



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y FORESTALES**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN, FORMACIÓN Y EXTENSIÓN**  
**EN MECANIZACIÓN AGRÍCOLA - CIFEMA UMSS**



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Embajada de Suiza

Cooperación Suiza en Bolivia



**PROYECTO:**

**Fortalecimiento de los sistemas agrícolas de producción de quinua mediante el desarrollo de tecnologías alternativas de prácticas agronómicas y de equipos mecánicos adecuados que mitiguen el efecto del cambio climático. PIA.ACC-PCT.12**

**8/2021 PIA.ACC II - QUINUA:**

**INFORME DE IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO DE  
ABONO.**

**Cochabamba – Bolivia**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE ACTIVADORES EN EL  
TIEMPO DE COMPOSTAJE Y EN LA GRANULACIÓN DEL COMPOST  
PARA LA DISTRIBUCIÓN AL SUELO CON MAQUINARIA AGRICOLA**

## Índice de contenido

|        |                                                                  |   |
|--------|------------------------------------------------------------------|---|
| 1.     | Introducción .....                                               | 1 |
| 1.1.   | Justificación .....                                              | 1 |
| 2.     | Objetivos .....                                                  | 2 |
| 2.1.   | Objetivo General .....                                           | 2 |
| 2.2.   | Objetivos específicos .....                                      | 2 |
| 3.     | Marco teórico conceptual .....                                   | 3 |
| 3.1.   | Activadores biológicos .....                                     | 3 |
| 3.2.   | Tipos de activadores biológicos .....                            | 3 |
| 3.2.1. | Yogur .....                                                      | 3 |
| 3.2.2. | Levadura .....                                                   | 3 |
| 3.2.3. | Suero de leche .....                                             | 3 |
| 3.3.   | Compost .....                                                    | 4 |
| 3.3.1. | Proceso de compostaje .....                                      | 4 |
| 3.3.2. | Importancia de la elaboración de compost .....                   | 4 |
| 3.3.3. | Clases de composteras .....                                      | 5 |
| 3.3.4. | Parámetros esenciales para un óptimo proceso de compostaje ..... | 5 |
| 3.4.   | Efectos benéficos de la composta sobre el suelo .....            | 6 |
| 3.4.1. | Efectos físicos .....                                            | 6 |
| 3.4.2. | Efectos químicos .....                                           | 7 |
| 3.4.3. | Efectos químicos .....                                           | 7 |
| 3.5.   | Madurez y calidad de compost .....                               | 8 |
| 3.6.   | El estiércol .....                                               | 8 |
| 3.6.1. | Clases de estiércol .....                                        | 8 |
| 3.6.2. | Composición del estiércol .....                                  | 9 |
| 3.7.   | Distribución mecánica .....                                      | 9 |
| 4.     | Materiales y metodología .....                                   | 9 |
| 4.1.   | Ubicación del área de ensayo en Cochabamba .....                 | 9 |
| 4.2.   | Materiales e insumos .....                                       | 9 |

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3. Metodología .....                                            | 10 |
| 4.3.1. Actividades de campo en CIFEMA .....                       | 10 |
| 4.3.2. Croquis del experimento .....                              | 10 |
| 4.3.3. Proceso de elaboración de compost .....                    | 11 |
| 5. Resultados .....                                               | 13 |
| 5.1. Los resultados determinados en el tratamiento de abono ..... | 13 |
| 5.2. Eficiencia mecánica .....                                    | 13 |
| 6. Conclusiones .....                                             | 14 |
| 7. Bibliografía .....                                             | 14 |

## **1. INTRODUCCIÓN**

En los últimos años, la agricultura ha buscado nuevas alternativas que le permitan una menor inversión económica y un mayor rendimiento en la producción de los cultivos, ya que el constante incremento de la población ha provocado una demanda creciente de alimentos, por lo que se ha requerido fertilizar cada vez más los suelos utilizados para la agricultura.

Una de las estrategias fundamentales para la producción, es el uso de abonos orgánicos líquidos como base del abonamiento orgánico del suelo y la planta. Ello no solo permite mejorar la fertilidad del suelo (física, química y biológica), sino que evita la dependencia de insumos externos a los que generalmente está sujeta la agricultura convencional.

