.

Como p-valor es mayor que 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ), se acepta Ho y se concluye que los datos siguen una distribución normal.

**Prueba de Duncan para promedios de tratamientos:**

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$  (k,m: tratamientos)

Ho:  $T_k = T_m$

Ha:  $T_k \neq T_m$

**Tabla 13. Prueba de comparación múltiple de Duncan para tratamientos. Contenido de potasio disponible (ppm).**

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (ppm)	Significación
1	T1: Testigo	123.000±81.019	A
2	T4: Estiércol	115.333±35.360	A
3	T2: Humus	113.000±53.329	A
4	T3: Compost	106.000±70.548	A

Decisión: Se acepta Ho.

**Tabla 14. Variación del contenido de potasio disponible en el suelo, respecto al contenido inicial.**

Tratamiento	Promedio (ppm)	Calificación*	Variación (%)
T1 = Testigo	123.000	Medio	-65.15
T4 = Estiércol	115.333	Medio	-67.34
T2 = Humus	113.000	Medio	-67.99
T3 = Compost	106.000	Medio	-69.97
Inicial	353.0	Alto	-

Fuente: MINAGRI. Guía de Calificación de Parámetros Edáficos.

#### 4.1.4 Contenido de nitrógeno total en el suelo

**Tabla 15. Contenido de nitrógeno total (%) en el suelo del experimento**

Tratamiento	Repeticiones		
	I	II	III
T1: Testigo	0.196	0.038	0.123
T2: Humus de lombriz (20t/ha)	0.086	0.114	0.226
T3: Compost (20 t/ha)	0.007	0.086	0.184
T4: Estiércol de vacuno (20 t/ha)	0.142	0.216	0.130

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

**Tabla 16. Prueba de homogeneidad de variancias (Shapiro-Wilks) para el contenido de nitrógeno total.**

Variable	N	Media	D.E.	W*	p-valor
Contenido de nitrógeno total	12	0.13	0.07	0.94	0.636

Ho: La población está distribuida normalmente.

Ha: La población no está distribuida normalmente.

Como p-valor es mayor que 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ), se acepta Ho y se concluye que los datos siguen una distribución normal.

#### Prueba de Duncan para promedios de tratamientos:

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$  (k,m: tratamientos)

Ho:  $T_k = T_m$

Ha:  $T_k \neq T_m$

**Tabla 17. Prueba de comparación múltiple de Duncan para tratamientos. Contenido de nitrógeno total (%).**

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (%)	Significación
1	T4: Estiércol	0.163±0.047	A
2	T2: Humus	0.142±0.074	A



3	T1: Testigo	0.119±0.079	A
4	T3: Compost	0.092±0.089	A

Decisión: Se acepta Ho.

**Tabla 18. Variación del contenido de nitrógeno total en el suelo, respecto al contenido inicial.**

Tratamiento	Promedio (%)	Calificación*	Variación (%)
T4 = Estiércol	0.163	Medio	+1.875
T2 = Humus	0.142	Medio	-11.25
T1 = Testigo	0.119	Medio	-25.62
T3 = Compost	0.092	Bajo	-42.50
Inicial	0.160	Medio	-

Fuente: MINAGRI. Guía de Calificación de Parámetros Edáficos.

#### 4.1.5 Contenido de calcio cambiante en el suelo

**Tabla 19. Contenido de calcio cambiante (meq/100g) en el suelo del experimento**

Tratamiento	Repeticiones		
	I	II	III
T1: Testigo	10.13	9.42	9.40
T2: Humus de lombriz (20t/ha)	10.24	9.58	12.07
T3: Compost (20 t/ha)	9.24	9.47	10.39
T4: Estiércol de vacuno (20 t/ha)	10.12	8.34	9.32

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

**Tabla 20. Prueba de homogeneidad de variancias (Shapiro-Wilks) para el contenido de calcio cambiante.**

Variable	N	Media	D.E.	W*	p-valor
----------	---	-------	------	----	---------

<b>Contenido de calcio cambiabile</b>	12	9.81	0.91	0.91	0.3536
---------------------------------------	----	------	------	------	--------

Ho: La población está distribuida normalmente.

Ha: La población no está distribuida normalmente.

Como p-valor es mayor que 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ), se acepta Ho y se concluye que los datos siguen una distribución normal.

**Prueba de Duncan para promedios de tratamientos:**

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$  (k,m: tratamientos)

Ho:  $T_k = T_m$

Ha:  $T_k \neq T_m$

**Tabla 21. Prueba de comparación múltiple de Duncan para tratamientos. Contenido de calcio cambiabile (meq/100g).**

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (meq/100g)	Significación
1	T2: Humus	10.630±1.29	A
2	T3: Compost	9.700±0.609	A
3	T1: Testigo	9.650±0.416	A
4	T4: Estiércol	9.260±0.892	A

Decisión: Se acepta Ho.

**Tabla 22. Variación del contenido de calcio cambiabile en el suelo, respecto al contenido inicial.**

Tratamiento	Promedio (meq/100g)	Variación (%)	Relacion Ca/Mg	Calificación
T2 = Humus	10.630	+7.809	5.768	Normal
T3 = Compost	9.700	-1.623	5.868	Normal
T1 = Testigo	9.650	-2.130	5.643	Normal
T4 = Estiércol	9.260	-6.085	5.014	Normal
Inicial	9.860	-	7.18	Normal

#### 4.1.6 Contenido de magnesio cambiabile en el suelo

**Tabla 23. Contenido de magnesio cambiabile (meq/100g) en el suelo del experimento.**

Tratamiento	Repeticiones		
	I	II	III
T1: Testigo	1.90	1.35	1.88
T2: Humus de lombriz (20t/ha)	1.90	1.58	2.05
T3: Compost (20 t/ha)	1.62	1.52	1.82
T4: Estiércol de vacuno (20 t/ha)	1.63	1.88	2.03

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

**Tabla 24. Prueba de homogeneidad de variancias (Shapiro-Wilks) para el contenido de magnesio cambiabile.**

Variable	N	Media	D.E.	W*	p-valor
Contenido de magnesio cambiabile	12	1.76	0.22	0.91	0.3568

Ho: La población está distribuida normalmente.

Ha: La población no está distribuida normalmente.

Como p-valor es mayor que 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ), se acepta Ho y se concluye que los datos siguen una distribución normal.

#### Prueba de Duncan para promedios de tratamientos:

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$  (k,m: tratamientos)

Ho:  $T_k = T_m$

Ha:  $T_k \neq T_m$

**Tabla 25. Prueba de comparación múltiple de Duncan para tratamientos. Contenido de magnesio cambiabile (meq/100g).**

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (meq/100g)	Significación
1	T4: estiércol	1.847±0.202	A

2	T2: Humus	1.843±0.240	A
3	T1: testigo	1.710±0.312	A
4	T3: compost	1.653±0.153	A

Decisión: Se acepta Ho.

**Tabla 26. Variación del contenido de magnesio cambiante en el suelo, respecto al contenido inicial.**

Tratamiento	Promedio (meq/100g)	Variación (%)	Relación K/Mg	Calificación
T4: Estiércol	1.847	+34.818	0.911	Deficiencia de Mg
T2: Humus	1.843	+34.526	0.430	Deficiencia de Mg
T1: Testigo	1.710	+24.818	0.516	Deficiencia de Mg
T3: Compost	1.653	+20.657	0.425	Deficiencia de Mg
Inicial	1.37	-	0.47	Deficiencia de Mg

Fuente: MINAGRI. Guía de Calificación de Parámetros Edáficos.

