

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION**

En la actualidad se puede observar que la agricultura día a día adquiere mayor importancia, como factor principal para la supervivencia de la humanidad, en constante aumento. Es por esta razón, la producción de alimentos y el desarrollo del sector agropecuario, tanto en nuestro medio como a nivel mundial, deberán ser la primordial actividad de los gobiernos de turno, en el presente como en el futuro.

Los países altamente industrializados, últimamente se encuentran preocupados por el excesivo uso de fertilizantes químicos, a consecuencia que se ha comprobado que dichas sustancias, si bien aumentan el contenido de nutrientes en el suelo, paralelamente pueden provocar la destrucción de los microorganismos y en otras circunstancias, también ocasionar la muerte de los mismos, a consecuencia de este problema los agricultores tanto Europeos como Americanos, vienen restringiéndose el uso de dichos fertilizantes en las tierras agrícolas, y mas al contrario se incrementa el uso de los abonos naturales como el estiércol y el compost.

Aunque el abonamiento con materia orgánica bajo la forma de estiércol de ganado, es una de las prácticas más antiguas en agricultura solo en la últimas décadas se ha iniciado el estudio de la preparación comercial del compost mediante la conversión de los desechos urbanos e industriales en sustancias orgánicas húmicas. En este sentido la mayoría de los países de acuerdo con los adelantos de la ciencia, no solo utilizan fertilizante químicos, estiércol de las aves, guano de los animales, materia orgánica y desperdicios de las plantas, para mejorar y conservar la fertilidad de los suelos, sino también aprovechan las basuras que se recogen en las ciudades, procedentes de las calles, plazas, parques y casas.

Materiales que son de igual o mejor calidad que el estiércol que poseen las mismas propiedades para suministrar al suelo varios nutrientes esenciales y además mejorar

su estructura y otras propiedades físicas presentando una serie de ventajas tanto a los agricultores como a la población de índole higiénico-sanitaria, económico, agronómico y ecológico. Este proceso de transformación de las basuras en fertilizantes orgánico, ha dado origen a una industria muy importante en el campo agrícola, las basuras urbanas que además de afectar la estética de las poblaciones, de producir malos olores y causar otras molestias, constituyen el medio mas favorable para la subsistencia y proliferación de insectos y roedores, los que a su vez son vectores potenciales para la transmisión de enfermedades.

Actualmente la mayor parte de los países del mundo poseen plantas de elaboración de compost donde se obtienen dichos productos en grandes cantidades y a precios reducidos.

En nuestro país hasta el presente poca atención se ha prestado a este proceso de transformación de residuos en compost, en el Departamento de Cochabamba a través de la universidad Mayor de San Simón, se efectuaron experiencias relacionadas con este trabajo.

Por lo mencionado anteriormente, este trabajo pretende generar información, sobre los aspectos del proceso de transformación de las basuras urbanas en compost y los efectos de su aplicación en el cultivo de maíz, en este sentido, planteamos los siguientes objetivos.

### **1. Objetivos**

- Evaluar las características de 4 tipos de compost, elaborados a partir de residuos sólidos urbanos con adición de diferentes activadores.
  
- Evaluar la respuesta del cultivo de maíz a la incorporación de diferentes dosis de aplicación de cada tipo de compost.

## CAPITULO II

### REVISIÒN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. El compost en la agricultura

Howard (1985), se lo considera padre del empleo científico del compost, quien realizó los primeros ensayos de elaboración de abonos orgánicos, denominándolo procedimiento indore, que llevó a cabo en Hingatori Estate, una plantación de café de más de 200 acres en Kenia, África del sur, en este caso se aplicaron anualmente unas 3 ½ toneladas de compost por acre.

Costa y Antón, (1992), el compost, es el producto final obtenido mediante un proceso de descomposición biológica de la materia orgánica, en condiciones controladas de humedad y temperatura, que oscila entre 50 y 70°C, provocando, así, la destrucción de elementos patógenos y por tanto la total inocuidad del producto.

Pravia, M.A. (1969). En su acepción mas sencilla y en general los residuos son partes que quedan de un todo, de un cuerpo, luego que han sufrido un proceso de transformación natural o artificial que puede modificar o no sus características físicos-químicas y estructurales iniciales, en términos estrictamente físicos, los .residuos son consecuencia de la transformación de la materia y la energía .

Morales Yolanda Y Campos, (1993). En la actualidad existe la tendencia mundial del uso de métodos de la agricultura sostenible, disminuyendo el empleo de agroquímicos lo que contribuye a la protección del medio ambiente y del hombre, siendo su evaluación agroecológica favorable a la naturaleza.