La producción en nuestro medio se encuentra limitada por diversos aspectos agro ecológicos, en ese sentido la fertilidad de los suelos viene a ser el más importante de ellos; sobre todo cuando se habla del Altiplano Boliviano. Esto en virtud a que la región cuenta con suelos pobres en nutrientes; sin embargo, en la actualidad se vienen realizando esfuerzos para poder minimizar este factor adverso a la producción de alimentos; realizando labores de enmiendas y fertilizaciones orgánicas, mismas que dieron buenos resultados en otras experiencias del mejoramiento de los suelos de cultivo.

Los productores del Altiplano Boliviano utilizan abonos orgánicos (estiércol) y fertilizantes inorgánicos como fuente de nutrientes a fin de mejorar las condiciones físicas de los suelos y la nutrición vegetal. Frente a este panorama la agricultura orgánica propone, como una técnica sostenible y económica basada en la fertilización orgánica, emplear un conjunto de prácticas como ser el uso de abonos verdes, compost, rotación de cultivos, estiércoles, etc.

Sin embargo, la cantidad de estiércol disponible utilizada por los campesinos del altiplano no está manejada de manera óptima, lo que puede generar un efecto fitotóxico, además de difundir semillas de malezas y diferentes patógenos (Fertisuelos, 1995; D'Onofrio, 1997).

El propósito de la presente investigación, es la evaluación de la utilización que se le da al estiércol animal como un recurso para fertilizar el suelo de cultivo, mejorando la producción y por ende la calidad de vida de los productores y contribuyendo de manera positiva al ecosistema.

### **1.1 Justificación**

El presente trabajo de investigación busca alternativas de solución para los productores de quinua que trabajan en el altiplano sur de Bolivia, en el uso y manejo de su abono, que generalmente es escaso, como alternativa al uso de fertilizantes químicos.

La situación actual de la zona productora de quinua, presenta varios problemas, los de importancia es la baja fertilidad de sus suelos, donde la materia orgánica no alcanza ni al 0.5 %, y es un agroecosistema frágil por los cambios climáticos que están ocurriendo, cuyos efectos son la sequía. Los vientos que aceleran la erosión a estos suelos que en su generalidad son de textura gruesa.

El abono orgánico que antes se disponía en grandes cantidades por la enorme población de llamas que habían, hoy es escaso porque las familias campesinas han cambiado la vocación de sus suelos de

ganadera a agrícolas (cultivo de quinua), por los precios altos que logro tener el producto quinua en años anteriores y hoy se están pagando las consecuencias de este cambio.

La fuente de materia orgánica de la región es principalmente el estiércol de auquénidos, ovinos y bovinos y es escasa que no cubre los requerimientos mínimos de la planta ni del suelo, Además, este escaso recurso, está mal manejado, peor aún en esta región frígida, donde los animales siempre están en pastoreo durante el día solo en las noches están en corral, por otra parte, el frío del altiplano retarda su descomposición.

Existen tecnologías ya desarrolladas que demuestran que el estiércol distribuido en forma localizada junto a la planta aumenta rendimientos, por tanto, es necesario que el abono este descompuesto además granulado en partículas menores a un diámetro de 5 cm para su distribución mecánica con abonadora sea en el momento de preparación del suelo o en la siembra de este cultivo.

Para el logro de la situación deseada, es necesario la búsqueda de una técnica para el manejo del estiércol a fin de acelerar su descomposición en zonas frías, y lograr una buena granulación para ser distribuido con un equipo mecánico de forma localizada y dosificada durante la preparación del suelo o durante la siembra.

Una técnica identificada es el uso de activadores, para la aceleración de la descomposición del estiércol en zonas frías en tiempos breves y su granulación. Por eso es importante evaluar técnicas de dosificación de activadores en el estiércol de animales domésticos, así podría mejorar la descomposición rápida del estiércol y poderlos aplicar a los cultivos en el campo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Determinar la dosis optima de activador orgánico para acelerar el tiempo de compostaje y la granulación para su aplicación mecanizada al suelo en el cultivo de la quinua.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Determinar el tiempo de compostaje con diferentes dosis de activadores.
2. Evaluar el porcentaje de granulación del compost con diferentes dosis de activadores.
3. Evaluar la aplicación del estiércol con la maquina sembradora.
4. Socializar y capacitar a los agricultores en el uso y manejo del estiércol.

### **3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

#### **3.1 Activadores biológicos**

Chilón (2011), indica que los Activadores biológicos locales (ABL), son Sustancias orgánicas obtenidas de la fermentación o chicha de quinua, tarwi y otros cultivos andinos con un contenido proteico significativo, que aportan microorganismos para el proceso de compostaje, activando a los microorganismos presentes en el material inicial, responsables del proceso de descomposición.