#### 4.1.7 Rendimiento de arveja

**Tabla 27. Rendimiento de granos de arveja en verde (g/2.1 m<sup>2</sup>)**

Tratamiento	Repeticiones		
	I	II	III
T1: Testigo	361.83	370.54	442.80
T2: Humus de lombriz (20t/ha)	185.51	301.00	119.50
T3: Compost (20t/ha)	512.04	538.15	445.59
T4: Estiércol de vacuno (20t/ha)	445.59	452.11	281.23

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28. Prueba de homogeneidad de variancias (Shapiro-Wilks) para rendimiento de granos de arveja en verde.**

Variable	N	Media	D.E.	W*	p-valor
----------	---	-------	------	----	---------

<b>Rendimiento de arveja en verde</b>	12	343.79	145.35	0.89	0.2341
---------------------------------------	----	--------	--------	------	--------

Ho: La población está distribuida normalmente.

Ha: La población no está distribuida normalmente.

Como p-valor es mayor que 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ), se acepta Ho y se concluye que los datos siguen una distribución normal.

#### **Prueba de Duncan para promedios de tratamientos:**

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$  (k,m: tratamientos)

Ho:  $T_k = T_m$

Ha:  $T_k \neq T_m$

**Tabla 29. Prueba de comparación múltiple de Duncan para tratamientos.  
Rendimiento de granos de arveja en verde**

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (g/2.1m <sup>2</sup> )	Kg/ha	Significación
1	T3: Compost	498.593±47.723	2374.254	a
2	T4: Estiércol	392.997±96.830	1871.317	a b
3	T1: Testigo	391.723±44.448	1865.349	b
4	T2: Humus	202.003±91.867	961.921	b

Decisión: Se rechaza Ho.

## **4.2 Discusión de resultados**

### **4.2.1 Caracterización del suelo del experimento**

El suelo del experimento, donde se han depositado residuos sólidos municipales del distrito de San Jerónimo de Tunán, tiene pH alcalino, debido posiblemente a la naturaleza y composición de los residuos sólidos, que le confieren al suelo, en general, buenas propiedades para el crecimiento de las plantas; la conductividad eléctrica muestra al suelo como ligeramente salino, con ligeras limitaciones para el desarrollo de las plantas; el contenido de CaCO<sub>3</sub> (caliza) es calificada como medio, que se relaciona con el pH alcalino; el contenido medio de materia orgánica es el resultado de la acumulación de residuos orgánicos que se descomponen lentamente; la clase textural franco arenoso le da al suelo un carácter favorable para su utilización en el crecimiento de plantas cultivadas; la

capacidad de intercambio catiónico fue baja, resultado del poco contenido de arcilla y contenido medio de materia orgánica; el contenido medio de nitrógeno total es consecuencia del contenido medio de materia orgánica; los contenidos altos de fósforo y potasio se atribuyen a la naturaleza y composición de los residuos sólidos orgánicos depositados en este suelo con alto contenido de estos dos elementos; las relaciones catiónicas, muestran una probable deficiencia de magnesio, debido al desbalance con potasio antes que con calcio; la saturación de bases es alta. Este suelo se calificaría de fertilidad media, debido al contenido medio de nitrógeno total y materia orgánica. Estos datos se presentan en la tabla 6.

Estos datos son similares a los encontrados en Nigeria, donde se encontró suelos con alto contenido de fósforo y potasio, comparado a suelos donde no hubo disposición de residuos sólidos municipales, pero los suelos de San Jerónimo tuvieron menor contenido de nitrógeno total, si lo comparamos a suelos de Por Harcourt, Nigeria, donde se encontró mayor contenido de nitrógeno respecto a suelos donde no hubo deposición de residuos sólidos. (76),(77)En otros lugares (78) se encontró que los suelos con disposición de residuos sólidos municipales tenían alta capacidad de intercambio catiónico, nutrientes y saturación de bases, cuando se compararon a suelos sin disposición de residuos sólidos municipales.

Estos resultados demuestran que los suelos con disposición final de residuos sólidos municipales tienen mayor contenido de nutrientes, como es el caso de los suelos de San Jerónimo, respecto a suelos sin disposición final de residuos sólidos municipales.

#### **4.2.2 Contenido de fósforo disponible en el suelo**

Al final del experimento, el suelo de disposición final de residuos sólidos municipales incrementó significativamente ( $p < 0.05$ ) el contenido de fósforo disponible según las fuentes de abono orgánico aplicadas; siendo el tratamiento con estiércol (T4) y humus de lombriz (T2) los que ocuparon los primeros lugares con 78.4 y 57.33 ppm P en promedio, superando al testigo (T1) y el tratamiento con compost (T3), esto se atribuye a la composición de los residuos sólidos urbanos, y el efecto favorable de los materiales orgánicos en incrementar la disponibilidad de fósforo en el suelo. Los resultados se presentan en las tablas 7-9.

Se ha logrado un incremento de fósforo disponible en el suelo de disposición final de residuos sólidos municipales de San Jerónimo de Tunan, en 1.69%, con la aplicación de estiércol de vacuno (T4), como se observa en la tabla 10. En los tratamientos donde se

aplicó humus de lombriz (T2), compost (T3), y donde no se aplicó ningún tipo de abono (T1), disminuyó el contenido de fósforo disponible respecto al contenido inicial antes del experimento, atribuible a la absorción de fósforo por la planta de arveja, pues no se agregó ninguna fuente adicional de fósforo al suelo, para cubrir las necesidades de la planta. A pesar de la disminución de fósforo disponible en el suelo, los niveles de este elemento se mantuvieron altos en el suelo ( $P > 14$  ppm).

Si se compara estos valores con los encontrados en otros lugares, se puede observar que no siempre concuerdan, pues en algunos casos no varían (79) y en otros casos son inferiores (80) o superiores (81) a suelos sin disposición final de residuos sólidos, esto se atribuye a la composición de los residuos agregados al suelo; y en el caso del suelo de San Jerónimo de Tunán a la aplicación de abonos orgánicos, que incrementan el contenido de P en el suelo.

#### **4.2.3 Contenido de potasio disponible en el suelo**

El contenido de potasio disponible en el suelo de disposición final de residuos sólidos de San Jerónimo de Tunán varió en promedio, de 106 ppm a 123 ppm, calificados como valores medios, sin diferencias estadísticas entre los tratamientos de abonos orgánicos aplicados, incluyendo el testigo, como se muestra en las tablas 11 y 13. Comparado al valor antes del experimento ( $K$  disponible = 353 ppm, alto), se observa que hubo una disminución en el contenido de potasio en el suelo de disposición de residuos sólidos municipales en proporciones de 65.15% a 69.97%; estos datos se presentan en la tabla 14.

La disminución de potasio en el suelo de disposición de residuos sólidos municipales San Jerónimo de Tunán se atribuye a que los abonos orgánicos aplicados (compost, estiércol de vacuno y humus de lombriz) aportan poco potasio al suelo, según lo afirma la bibliografía reportada (82); asimismo, el testigo, tuvo los mayores contenidos de potasio en el suelo, sin diferencias estadísticas significativas respecto a los demás tratamientos, lo cual se atribuye al alto contenido de potasio en el suelo inicial (353 ppm  $K$ ), y la disminución de potasio en el suelo de los demás tratamientos, se debe al efecto de los abonos orgánicos aplicados al suelo, pues al mejorar las propiedades del suelo, se incrementa disponibilidad y la planta lo puede aprovechar, observándose esa disminución de potasio en el suelo. Los abonos orgánicos aportan poco potasio al suelo, y no incrementan su contenido en el suelo aplicado teniendo en cuenta que la absorción de potasio por la planta de arveja; dado que los materiales orgánicos en general que son

aplicados al suelo, aportan poco potasio, siendo la principal fuente de potasio en el suelo, la fracción mineral (83) que inicialmente fue alta en el suelo del experimento.