El mismo autor, indica que Activadores biológicos convencionales (ABC) son sustancias resultantes del procesamiento de la leche caso yogur, suero de leche y también del aislamiento de microorganismos de levadura, que coadyuvan al proceso de compostaje.

FAO (1991), indica que los activadores son los que suministran una fuente de nutrición para acelerar la reproducción de microorganismos y por consiguiente la descomposición de la materia orgánica, y así elevando la temperatura de la pila del compost.

#### **3.2 Tipos de activadores biológicos**

##### **3.2.1 Yogur**

Los componentes del yogur cultivado a partir de leche de vaca entera, varían de acuerdo al tipo de leche, tiempo de cultivo y procedimiento.

##### **3.2.2 Levadura**

Las colonias pastosas corresponden a un grupo de hongos conocido como levaduras. Éstos son organismos unicelulares en algún momento de su ciclo de vida y se multiplican por brotación o fisión. Muchas especies tienen un teleomorfo ascomicético, algunas basidiomicético (Déak & Beuchat 1996, citado por Carrillo 2006).

##### **3.2.3 Suero de leche**

El suero de leche es una fuente de proteína de alta calidad, proveniente de la leche y es el subproducto del proceso de elaboración de queso. El suero de leche es un término colectivo que describe las proteínas solubles en la leche bovina en un ambiente de bajo pH, como existe durante la elaboración del queso, proceso que permite que se liberen las proteínas de suero de leche. En la actualidad, los productos alimenticios de consumo masivo están aprovechando las ventajas nutricionales de las proteínas de suero de leche, así como también su sabor neutro, funcionalidad y el creciente número de beneficios asociados para la salud de estos (Foots 2007).

### **3.3 Compost**

El compost es un abono orgánico pre-humificado, que resulta de la descomposición y transformación biológica aeróbica de residuos orgánicos de origen vegetal (restos y rastrojos de cosechas y malezas) y origen animal (estiércol fresco o almacenado), bajo condiciones controladas y de manejo apropiado, sobre todo en humedad adecuada y volteos frecuentes para facilitar el trabajo de las bacterias aeróbicas y los actinomicetos en la descomposición (Chilon, 2011).

Según García (1987), citado por Chino (2007), el compost es uno de los mejores abonos que se puede obtener en forma fácil, y que permite mantener la fertilidad de los suelos con excelentes resultados en el rendimiento de los cultivos. Así mismo el compost es el resultado de un proceso controlado de descomposición de materiales orgánicos, debido a la acción de diferentes organismos tales como bacterias, hongos, lombrices, ácaros, etc. en presencia de aire. El abono compostado es un producto estable que se llama humus.

#### **3.3.1. Proceso de compostaje**

Álvarez (2007), indica que el proceso de compostaje se define como una descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas como consecuencia de una producción biológica de calor, que da un producto final estable, libre de patógenos y semillas de malas hierbas y que aplicado al terreno produce un beneficio.

Según Bellapart (1988), el proceso de descomposición de la materia orgánica es llevado principalmente por microorganismos y a través de reacciones bioquímicas con desprendimientos de calor. A medida que la materia orgánica llega al estado final de descomposición, disminuye la temperatura, el desprendimiento de gases por la disminución de la actividad y el número de microorganismos.

#### **3.3.2. Importancia de la elaboración de compost**

Chino (2002), sostiene que el compost es una manera de aprovechar de forma más optimizada el estiércol producido por los animales, los restos de alimentos no consumidos por ellos, los restos vegetales de cultivos no aprovechados en su alimentación y las hierbas, arbustos y árboles nativos que se tienen en la región del altiplano.

Lorini (1982), citado por Mamani (2001), recomienda que, desde el punto de vista ecológico al alterarse los componentes biológicos, se alteran también los ciclos naturales, como la descomposición de la materia orgánica, microorganismos importantes en el ciclo mismo del nitrógeno, que fijan el Nitrógeno atmosférico a mineral utilizable por las plantas. Sugiere el uso del abono natural o humus artificial, según otros autores denominado compost, que tiene la propiedad de liberar paulatinamente los elementos nutritivos en proporciones considerables, incrementando naturalmente la fertilidad del suelo.

### 3.3.3. Clases de composteras

Según Chilon (2008), la elaboración de compost está determinada por las características ecológicas del lugar; clima, temperatura, humedad, así como de los insumos vegetales de la zona donde se fabricará el compost.