#### **4.2.4 Contenido de nitrógeno total en el suelo**

El contenido de nitrógeno total, estimado en base al contenido de materia orgánica (Nitrógeno total = 5% de la materia orgánica), en el suelo de disposición final de residuos sólidos municipales tuvo valores promedio entre 0.092% y 0.163%, calificados como tenores bajos (< 0.1%) a medios (0.1% – 0.2%), como se presenta en las tablas 15 y 17. Comparado al valor inicial del suelo, antes del experimento, se observa que disminuyó el nitrógeno total del suelo en los tratamientos con humus (T2), testigo (T1) y compost (T3), excepto en el tratamiento con estiércol de vacuno (T4), donde aumentó el nitrógeno total en un 1.875%.

El incremento de nitrógeno total en el suelo, con la aplicación de estiércol de vacuno, se atribuye al mayor contenido de este elemento en el abono orgánico y con liberación lenta; similar a lo reportado un trabajo de investigación en Nigeria, pero en el caso de San Jerónimo de Tunán, con una menor proporción de aumento, debido también al corto periodo de evaluación (4 meses en promedio) a comparación a la evaluación a largo plazo en Nigeria.

#### **4.2.5 Contenido de calcio cambiabile en el suelo**

El calcio es un macronutriente de las plantas, (84) siendo su forma cambiabile una de las principales fuentes para la absorción de la planta, (85) en este caso la arveja. El contenido de calcio cambiabile en el suelo de disposición final de residuos sólidos de San Jerónimo de Tunán varió en promedio entre 9.26 meq/100 g a 10.63 meq/100 g, siendo el catión dominante en el complejo de cambio, respecto al magnesio, sodio y potasio; pero sin diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos de abonos orgánicos aplicados al suelo, como se observa en las tablas 19 y 21. Este contenido de calcio influye en el pH ligeramente alcalino y la alta saturación de bases encontrado en el suelo, y está influenciado por el contenido de carbonato de calcio.

Al comparar los valores encontrados, según los diferentes tratamientos de abonos orgánicos, con el contenido inicial en el suelo (Ca = 9.860 meq/100g), antes del experimento, se observó un incremento de calcio en el suelo, con el tratamiento con humus de lombriz (T2), equivalente al 7.809%; con los tratamientos de compost (T3), testigo (T1) y estiércol (T4) se observó una disminución de calcio cambiabile en el suelo, variable entre



1.623% y 6.085%, pero sin diferencias estadísticas significativas con los demás tratamientos, como se presenta en la tabla 22.

Una de las razones de la disminución de calcio en el suelo, es la liberación de calcio cambiante hacia la solución suelo, para su absorción por la planta, debido al bajo aporte de calcio desde los abonos orgánicos aplicados al suelo, (86) pues los factores que determinan la disponibilidad de calcio en el suelo, son diferentes al contenido o aporte de materiales orgánicos. (87)

#### **4.2.6 Contenido de magnesio cambiante en el suelo**

El contenido de magnesio cambiante en el suelo de disposición final de residuos varió en promedio de 1.653 meq/100 g a 1.847 meq/100 g, sin diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos de abonos orgánicos aplicados al suelo, como se presenta en las tablas 23 y 25.

Los valores de magnesio cambiante al final del experimento fueron mayores que el contenido inicial ( $Mg = 1.37$  meq/100 g), incrementándose entre 20.657% (T3 = compost) y 34.818% (T4 = estiércol), como se observa en la tabla 26; lo cual, además de ser un buen indicador del aporte de nutrientes en el suelo debido a la interacción de los abonos orgánicos y las diferentes fracciones de magnesio en el suelo, permitiría inferir que un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales puede ser utilizado para fines recreacionales o paisajístico, debido a su contenido de nutrientes y debido a la composición de los residuos sólidos municipales(88),(89) cuando se aplican abonos orgánicos.

#### **4.2.7 Rendimiento de arveja**

El rendimiento del cultivo de arveja en el suelo de disposición final de residuos sólidos municipales de San Jerónimo de Tunán varió en promedio de 498.593 g/2.1 m<sup>2</sup> (2374.254 kg/ha) a 202.003 g/2.1 m<sup>2</sup> (961.921 kg/ha) con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos aplicados, como se observa en las tablas 27 y 29.

Los tratamientos: T3 (compost) sobresalió en rendimiento de arveja, pero sin diferencias estadísticas con el tratamiento T4 (estiércol); los tratamientos T1 (testigo) y T2 (humus de lombriz), ocuparon los últimos lugares en orden de mérito.

El rendimiento del estiércol no es diferente estadísticamente del tratamiento con compost, pero la superioridad numérica se puede atribuir al mayor contenido de sales (CE) en los abonos orgánicos aplicados al suelo, lo cual limita la disponibilidad de absorción de

agua y nutrientes, respecto al tratamiento sin aplicación de abonos orgánicos que tuvo una baja salinidad en el suelo.

Estos datos confirman los hallazgos reportados, a largo plazo, en otros lugares (Nigeria), donde se evaluó las propiedades y la productividad de suelos con residuos sólidos municipales, pudiendo ser usados estos suelos para la agricultura, siempre y cuando se evalúe y controle los probables riesgos ecotoxicológicos asociados a su uso. (90)

Estos materiales orgánicos en el suelo, producto de los residuos sólidos municipales acumulados, constituyen una fuente de residuos orgánicos descompuestos que tiene alto valor agrícola cuando son utilizados adecuadamente que puede ayudar a la agricultura sostenible y a largo plazo contribuir a la erradicación de la pobreza, (91) mucho mejor cuando se agreguen abonos orgánicos preparados (compost, estiércol de animales o humus de lombriz), que permitan interactuar con el suelo y favorecer la liberación de nutrientes para su aprovechamiento por las plantas cultivadas.

## **PRUEBA DE HIPÓTESIS.**

### **1. Hipótesis Estadísticas para el Análisis de Variancia:**

**Nivel de significación= 0,05**

Ho: La población está distribuida normalmente.

Ha: La población no está distribuida normalmente.

**Hipótesis estadística para la prueba de Duncan:**

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$  (k,m: tratamientos)

Ho:  $T_k = T_m$

Ha:  $T_k \neq T_m$

### **2. Prueba de hipótesis para los nutrientes**

RG1      O<sub>1</sub>      X<sub>1</sub>      O<sub>2</sub>

RG2      O<sub>3</sub>      X<sub>2</sub>      O<sub>4</sub>

RG3      O<sub>5</sub>      X<sub>3</sub>      O<sub>6</sub>

RG4      O<sub>7</sub>              O<sub>8</sub>

#### **2.1. Fosforo disponible (ppm)**

RG1	77.1	Humus de lombriz	57.333
RG2	77.1	Compost	47.800
RG3	77.1	Estiércol de vacuno	78.400
RG4	77.1		43.333

## 2.2. Potasio disponible (ppm)

RG1	353.000	Humus de lombriz	113.000
RG2	353.000	Compost	106.000
RG3	353.000	Estiércol de vacuno	115.333
RG4	353.000		123.000

## 2.3. Nitrógeno total (%)

RG1	0.160	Humus de lombriz	0.142
RG2	0.160	Compost	0.092
RG3	0.160	Estiércol de vacuno	0.163
RG4	0.160		0.119

## 2.4. Calcio cambiabile (meq/100gr)

RG1	9.860	Humus de lombriz	10.630
RG2	9.860	Compost	9.700
RG3	9.860	Estiércol de vacuno	9.260
RG4	9.860		9.650

## 2.5. Magnesio cambiabile (meq/100gr)

RG1	1.370	Humus de lombriz	1.843
-----	-------	------------------	-------

RG2	1.370	Compost	1.653
RG3	1.370	Estiércol de vacuno	1.847
RG4	1.370		1.710

La diferencia significativa de  $O_8$  frente a los resultados de  $O_2$ ,  $O_4$  y  $O_6$  prueba que la aplicación de humus de lombriz, compost y estiércol de vacuno, a un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales, incrementó el contenido de nitrógeno total y fósforo disponible, pero no afectó significativamente el contenido de potasio disponible, calcio y magnesio cambiables, en San Jerónimo de Tunán, 2017.

El contenido de nutrientes en el suelo de disposición final de residuos sólidos municipales de San Jerónimo, con aplicación de humus de lombriz, compost y estiércol de vacuno, tuvo la siguiente variación:

El contenido de nitrógeno total varió de 0.092% (bajo) con el tratamiento de compost, a 0.163% (medio) con el tratamiento de estiércol de lombriz, sin diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ), habiéndose incrementado en 1.875% con el tratamiento de estiércol de lombriz respecto al contenido inicial de nitrógeno total en el suelo.

El fósforo disponible varió de 43.333 ppm (alto) con el tratamiento de testigo, a 78.400 ppm con el tratamiento de estiércol de vacuno (alto), siendo superiores significativamente ( $p \geq 0.05$ ) los tratamientos con estiércol de vacuno y humus de lombriz, observándose que el tratamiento con estiércol incremento el fósforo disponible en el suelo en 1.69%, respecto al contenido inicial.

El contenido de potasio disponible varió de 106 ppm (medio) con el tratamiento de compost, a 123 ppm (medio) con el tratamiento testigo, sin diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) entre todos los tratamientos, observándose una disminución entre 65.15% y 69.97% respecto al contenido inicial.

El calcio cambiante predominó entre los cationes cambiables, con valores promedio en el rango de 9.26 meq/100 g con el tratamiento de estiércol de vacuno, a 10.63 meq/100 g con el tratamiento de humus de lombriz, sin diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) entre los tratamientos, habiéndose incrementado en 7.809%, respecto al contenido inicial, con el tratamiento de humus de lombriz.

El magnesio cambiante tuvo valores promedio entre 1.653 meq/100 g (T3 = compost) y 1.847 meq/100 g (T4 = estiércol de vacuno), sin diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) entre todos los tratamientos, habiendo se incrementado entre 20.657% y 34.818% respecto al contenido inicial.

### 3. Prueba de hipótesis para el rendimiento de la arveja

Diseño con post test con 4 grupos equivalentes

Grupo	Pre test	Tratamiento	Post test
A		X <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>
B		X <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
C		X <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>
D			O <sub>4</sub>

#### 3.1. Rendimiento de la arveja (kg/ha)

Grupo	Pre test	Tratamiento	Post test
A		Humus de lombriz	961.921
B		Compost	2374.254
C		Estiércol de vacuno	1871.317
D			1865.349

El resultado de la diferencia entre O<sub>4</sub> frente a los resultados de O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> demuestra que la aplicación de humus de lombriz, compost y estiércol de vacuno, a un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales, incrementó el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.), en San Jerónimo de Tunán, 2017.

El rendimiento de arveja en verde, que sobresalió, fue con el tratamiento de compost (2 374.254 kg/ha), sin diferencias significativas con el estiércol (1 871.317 kg/ha). Los tratamientos con testigo y humus tuvieron los más bajos rendimientos de arveja con 1 865.349 kg/ha y 961.921 kg/ha respectivamente.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

1. Se ha comprobado que la aplicación de abonos orgánicos en un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales incrementó el contenido de nutrientes y el rendimiento de arveja en San Jerónimo de Tunán, 2017.
  
2. La aplicación de humus de lombriz, compost y estiércol de vacuno, a un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales, incrementó el contenido de nitrógeno total y fósforo disponible. Este incremento, se atribuye al contenido orgánico en el suelo, que es la fuente de estos dos nutrientes en el suelo de disposición final en San Jerónimo de Tunán, 2017, mientras que la disminución de potasio disponible en el suelo se debe a la absorción de este nutriente disponible en el suelo por la arveja.
  
3. La aplicación de humus de lombriz, compost y estiércol de vacuno, a un suelo de disposición final de residuos sólidos municipales, incrementó el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.), en San Jerónimo de Tunán, 2017 y se clasifica al final del experimento como de fertilidad media.

## RECOMENDACIONES

1. La Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental debería promover la evaluación del contenido de nutrientes en suelos de disposición final de residuos sólidos municipales de diferente tipo en localidades del valle del Mantaro, ex - situ e in-situ, a mediano y corto plazo.
2. La Universidad Continental y las universidades licenciadas de la región Junín deberían realizar una caracterización completa de los suelos de disposición final de residuos sólidos municipales comparados a suelos sin residuos sólidos urbanos y proponer una política de uso de para su recuperación, remediación o puestas en valor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 MARSHALL, T.J., HOLMES, J.W. and ROSE, C.W. *Soil Physics*, third ed. Cambridge University Press, UK, 1996.
- 2 HELMORE, K. and RATTA, A. *The surprising yields of urban agriculture*. Choices, the Human Development Magazine of UNDP 4(1), 1995.
- 3 MBAGWU, J.S.C. and PICCOLO, A. *Some physical properties of structural aggregates separated from organic waste-amended soil*. Biological Wastes 33. pp. 107-121, 1990.
- 4 PICCOLO, A. and MBAGWU, J.S.C. *Exogenous humic substances as conditioners for the rehabilitation of degraded soils*. Agro-Food-Industry Hi-Tech. pp. 2-4, 1997.
- 5 SRIDHAR, M.K.C. and A.O. BAMMEKE. *Heavy metal contents of some solid wastes in Ibadan, Nigeria*. Water, Air and Soil Pollution 29. pp. 51-56, 1986.
- 6 AGBOOLA A.A. and J.A.I. OMUETI. *Soil Fertility problem and its management in tropical Africa*. International Conference on land clearing and development proceedings N° 161: 2 iita Ibadan, Nigeria, 1982.
- 7 ADEOYE G.O., M.K.C. SRIDHAR, O.O. ADEOLUWA and N.A. AKINSOJI. *Evaluation of Naturally Decomposed Solid Wastes from Municipal Dumps Sites for Their Manurial Value in Sothwest Nigeria*. Journal of Sustainable Agriculture. Vol. 26(4). pp.143-152, 2005.
- 8 CLEMENT M.D., P. ARGON y M.V. ABAD. Utilización del compost de residuos sólidos urbanos como enmienda orgánica en agricultura. [Actas 1er. Congreso Internacional de Química de la ANQUE] 1. pp.171-180. Tenerife.
- 9 WEIL R.R. and BRADY N.C. *The Nature and Properties of Soils*. Fifteenth edition. Pearson. pp. 526-575, 2016.
- 10 HAVLIN J.L., S.L. TISDALE, W.L. NELSON and J.D. BEATON. *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Eighth Edition. Pearson, 2014.
- 11 NATIONAL AGRICULTURAL LIBRARY. United States Department of Agriculture.
- 12 FERNÁNDEZ U.J., FLORENCIA B.M. y CORBELLA R. *Glosario de términos edafológicos*. p.6
- 13 FAGERIA N.K., BALIGAR V.C. and CLARK R.B. *Physiology of crop production*. Food products Press. Oxford. p.6, 2006.