En el caso de zonas húmedas sub-tropicales, se recomienda la modalidad de compostaje alto relieve, esto para evitar los excesos de humedad y facilitar los volteos.

En el caso de zonas semiáridas, se recomienda la modalidad de compostaje bajo relieve o en pozas, esto para disminuir la pérdida de humedad por evapotranspiración, llenando en sentido vertical solo la mitad de la poza, para facilitar los volteos.

### 3.3.4. Parámetros esenciales para un óptimo proceso de compostaje

Según Dalzell (1991), la descomposición de la materia orgánica durante el compostaje es una situación cambiante en la que la temperatura, pH y disponibilidad de alimento varían. Los números y especies de organismos, también cambian durante el proceso. Estos incluyen el suministro de nutrientes, tamaño de partículas, contenido de humedad, firmeza estructural, aireación, agitación, acidez (pH) y tamaño de la pila.

**a) Tamaño de las partículas.** - Los microorganismos actúan degradando las partículas desde la superficie de las mismas. Si se incorpora el material más o menos triturado, afectará al proceso. Al estar más triturado, será mayor la superficie de contacto con el medio y las bacterias actuarán mejor. Pero el tamaño de las partículas no debe ser excesivamente pequeño, ya que afectaría a la porosidad de la pila, produciendo situaciones anaerobias y el exceso de partículas pequeñas puede llevar fácilmente a favorecer la putrefacción, lo que no es ideal para la producción de compost (Muñoz 2005).

**b) Relación carbono / nitrógeno.** - Para obtener un compost de buena calidad, se debe procurar un equilibrio entre los materiales que se utilizan, es decir entre aquellos ricos en carbono y ricos en nitrógeno. Se considera que la mezcla ideal para la fabricación de compost debe tener entre 25 y 30 veces más material rico en carbono que en nitrógeno, es decir una relación Carbono/ Nitrógeno de 30:1 (Koni 2007, citado por Mollinedo 2009).

**c) Humedad.** - El contenido de humedad de un compost es un factor crítico para conseguir un óptimo compostaje, los valores óptimos de humedad para una amplia gama de residuos orgánicos en una escala de 25 y 80%. Sin embargo, el contenido de humedad entre el 50 y 60%, son los más adecuados. Incluso contenidos del 45% o menos, pueden ser limitantes, por otra parte, un contenido de humedad excesivo en un compost, impide la difusión del O<sub>2</sub> a los organismos y como consecuencia un estado anaerobio del material con la posibilidad de emisión de olores (Amoda et al., 1998, citado por Miller 2004).

**d) Aireación.** - El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y la presencia o ausencia de aireación forzada (Alfonso 2010).

**e) Volteo.** - Dalzell (1991), indica, en sistemas de compostaje que están basados en el flujo natural del aire, las regiones centrales inferiores de la pila pueden no tener suficiente oxígeno puesto que la cantidad de aire que entra en la pila es inadecuada. En estos casos el volteo del material permite que el aire alcance estas áreas. El volteo permite también añadir humedad extra a la pila, en caso que fuese necesario.

**f) Temperatura.** - Para Cisterna (2004), citado por Mollinedo (2009), es el parámetro que mejor indica el desarrollo del proceso. De acuerdo con este parámetro, el proceso de compostaje se queda en cuatro etapas: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración. Cada grupo de microorganismo, tiene una temperatura óptima para realizar su actividad: criófila, de 5 a 15°C; mesófilas, de 15 a 45°C; termófilas, de 45 a 70°C; enfriamiento de 70 a 40°C y la maduración a temperatura ambiente.

**g) Reacción de pH.** - Según Ahumado (2005), el pH influye en el proceso debido a su acción sobre los microorganismos. En general, los hongos toleran un pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH = 6-7,5). El pH varía a lo largo del proceso, en la primera fase “mesófila”, puede bajar por la formación de ácidos, para volver a aumentar posteriormente, finalmente el pH disminuye en la fase final o de maduración.

**h) Población microbiana.** - El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos (Alfonso, 2010).

### **3.4 Efectos benéficos de la composta sobre el suelo**

Con el fin de que queden más claros los beneficios se pueden dividir en:

#### **3.4.1 Efectos físicos:**

- **Mejora la retención de humedad en el suelo:**

El uso de composta aumenta la permeabilidad del agua, así como su retención, ya que contiene sustancias húmicas que por su composición química son capaces de retener más moléculas de agua, lo que hace que el agua permanezca durante un mayor tiempo en el suelo y está disponible para la planta. La ampliación de composta retiene humedad hasta cuatro veces más (Trueba, 1996; Mugnai *et al*, 2007).