- 14 HAVLIN J.L., S.L. TISDALE, W.L. NELSON and J.D. BEATON. *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Eighth Edition. Pearson, 2014.
- 15 National Agricultural Library. United States Department of Agriculture.
- 16 FERNÁNDEZ U.J., FLORENCIA B.M. y CORBELLA R. *Glosario de términos edafológicos*. p.6
- 17 FAGERIA N.K., BALIGAR V.C. and CLARK R.B. *Physiology of crop production*. Food products Press. Oxford. p.6, 2006.
- 18 ANIKWE, M.A.N. and K.C.A. NWOBODO. *Long term effect of municipal waste disposal on soil properties and productivity of sites used for urban agriculture in Abakaliki, Nigeria*. Bioresource Technology 83. pp.241-250, 2001.
- 19 TEJADA, M., J.L. GONZALEZ, A.M. GARCÍA-MARTÍNEZ and J. PARRADO. Application of a green manure and Green manure composted with beet vinasse on soil restoration: Effects on soil properties. Bioresource Technology 99. Elsevier. pp.4949 – 4957, 2008.
- 20 ADEOYE G.O., M.K.C. SRIDHAR, O.O. ADEOLUWA and N.A. AKINSOJI. Evaluation of Naturally Decomposed Solid Wastes from Municipal Dumps Sites for Their Manurial Value in Sothwest Nigeria. Journal of Sustainable Agriculture. Vol. 26(4). pp.143-152, 2005.
- 21 EDEGBAI B.O. and ALI E.E. An evaluation of the nutritional status of soil samples from a variety of dumpsites from locations in Benin City, Edo State, Nigeria. European International Journal of Science and Technology. Vol 5 N° 5. pp.68-76, 2016.
- 22 OBIANEFO, FU; AGBAGWA, IO and TANEF, F.B.G. Physicochemical cahracteristics of soil from selected solid waste dump sites in Port Harcourt, Rivers State, Nigeria. J. Appl. Sci. Enviro. Manage. Vol. 21(6) pp. 1153-1156, 2017.
- 23 OSAZEE O.J., O.N. OBAYAGBONA and E.O. DANIEL. *Microbiological and physicochemical analyses of top soils obtained from four municipal waste dumpsites in Benin City, Nigeria*. International Journal of Microbiology and Mycology. Vol. 1, No. 1, pp. 23-30, 2013.
- 24 NJOKU C. Effect of wastes on selected soil properties in Abakaliki Southeastern Nigeria. International Journal of Plant & Soil Science 4(1). pp. 94-99, 2015.

- 25 ESSIEN O.E. and R.O. HANSON. Municipal solid waste dumpsite pollution on physico-chemical properties of dumpsite and surrounding soils. *International Journal of Engineering & Technology*. Vol 2 Issue 4. pp. 298-310, 2013.
- 26 BROWN S., D. Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales. Enfoque: Centroamérica. AIDIS. CARE El Salvador. PROARCA/SIGMA. p. 31, 2003.
- 27 HAVLIN J.L., S.L. TISDALE, W.L. NELSON and J.D. BEATON. *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Eighth Edition. Pearson, 2014.
- 28 WEIL R.R. and BRADY N.C. *The Nature and Properties of Soils*. Fifteenth edition. Pearson. pp.585-586, 2016.
- 29 PRICE G. *Australian Soil Fertility Manual*. Third Edition. CSIRO Publishing. pp.23-38, 2012.
- 30 BRONSON K.F. Forms of inorganic nitrogen in soil. In: *Nitrogen in Agricultural Systems, Agronomy Monograph 49*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Madison WI, USA. p. 32, 2008.
- 31 LAMB J.A., G.A. PETERSON, and C.R. FENSTER. Wheat fallow tillage system effect on a newly cultivated grassland soils nitrogen budget. *Soil Sci. Soc. Am. J.*49. pp. 352-356, 1985.
- 32 PARTON W.J., D.S. SCHIMEL, C.V. COLE and D.S. OJIMA. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51. pp. 1173-1179, 1987.
- 33 DOMÍNGUEZ V.A. *Tratado de fertilización*. 3ra. Edición. Ediciones Mundi-Prensa, 1997.
- 34 PRICE G. *Australian Soil Fertility Manual*. Third Edition. CSIRO Publishing. pp. 40-41, 2012.
- 35 PLASTER E.J. *Soil Science and Management*. International edition. 6th edition. DELMAR. p. 257, 2014.
- 36 WEIL R.R. and BRADY N.C. *The Nature and Properties of Soils*. Fifteenth edition. Pearson. pp. 644-646, 2016.
- 37 DOMÍNGUEZ V.A. *Tratado de fertilización*. 3ra. Edición. Ediciones Mundi-Prensa, 1997.

- 38 HAVLIN J.L., S.L. TISDALE, W.L. NELSON and J.D. BEATON. *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Eighth Edition. Pearson, 2014.
- 39 DOMÍNGUEZ V.A. Tratado de fertilización. 3ra. Edición. Ediciones Mundi-Prensa, 1997.
- 40 HAVLIN J.L., S.L. TISDALE, W.L. NELSON and J.D. BEATON. *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Eighth Edition. Pearson, 2014.
- 41 WEIL R.R. and BRADY N.C. *The Nature and Properties of Soils*. Fifteenth edition. Pearson. pp. 685-688, 2016.
- 42 PRICE G. *Australian Soil Fertility Manual*. Third Edition. CSIRO Publishing. pp. 53-60, 2012.
- 43 PRICE G. *Australian Soil Fertility Manual*. Third Edition. CSIRO Publishing. pp. 61-66, 2012.
- 44 WEIL R.R. and BRADY N.C. *The Nature and Properties of Soils*. Fifteenth edition. Pearson. pp. 697-698, 2016.
- 45 HAVLIN J.L., S.L. TISDALE, W.L. NELSON and J.D. BEATON. *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Eighth Edition. Pearson, 2014.
- 46 DOMÍNGUEZ V.A. Tratado de fertilización. 3ra. Edición. Ediciones Mundi-Prensa, 1997.
- 47 HAVLIN J.L., S.L. TISDALE, W.L. NELSON and J.D. BEATON. *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Eighth Edition. Pearson, 2014.
- 48 GUERRERO B., J. *Abonos orgánicos. Tecnología para el manejo ecológico del suelo*. Red de Acción de Alternativas al Uso de Agroquímicos. RAAA. Lima, Perú, 1993.
- 49 ROMÁN P., MARTINEZ M.M. Y A. PANTOJA. *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. Oficina Regional para América Latina y El Caribe. Santiago de Chile, 2013. P. 34.
- 50 MINISTERIO DEL AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. *Manual de Compostaje*. Gobierno de España, 2009, p.12.
- 51 GUERRERO B., J. *Abonos orgánicos. Tecnología para el manejo ecológico del suelo*. Red de Acción de Alternativas al Uso de Agroquímicos. RAAA. Lima, Perú, 1993.

- 52 BRICEÑO A., A.A. y PÉREZ REYES A.C. Utilización del humus Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) como alternativa amigable al medio ambiente para el cultivo de café, finca Santa Dolores, Municipio El Crucero. [Seminario de Graduación para optar el título de licenciado en Química Ambiental]. Facultad de Ciencias e Ingenierías. Universidad Autónoma de Nicaragua, Managua. pp. 7-8, 2017
- 53 CACCIAMANI M.A. Lombricultura. Una actividad ecológica y rentable. Editorial Hemisferio Sur, 2004.
- 54 GUERRERO B., J. Abonos orgánicos. Tecnología para el manejo ecológico del suelo. Red de Acción de Alternativas al Uso de Agroquímicos. RAAA. Lima, Perú, 1993.
- 55 FUENTES YAGÜE, J.L. Manual práctico sobre utilización de suelo y fertilizantes. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa, 2002.
- 56 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA Y MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. Proyecto incremento de los ingresos económicos de los pequeños productores agrarios en la región Cajamarca. Guía de producción comercial de arveja. [Basado en el trabajo del proyecto IEPARC]. pp. 34, Julio 2016.
- 57 JAIME ALBERTO MORI CASTRO. *Métodos estadísticos de la investigación agraria*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. pp.5-7
- 58 DOMÍNGUEZ V.A. *Tratado de fertilización*. 3ra. Edición. Ediciones Mundi-Prensa, 1997.
- 59 SOIL SCIENCE SOCIETY AMERICAN. *Glossary of Soil Science Terms*. Madison, Wisconsin, USA. 2015.
- 60 STATUS OF THE WORLD'S SOIL RESOURCES, Main Report. *Glossary of technical Terms*. FAO and ITPS, p. 600, 2015.
- 61 SOIL SCIENCE SOCIETY AMERICAN. *Glossary of Soil Science Terms*. Madison, Wisconsin, USA. 2015.
- 62 *STATUS OF THE WORLD'S SOIL RESOURCES, Main Report. Glossary of technical Terms. FAO and ITPS, p. 599, 2015.*
- 63 STATUS OF THE WORLD'S SOIL RESOURCES, Main Report. *Glossary of technical Terms*. FAO and ITPS, p. 600, 2015.