- **Mejora la porosidad del suelo:**

La composta fomenta la vida de los organismos como insectos y lombrices de tierra que forman galerías y grietas para donde se trasladan lo que tiene una acción positiva en la porosidad.

- **Mejora la estructura del suelo:**

La estructura del suelo está relacionada con su resistencia a la erosión, ya sea por lluvia, viento, etc. La materia orgánica evita que las partículas del suelo se disgreguen y pierdan su consistencia, o bien, que se encuentren de tal manera que esta facilite la permeabilidad (Labrador, 2002).

### **3.4.2 Efectos químicos**

- **El pH:**

La composta tiene una cualidad muy importante que se conoce como capacidad amortiguadora “buffer” o “tampón” que se puede entender como la capacidad de resistencia y recuperación que presenta el suelo ante cambios bruscos de acidez o pH del suelo. Esta característica es fundamental en los suelos agrícolas, por todo lo que lleva implícito sobre la vida microbiana, solubilidad, disponibilidad y toxicidad de los elementos nutritivos. (Capistran, 2001).

- **Capacidad de intercambio catiónico:**

Las sustancias húmicas que componen la composta tienen una alta capacidad de intercambio, esto aumenta la potencialidad para la absorción y el intercambio iónico del suelo. En consecuencia, el poder de retención de macroelementos como calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), sodio ( $\text{Na}^{+}$ ), potasio ( $\text{K}^{+}$ ), amonio ( $\text{NH}_4^{+}$ ), y otros aumenta lo cual se traduce en mayor disponibilidad de los elementos nutritivos presentes para el cultivo (Labrador, 2002).

- **Conductividad eléctrica:**

La salinidad se determina por medio de la conductividad. Igual que para la medición del pH, las sales solubles pueden ser determinadas por medio de los métodos de pasta saturada o volumétrica. La conductividad eléctrica nos proporciona información sobre las clases de sales presentes. Algunos cationes o aniones son nutrientes tales como Ca, Mg, Sulfato-s o  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Los contenidos elevados de sal de un compost afectan a la germinación de las semillas y al estado sanitario de las raíces. Los cultivos se diferencian mucho en cuanto a su tolerancia a sales (Alfonso, 2010).

- **Macronutrientes:**

Una de las mayores ventajas en el uso de la composta es su aportación de nutrientes sobre el suelo y la disponibilidad de estas para las plantas. La composta se considera un producto con alto contenido de nutrientes que varía dependiendo del material empleado para su elaboración; la disponibilidad de estos elementos dependerá del grado de maduración de la composta (labrador, 2002).

### **3.4.3 Efectos biológicos**

La composta no solo representa una fuente de nutrientes para las plantas, sino que es una fuente de alimento para todos los organismos que se desarrollan en el suelo, tanto para los microorganismos como para los macroorganismos, de tal manera que cuando existe una ampliación de composta en el suelo, esta fomenta su reproducción y desarrollo. Muchos de estos animales son benéficos para el desarrollo de las

plantas, tal es el caso de bacterias fijadoras de nitrógeno, que ayudan a la planta no solo a obtener el nitrógeno que necesitan sino en la forma que les sirve. Dichas bacterias se desarrollan en el suelo siempre y cuando las condiciones de humedad y nutrientes sean las adecuadas, lo cual a su vez se logra con un balance en el contenido de materia orgánica. El mismo caso se da para los macroorganismos como insectos y lombrices que ayudan a mantener las propiedades físicas como la porosidad y la estructura, importantes para el desarrollo de la planta (Klammer *et al*, 2008).

### **3.5 Madurez y calidad del compost**

La duración del proceso de compostaje es variable y dependerá de diversos factores tales como el sistema de compostaje utilizado, materiales utilizados, condiciones climáticas, manejos realizados entre otros (O’Ryan, 2007).

### **3.6 El estiércol**

El estiércol es el excremento de los animales (deyecciones sólidas y líquidas), que resulta del proceso de digestión de los alimentos que estos consumen, donde solo una pequeña parte es asimilado y aprovechado por su organismo, el resto (80%) contiene elementos nutritivos que son eliminados después de la digestión, por esta razón el estiércol tiene la capacidad de enriquecer los suelos, con esos elementos (SEMTA, 1989 y Guerrero, 1993).

#### **3.6.1 Clases de estiércol**

##### **a) Estiércol bovino**

Tiene una importante presencia de compuestos de lenta degradabilidad, su descomposición es lenta, pero contribuye altamente a la mejora de la estructura del suelo. Su efecto nutritivo puede equivaler en el primer año de su aportación hasta el 30% del N total presente y el efecto residual tiene importancia relevante después de varios años del cese de los aportes, en función del tipo de suelo, del clima, de las labores, de otros abonados y de los cultivos que se siembren además de presentar características fuertemente diferenciadas en función del sistema de cría. En general, se trata de un abono de eficiencia media en el curso del primer año y de buen efecto residual, aunque presenta gran variabilidad (Guerrero, 1993)

##### **b) Estiércol ovino**

Las principales ventajas que se logra con la incorporación de estiércol de ovino, es el aporte de nutrientes, sus propiedades oscilan entre las del estiércol bovino y la gallinaza; es el estiércol de riquezas más elevadas en N y K<sub>2</sub>O en comparación de los demás animales. El efecto sobre la estructura del suelo es mediano, la persistencia es de tres años, mineralizándose aproximadamente el 50% el primer año, 35% el segundo año y el 15% el tercer año (De León, 2001).

### 3.6.2 Composición del estiércol

El análisis físico químico de tres tipos de estiércol, sea bovino, ovino y camélido, demuestran que el estiércol de bovino tiene altos niveles de nitrógeno, fósforo y potasio total en comparación con el estiércol de ovino y camélido. Respecto a la materia orgánica Cepeda, (1991), indica que es mayor al de ovino e inferior al de camélido.

### 3.7 Distribución mecánica

Existen diferentes tipos de máquinas para distribuir el abono, el más conocido es el remolque distribuidor longitudinal: consiste, básicamente, en un remolque dotado de un sistema de distribución, acoplado a la toma de fuerza, que está constituido por el sistema de alimentación y los esparcidores. El sistema de alimentación suele estar constituido por un transportador de cadenas unidas por listones que avanzan a velocidad regulable. Los esparcidores son herramientas de fresa de distinto tipo, normalmente cilindros de eje horizontal.

Dejando aparte los riesgos higiénicos asociados al manejo del estiércol, que se abordarán en una sesión posterior, los remolques esparcidores poseen cuatro riesgos significativos: el de atrapamiento en alguna de los numerosos mecanismos móviles del remolque, el de proyecciones, el de cortes en operaciones de limpieza y el de aplastamiento asociado a un peculiar proceso de vuelco.

## 4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

### 4.1 Ubicación del área de ensayo en Cochabamba

El trabajo de evaluación se realizó en los previos de CIFEMA, ubicado en la av. Petrolera Km 4 entrada politécnico militar. (antigua carretera a Santa Cruz) zona la Tamborada, provincia cercada del departamento de Cochabamba, comprendido entre los paralelos 17°26'35" la latitud sud de 66°10'25" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud de 2565 m. s. n. m. aproximadamente.

### 4.2 Materiales e insumos

**Cuadro 1. Materiales e insumos utilizados**

| <b>Materiales, herramientas y equipo</b>                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Material biológico</b>                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Pala</li><li>- Picota</li><li>- Azadón</li><li>- Rastrillo</li><li>- Flexómetro</li><li>- Caretilla</li><li>- Plástico negro</li><li>- Maquina (abonadora)</li><li>- Tractor</li><li>- Termómetro</li><li>- Bolsas negras</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Activador biológico</li><li>- Estiércol</li></ul> |

## 4.3 Metodología

### 4.3.1 Actividades de campo en CIFEMA.

Para establecer los tratamientos se siguió los siguientes pasos:

- ✓ Limpieza del terreno para la elaboración del compost
- ✓ Preparación de las pilas de compost con estiércol y activador
- ✓ Preparación del activador antes de su aplicación.
- ✓ Evaluación de las variables de campo.
- ✓ Determinación de la eficiencia de aplicación mecanizada del compost.