- 64 DL 1278 - DECRETO LEGISLATIVO QUE APRUEBA LA LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. p.32 [Actualizado al 28/02/2017], Sistema Peruano de Información Jurídica.
- 65 DL 1278 - DECRETO LEGISLATIVO QUE APRUEBA LA LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. p.34 Actualizado al 28/02/2017], Sistema Peruano de Información Jurídica.
- 66 HERNÁNDEZ, R. FERNÁNDEZ, C. BAPTISTA, P. *Metodología de la Investigación*. p.4, 2010.
- 67 SIERRA BRAVO, R. *Técnicas de Investigación Social. Teoría y ejercicios*. p.19, 2003.
- 68 HERNÁNDEZ, R. FERNÁNDEZ, C. BAPTISTA, P. *Metodología de la Investigación*. pp.140-141, 2010.
- 69 PÁEZ W., J. El plan de tesis. Lima, Perú: Impresiones Olgraf, 2013.
- 70 HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. *Metodología de la investigación*. Quinta edición: Mc Graw Hill. México. p.95, 2010.
- 71 HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. *Metodología de la investigación*. Quinta edición: Mc Graw Hill. México. p.176, 2010.
- 72 MUNIVE CERRON, Rubén. Manual análisis de suelos – aguas – plantas. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. p.24, 2010.
- 73 MUNIVE CERRON, Rubén. Manual análisis de suelos – aguas – plantas. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. p.27, 2010.
- 74 JOSE SALINAS Y RAMIRO GARCIA. Métodos analíticos para suelos y plantas. Centro internacional de agricultura tropical (CIAT). Cali -Colombia. pp.31- 32, 1979.
- 75 BALZARINI M.G., GONZALEZ L.A., TABLADA M., CASANOVES F., DI RIENZO J.A. and ROBLEDO C.W. Infostat. Manual del Usuario: Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. p. 80, 2008.
- 76 OBIANEFO, FU; AGBAGWA, IO and TANEF, F.B.G. *Physicochemical cahracteristics of soil from selected solid waste dump sites in Port Harcourt, Rivers State, Nigeria*. J. Appl. Sci. Enviro. Manage. Vol. 21(6). pp. 1153-1156, 2017.
- 77 EDEGBAI B.O. and ALI E.E. *An evaluation of the nutritional status of soil samples from a variety of dumpsites from locations in Benin City, Edo State, Nigeria*.

European International Journal of Science and Technology. Vol 5 N° 5. pp. 68-76, 2016.

- 78 ANIKWE, M.A.N. and K.C.A. NWOBODO. (2001). *Long term effect of municipal waste disposal on soil properties and productivity of sites used for urban agriculture in Abakaliki, Nigeria*. Bioresource Technology 83. pp. 241-250.
- 79 ESSIEN O.E. and R.O. HANSON. Municipal solid waste dumpsite pollution on physico-chemical properties of dumpsite and surrounding soils. International Journal of Engineering & Technology. Vol 2 Issue 4. pp. 298-310, 2013.
- 80 OSAZEE O.J., O.N. OBAYAGBONA and E.O. DANIEL. Microbiological and physicochemical analyses of top soils obtained from four municipal waste dumpsites in Benin City, Nigeria. International Journal of Microbiology and Mycology. Vol. 1, No.1. pp. 23-30.
- 81 NJOKU C. Effect of wastes on selected soil properties in Abakaliki Southeastern Nigeria. International Journal of Plant & Soil Science 4(1): pp. 94-99, 2015.
- 82 WEIL R.R. and BRADY N.C. The Nature and Properties of Soils. Fifteenth edition. Pearson. pp. 677-689, 2016.
- 83 DOMÍNGUEZ V.A. Tratado de fertilización. 3ra. Edición: Ediciones Mundi-Prensa, 1997.
- 84 PRICE G. Australian Soil Fertility Manual. Third Edition. CSIRO Publishing. pp. 61-66, 2012.
- 85 WEIL R.R. and BRADY N.C. The Nature and Properties of Soils. Fifteenth edition. Pearson. pp. 696-734, 2016.
- 86 ROMÁN P., MARTÍNEZ M.M. y A. PANTOJA. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y El Caribe. pp. 33-38. Santiago de Chile, 2013.
- 87 HAVLIN J.L., S.L. TISDALE, W.L. NELSON and J.D. BEATON. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Eighth Edition: Pearson, 2014.
- 88 ADEOYE G.O., M.K.C. SRIDHAR, O.O. ADEOLUWA and N.A. AKINSOJI. Evaluation of Naturally Decomposed Solid Wastes from Municipal Dumps Sites for Their Manurial Value in Sothwest Nigeria. Journal of Sustainable Agriculture. Vol. 26(4). pp.143-152, 2005.

- 89 NJOKU C. Effect of wastes on selected soil properties in Abakaliki Southeastern Nigeria. *International Journal of Plant & Soil Science* 4(1): pp. 94-99, 2015.
- 90 ANIKWE, M.A.N. and K.C.A. NWOBODO. Long term effect of municipal waste disposal on soil properties and productivity of sites used for urban agriculture in Abakaliki, Nigeria. *Bioresource Technology* 83. pp. 241-250, 2001.
- 91 ADEOYE G.O., M.K.C. SRIDHAR, O.O. ADEOLUWA and N.A. AKINSOJI. Evaluation of Naturally Decomposed Solid Wastes from Municipal Dumps Sites for Their Manurial Value in Sothwest Nigeria. *Journal of Sustainable Agriculture*. Vol. 26(4). pp. 143-152, 2005.

## **ANEXOS**



## ANEXO 1

### Guía de Calificación de los Parámetros Edáficos<sup>2</sup>.

1. Nitrógeno total

Nivel	% MO	CO (%)
Bajo	< 2	< 1.16
Medio	2 – 4	1.16 – 2.32
Alto	> 4	> 2.32

2. Fósforo disponible

Nivel	P (ppm)
Bajo	< 7
Medio	7 – 14
Alto	> 14

3. Potasio disponible

Nivel	K (ppm)
Bajo	< 100
Medio	100 – 240
Alto	> 240

(2) Reglamento de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor, Lima, Perú.

## ANEXO 2

### Análisis de variancia.

Tabla 1. Análisis de variancia del contenido de fósforo disponible en el suelo.

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	p-valor
Repeticiones	754.287	2	377.143	0.1814
Tratamientos	2 592.133	3	864.044	0.0406
Error	984.007	6	164.001	
Total	4 330.427	11		

Tabla 2. Análisis de variancia del contenido de potasio disponible en el suelo.

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	p-valor
Repeticiones	3 755.167	2	1 877.583	0.6813
Tratamientos	442.000	3	147.333	0.9915
Error	27 515.500	6	4 585.917	
Total	31 712.667	11		

Tabla 3. Análisis de variancia del contenido de nitrógeno total en el suelo.

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	p-valor
Repeticiones	0.008	2	0.004	0.5362
Tratamientos	0.008	3	0.003	0.7167
Error	0.035	6	0.006	

Total	0.052	11
-------	-------	----

Tabla 4. Análisis de variancia del contenido de calcio cambiabile en el suelo.

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	p-valor
Repeticiones	2.477	2	1.239	0.2027
Tratamientos	3.038	3	1.013	0.2612
Error	3.527	6	0.588	
Total	9.042	11		

Tabla 5. Análisis de variancia del contenido de magnesio cambiabile en el suelo.