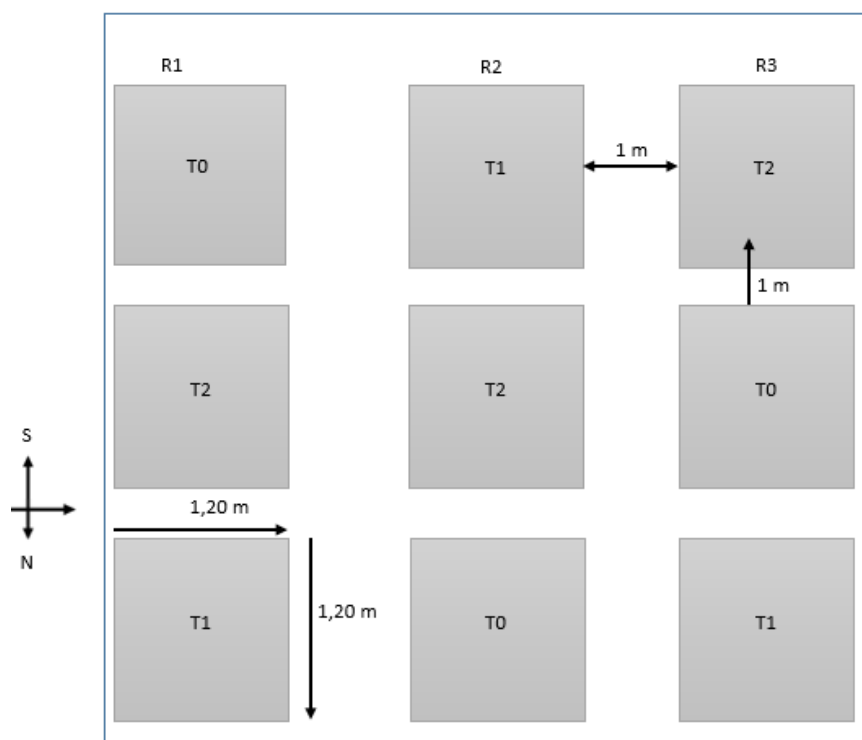
### TRATAMIENTOS

T0: Estiércol sin activador (Testigo)

T1: Estiércol + 1 Litro/m<sup>3</sup> de activador

T2: Estiércol + 2 Litro/m<sup>3</sup> de activador

### 4.3.2 Croquis del experimento



### 4.3.3 Proceso de elaboración de compost

- Paso 1. Se procedió a recolectar del módulo lechero de la FCAPyF, estiércol de vaca para su traslado a CIFEMA.



- Paso 2. Se preparó el activador a base de levadura, chancaca, yogur y agua. En un recipiente de 10 litros para luego pasarlo a una regadera con el cual se humedeció cada tratamiento de compost.



- Paso 3. Se marcó el terreno: 1,2 m x 1,2 m con yeso para cada tratamiento con sus 3 repeticiones, para luego proceder a esparcir el estiércol capa por capa.



- Paso 4 Se humedeció en forma homogénea cada pila con el activador según el tratamiento.



- Paso 5. Luego se tapó la pila con plástico para evitar el secamiento.



- Paso 6. Una vez listo el compost se realizó el cernido para determinar el porcentaje de granulación.



- Paso 7. Se sacó muestras para el análisis químico del compost
- Paso 8. Se aplicó el compost al suelo con la maquina sembradora

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Los resultados determinados en el tratamiento de abono

A fin de lograr su utilización con el equipo mecánico múltiple (EMM) se puede observar en el siguiente cuadro.

**Cuadro 2. Comportamiento químico y físico del abono**

| Tratamientos | pH  | CE<br>mS/cm | granulación<br>% | relación c/n | humedad<br>% |
|--------------|-----|-------------|------------------|--------------|--------------|
| T0           | 8.7 | 11.6        | 75/25            | 12/1         | 20.3         |
| T1           | 8.8 | 11.6        | 80/20            | 10/1         | 33.4         |
| T2           | 7.7 | 11.5        | 90/10            | 9.5/1        | 34,8         |

Como se observa en el cuadro comparativo el pH del abono mas bajo es del T2 de 7.7 muy cerca al neutro lo que conviene al cultivo sobre todo en el momento de la siembra, porque pH alcalino no deja germinar a la semilla.

La conductividad eléctrica medido en mili Siemens/cm (mS/cm) está relacionado con la concentración de energía. Si esta CE. se encuentra en su valor óptimo, la planta podrá nutrirse sin gastar apenas energía, en nuestro caso nuevamente el T2 tiene el mejor valor.

La relación carbono nitrógeno (C/N) se encuentra en su menor valor en el tratamiento T2 = 9.5/1 lo que nos indica que existe mayor descomposición del abono.

La humedad al momento de realizar estos análisis no existe mucha diferencia ente el T1 y T2 lo que nos muestra un buen contenido conservado de humedad, aunque para los requerimientos de la maquina esta debe tener entre 40 y 45 %.