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	p-valor
Repeticiones	0.263	2	0.131	0.0641
Tratamientos	0.085	3	0.028	0.4670
Error	0.175	6	0.029	
Total	0.523	11		

Tabla 6. Análisis de variancia del rendimiento de arveja.

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	p-valor
Repeticiones	23 888.946	2	11 944.473	0.3568
Tratamientos	150 244.990	3	50 081.663	0.0424
Error	58 274.506	6	9 712.418	
Total	232 408.441	11		

## ANEXO 3

### Análisis de suelo y materiales orgánicos



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 FACULTAD DE AGRONOMÍA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



### ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante ANA S UASNABAR ZÁRATE/ KATTY TORRES BARAHONA

Departamento JUNÍN  
 Distrito SAN JERÓNIMO  
 Referencia H.R. 57779-027C-17

Bolt.: 124

Provincia HUANCAYO  
 Predio SECTOR MAYUPATA  
 Fecha 06/03/17

Lab	Número de Muestra Chaves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %t	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	OIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	ú» Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup> + H <sup>+</sup>			
1952		7.53	2.57	4.80	3.20	77.1	353	54	30	16	F.A.	12.00	9.86	1.37	0.65	0.12	0.00	12.00	12.00	100

A = Arena A. Fr. = Arena Franca. Fr.A = Franco Arenoso. Fr. = Franco; Fr.L = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso.  
 Fr.Ar.L = Franco Arcillo Limoso. Ar.A = Arcillo Arenoso; Ar.L = Arcillo Limoso. Ar. = Arcilloso.



*Sady García Benítez*  
 Dr. Sady García Benítez  
 Jefe del Laboratorio



## INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE ANA SUASNABAR ZARATE  
 PROCEDENCIA JUNIN/ HUANCAYO/ SAN JERONIMO  
 REFERENCIA H.R. 57781  
 BOLETA 424  
 FECHA 09/03/17

Nº LAB	CLAVES	PH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	Pto. %	K <sub>2</sub> O %
117	Compost	7.88	7.44	58.44	2.69	2.51	1.98
118	Estiércol de vacuno	7.95	2.07	80.33	7.37	1.62	0.89
119	Humus	8.82	2.53	58.44	2.26	2.46	0.40

Nº LAB	CLAVES	CaO	MgO	Hd	Na
117	Compost	4.3	1.39	61.05	0.16
118	Estiércol de vacuno	2.70	1.10	55.13	0.10
119	Humus	4.61	1.02	48.22	0.04

Dr. Sady García Bendejú  
 Jefe de Laboratorio

## ANEXO 4

### Análisis de suelo después del tratamiento con materiales orgánicos



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS**  
**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES**



### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : ANA GABRIELA SUASNABAR ZARATE

Departamento : JUNIN  
 Distrito : SAN JERONIMO DE TUNAN  
 Referencia : H.R. 59318-082SC-17

Bolt.: 493

Provincia : HUANCAYO  
 Predio : SECTOR MAYUPATA  
 Fecha : 06/07/17

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
												meq/100g								
5384	H1	7.57	1.13	2.70	1.72	57.4	71	55	30	15	Fr.A.	12.80	10.24	1.90	0.50	0.16	0.00	12.80	12.80	100
5385	H2	7.69	1.62	3.40	2.27	47.6	95	55	30	15	Fr.A.	12.00	9.58	1.58	0.69	0.15	0.00	15.52	15.52	100
5386	H3	7.66	1.27	4.50	4.53	67.6	173	55	36	9	Fr.A.	15.52	12.07	2.05	1.19	0.21	0.00	15.52	15.52	100
5387	T1	7.61	1.60	5.00	3.91	53.5	203	55	30	15	Fr.A.	13.60	10.13	1.90	1.32	0.24	0.00	13.60	13.60	100
5388	T2	7.94	1.03	3.50	0.77	28.1	41	51	30	19	Fr.	11.20	9.42	1.35	0.31	0.12	0.00	11.20	11.20	100
5389	T3	7.79	1.48	3.70	2.46	48.4	125	47	34	19	Fr.	12.48	9.40	1.88	1.02	0.17	0.00	12.48	12.48	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



## ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : ANA GABRIELA SUASNABAR ZARATE

Departamento : JUNIN  
Distrito : SAN JERONIMO DE TUNAN  
Referencia : H.R. 59318-082SC-17

Bolt : 493

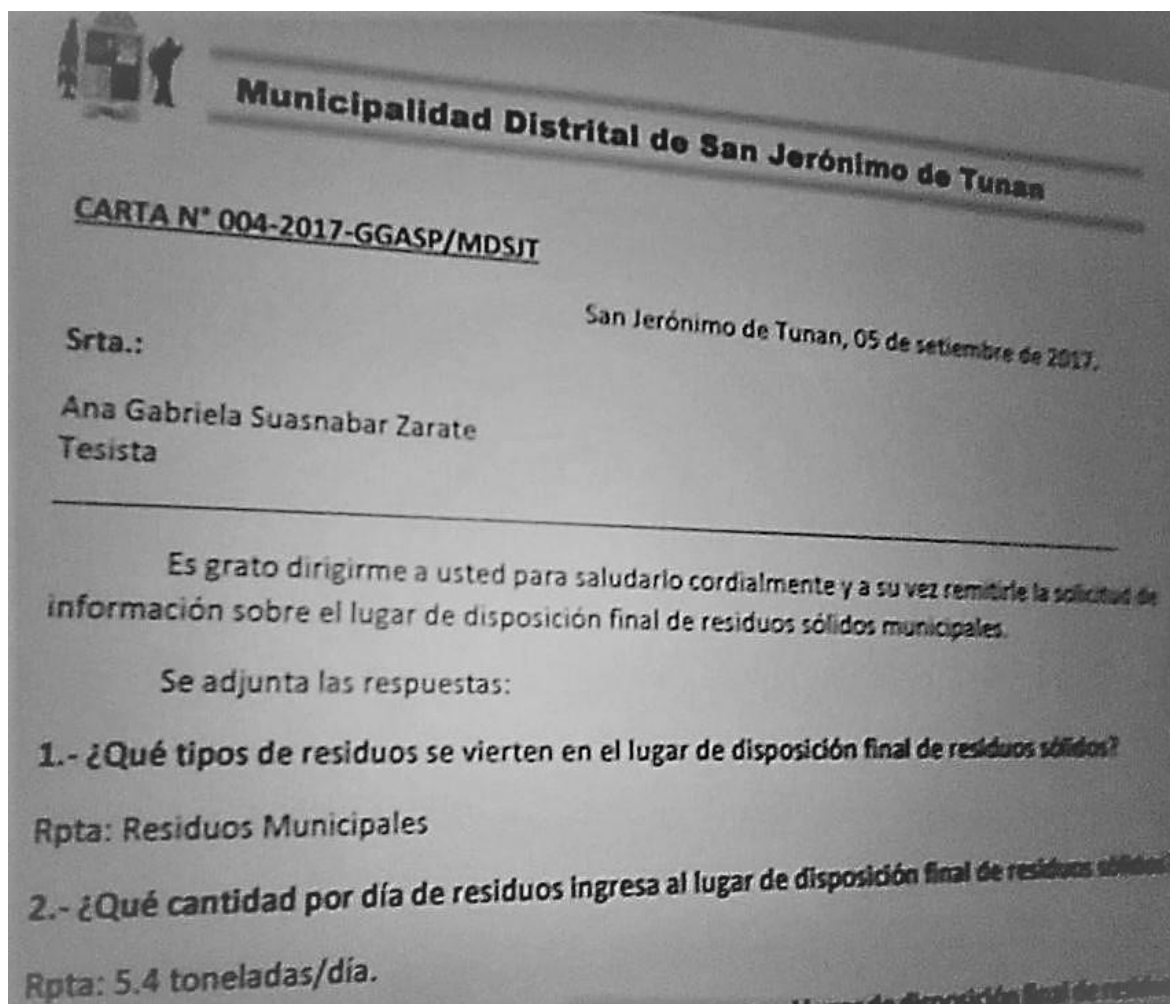
Provincia : HUANCAYO  
Predio : SECTOR MAYUPATA  
Fecha : 06/07/17