El parámetro mas importante para el buen desempeño de la maquina abonadora es la granulación o sea el tamaño de gránulo optimo que debe ser menor a 4.0 cm de diámetro.

De manera general podemos indica que el T2 tiene un comportamiento mas acercado a los requerimientos de la máquina abonadora, esto demuestra que el activador aplicado como ayudador de la descomposición del abono es el de 2 litros por m3 de abono.

### 5.2 Eficiencia mecánica.

En campo cuando se trabaja con la máquina abonadora al momento de arar o sembrar no se tuvo problemas de atascamiento, que es su ocurrencia cuando el abono no tiene la granulación adecuada o cuando está muy húmedo. Estos dos aspectos físicos del abono deben ser tomados en cuenta al momento de aplicar este material al suelo y los rangos son: humedad del abono entre 40% a 45% y la granulación

no mayor a 5 cm de diámetro en su 100% para el cual se debe realizar un cernido previo de abono sea o no descompuesto.

## **6. CONCLUSIONES**

- Los activadores tuvieron su efecto en la descomposición del estiércol confirmado frente al tratamiento cero que es cuando no se utilizó activador.
- La máquina sembradora abonadora se desempeñó eficientemente en su distribución cuando la humedad del abono estuvo entre 40 a 45 %, seguido por una granulación no mayor a 5 cm de diámetro.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

Álvarez, J., 2007. Manual de compostaje para la agricultura ecológica. Consejería de agricultura y pesca, Junta de Andalucía. pp 22-23.

Billapart, C., 1988. Agricultura biológica en equilibrio con la agricultura química fertilización natural la agricultura del futuro, 1ra edición Editorial AEDOS, Barcelona España. pp 80-100.

Caro, V. et al. 1994. Materia Orgánica In Departamento de Suelos y Fertilizantes. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Pp 53 – 75.

Carrillo, E., 2006. Inoculación de microorganismos endógenos para acelerar el proceso compostaje de residuos sólidos urbanos Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Entre Ríos Paraná, Argentina. En línea, disponible en. [Biologia2@bioingenieria.edu.ar](mailto:Biologia2@bioingenieria.edu.ar)

Céspedes J.M. 1991. Química de Suelos. Editorial Trillas. Mexico D.F.

Chilón, E. 1997. Manual de Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas. Prácticas de Campo, Invernadero y Laboratorio. Ediciones CIDAT, La Paz – Bolivia. p 185.

Chilon, E., 2011. Compostaje altoandino, seguridad alimentaria y cambio climático. Facultad de Agronomía –UMSA, UCB-UAC Tiahuanaco, CIDES-UMSA, La Paz, Bolivia. pp 1-6.

Chino, R., 2007. Evaluación del compostaje de estiércol de bovino en alto relieve en la comunidad de Achaca Municipio de Tiahuanaco Universidad Católica Boliviana “San Pablo” Tesis de Grado La Paz, Bolivia. pp 20-25.

De Leon, CE. 2001. Respuesta agroeconómica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) a la fertilización con diferentes fuentes de materia orgánica en tres localidades del área papera de Quetzaltenango, en dos ciclos de cultivo (invierno – verano ) Tesis Ingeniero Agrónomo. USAC – CUNOC.

Fertisuelos – FAO. (1995).MIRADAS. Manejo de suelos y nutrición vegetal en sistemas de cultivos. Ediciones Sirena. Documento de campo N° 16. Cochabamba, Bolivia. p. 105.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. SNAG. Secretaría Nacional de Agricultura y Ganadería, 1983. Fertisuelos. Manejo de Suelos y Nutrición Vegetal en Sistemas de Cultivo. Impresión SIRENA. Bol. pp. 22- 27.

FAO 1991. Producción y uso del composte en ambientes tropicales y sub tropicales Publicación No 56, Roma, Italia. pp 86-88.

Foots, D., 2007. Propiedades de las proteínas del suero de leche. En línea, disponible en. [www.alimentacion.org.ar/index.php](http://www.alimentacion.org.ar/index.php)

Foth , H. 1986. Fundamentos de la ciencia del suelo. Segunda edición. Compañía Editorial Continental, S.A. Distrito Federal, México. 433 p.

Guerrero, B. J. 1993. Abonos Orgánicos. Tecnología para el manejo ecológico del suelo. Red de Acción en Alternativas del uso de agroquímicos (RAAA). Lima, Perú. pp. 22, 44-57.

Sánchez, R. (2003). "Abonos Orgánicos y Lombricultura". Primera impresión. Lima – Perú, 17 – pp