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
5378	C1	7.82	0.57	3.00	0.14	20.0	37	57	24	19	Fr.A	11.20	9.24	1.62	0.25	0.10	0.00	11.20	11.20	100
5379	C2	7.61	2.52	2.90	1.72	48.0	103	51	32	17	Fr.	11.84	9.47	1.52	0.69	0.16	0.00	11.84	11.84	100
5380	C3	7.68	1.55	4.00	3.68	57.4	178	51	30	19	Fr.	13.60	10.39	1.82	1.17	0.23	0.00	13.60	13.60	100
5381	E1	7.59	2.37	3.30	2.84	63.3	130	57	28	15	Fr.A	12.80	10.12	1.63	0.84	0.21	0.00	12.80	12.80	100
5382	E2	7.58	1.78	5.00	4.31	79.7	141	55	28	17	Fr.A	14.08	8.34	1.88	3.64	0.22	0.00	14.08	14.08	100
5383	E3	7.72	1.68	3.10	2.59	92.2	75	55	26	19	Fr.A	12.16	9.32	2.03	0.57	0.23	0.00	12.16	12.16	100

A = Arena, A Fr = Arena Franca, Fr A = Franco Arenoso, Fr = Franco, Fr L = Franco Limoso, L = Limoso, Fr Ar A = Franco Arcillo Arenoso, Fr Ar = Franco Arcilloso,  
Fr Ar L = Franco Arcillo Limoso, Ar A = Arcillo Arenoso, Ar L = Arcillo Limoso, Ar = Arcilloso

## ANEXO 6

### DATOS PROPORCIONADOS POR LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN JERONIMO DE TUNAN





3.- ¿Desde hace cuánto tiempo está en funcionamiento el lugar de disposición final de residuos sólidos?

Rpta: 20 años

4.- ¿Desde hace cuánto tiempo la plataforma en la que se está trabajando los proyectos de investigación esta con la cubierta de tierra?

Rpta: 01 año

5.- ¿Cada cuánto cubren o tapan los residuos sólidos que ingresan?

Rpta: 02 días

6.- ¿De dónde traen el material que cubren los residuos sólidos?

Rpta: Misma zona, pavimentaciones ciudadanas

7.- ¿Cuáles son los planes futuros para el lugar de disposición final de residuos sólidos?


Rpta: Reconvertir y remediar

8.- ¿Cuál es el tratamiento general que la municipalidad tiene sobre el tratamiento de estos materiales (residuos sólidos) y cuál es la instancia que regenta?

Rpta: MINAM, MINISTERIO DE SALUD

9.- ¿Sería posible que nos proporcione una copia del plano del lugar de disposición final de residuos sólidos, de no ser posible, ¿cuál sería la sugerencia para poder obtenerla?

Rpta: Levantamiento topográfico

 SAN JERÓNIMO DE TUNJA  
10 de Agosto

## ANEXO 5

### PANEL FOTOGRÁFICO



**FOTO 1. MEDICION DE PARCELAS**



**FOTO 2. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO**





**FOTO 3. TOMA DE MUESTRAS DE SUELO**



**FOTO 4. DELIMITACIÓN DE PARCELAS**





**FOTO 5. DISPOSICIÓN EXPERIMENTAL DE LOS TRATAMIENTOS**



**FOTO 6. COMPRA DE MATERIALES ORGÁNICOS**





**FOTO 7. PESADO DE LOS ABONOS**





**FOTO 8. APLICACIÓN DE ABONOS**



**FOTO 9. SEMBRADO**





**FOTO 10. SEMANA 2**



**FOTO 11. SEMANA 3**





**FOTO 12. SEMANA 4**





**FOTO 13. SEMANA 5**





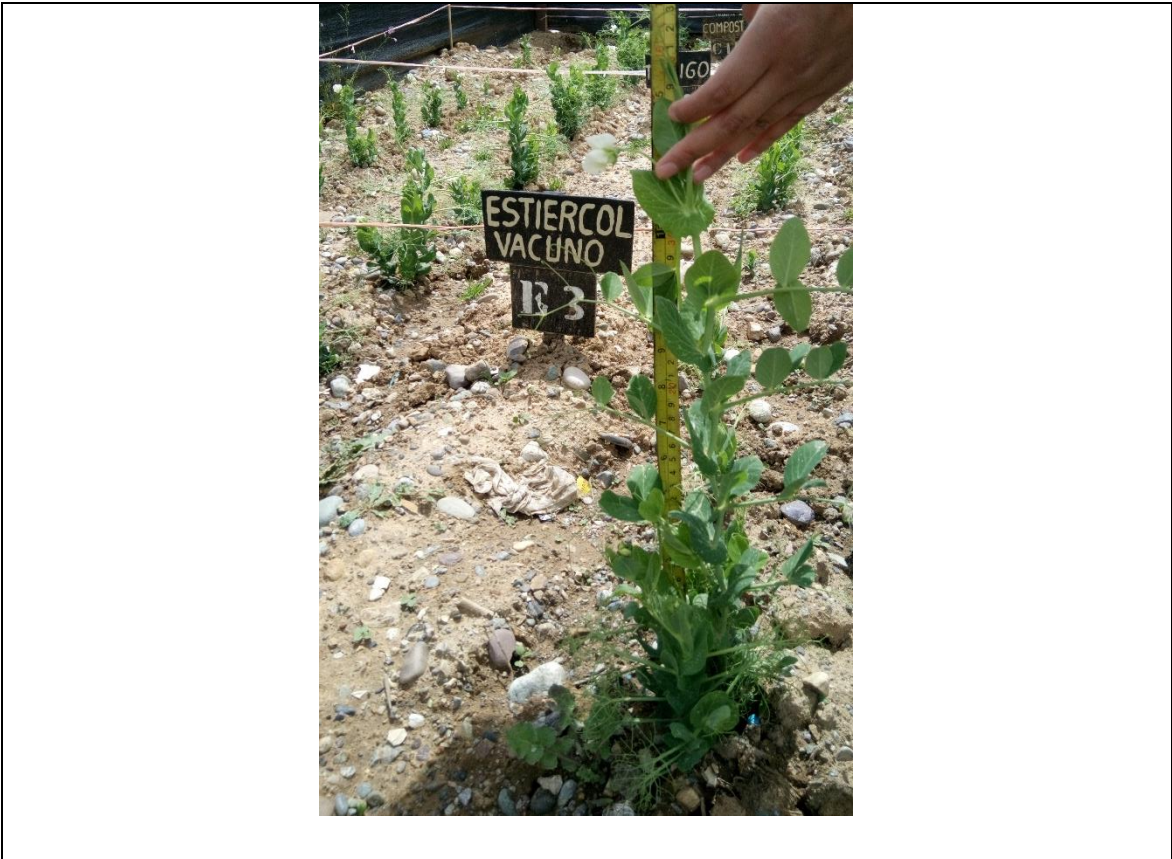
**FOTO 14. SEMANA 6**



**FOTO 15. SEMANA 7**



**FOTO 16. SEMANA 8**



**FOTO 17. SEMANA 9**





**FOTO 18. SEMANA 10**



**FOTO 19. SEMANA 11**





**FOTO 20. SEMANA 12**



**FOTO 21. COSECHA 1**



**FOTO 22. COSECHA 2**



**FOTO 23. COSECHA 3**





**FOTO 24. COSECHA 4**



**FOTO 25. COSECHA 5**



**FOTO 26. COSECHA 6**





**FOTO 27. RECOJO DE MUESTRAS FINALES**