Hermida, (1993). Indica que los residuos sólidos orgánicos producidos en la transformación de vegetales, en algunos casos pueden considerarse como subproductos si bien son aprovechables para elaboración de otros productos como en el caso del espárrago y el puerro en los que a partir del proceso principal de obtención

de producto entero se obtiene subproducto destinado a fabricación de tallos en conserva o congelados.

Mayea, (1992), La utilización de la fertilización biológica o de los biofertilizantes implica el manejo de microorganismos y organismos vivos para suplir en parte o totalmente los fertilizantes químicos utilizados en agricultura.

Cuba, (1991), La biotierra o compost, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo siendo una solución alternativa en la práctica agrícola mundial.

Jiménez, (1989). Indica que uno de los tipos de compost más conocidos es el producido a partir de Residuos Sólidos Urbanos: se realiza un aprovechamiento de la fracción orgánica fermentable separándola de los materiales no deseables, materiales cuya degradación biológica es difícil (plásticos, vidrio, etc.) y materiales que pueden aportar elementos tóxicos (metales férricos y no férricos, productos químicos, etc.) cuya asimilación por parte del cultivo receptor represente un riesgo potencial para a salud.

Lázaro Arauzo, (1994). Indica que existe una gran variedad de procesos aerobios y anaerobios de interés industrial en los que se tratan diferentes sustratos con diversas especies de microorganismos, tanto en cultivos puros como poblaciones mezcladas. Entre ellos destacan la digestión anaerobia para la producción de biogás y la fermentación alcohólica para obtener bioalcohol, transforman mediante hidrólisis en glucosa, que por fermentación se convierte en combustible (etanol); aunque hoy en día la generación de residuos sólidos en la industria de transformados vegetales no es un problema de primer orden, sí que existe un interés y preocupación por lograr un mejor aprovechamiento de los productos y subproductos.

Clary. (1975), indica que la municipalidad de Berkeley en EE.UU. cuenta con un interesante programa de elaboración de compost, el mismo que consiste en amontonar

los desechos de plantas, provenientes de los parques. El público para depositar sus desechos vegetales, paga 50 centavos de dólar por cada medio metro cúbico que ocupa, pero a la vez se beneficia con el uso de grandes cantidades de compost sin costo alguno, por su parte la municipalidad también se beneficia con el ingreso económico cerca de treinta y cuatro mil ochocientos cincuenta dólares por año.

Villarreal, (1987), da a conocer trabajos realizados en los años 83-84, en cuanto a la producción y a la aplicación agrícola de compost de residuos sólidos urbanos, por diferentes instituciones del Departamento de Cochabamba.

El Centro de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos "Las Lomas" inició su actividad en febrero del año 1993, con una planta de separación y recuperación de materiales reciclables procedentes de la bolsa de restos, y otra de compostaje de la materia orgánica contenida en estos últimos. Posteriormente, en diciembre de 1995, se construyó una planta de valorización energética de rechazos, que comenzó a funcionar a régimen de explotación en mayo de 1997.

Este Centro constituye la primera experiencia de tratamiento integral de residuos urbanos llevada a cabo en España. Dispone de una capacidad de tratamiento de 1.200 toneladas diarias, lo que supone aproximadamente un tercio de los residuos generados diariamente en Madrid (ver anexo N° 49).

Howard. (1985), el método Howard conocido también como procedimiento indore, consiste en mezclar desperdicios vegetales y animales con tierra y agua, ya que los materiales vegetales, al descomponerse solos son siempre ácidos, para contrarrestar esta acidez, debemos mezclar los residuos vegetales y animales y combinarlos con una base, como por ejemplo, tierra mezclada con cal y ceniza de madera, hay que manipular los materiales en forma tal, que los microorganismos que desintegran la materia fresca puedan trabajar eficazmente y también para evitar que se produzcan

condiciones que originan la formación de organismos indeseables que provoquen la putrefacción en compost.

Entre los aspectos que se tienen que tomar en cuenta para la preparación de compost tenemos.

## **2.2. Factores que influyen en el proceso de formación del compost.**

### **2.2.1. Características del tamaño de las partículas.**

Villarroel (1987), indica que el picado o desmenuzado de residuos sólidos, es un factor importante para obtener una descomposición rápida y uniforme, los mismos que se pueden realizar mediante medios o manuales, como ser las cuchillas para obtener partículas de tamaño uniforme y convenientes que faciliten el trabajo de microorganismos para desdoblar los residuos sólidos y convertir en compost, el tamaño adecuado del material es de 5-10 cm.

### **2.2.2. Composición química del compost.**

Villarroel (1987), compara el compost de basuras urbanas de Cochabamba con los resultados del compost de basuras urbanas de México, Suiza e Italia, se observa lo siguiente.

- El compost de basuras urbanas de Cochabamba presenta un menor contenido total de materia orgánica, orgánica,  $P_2O_5$ , Ca, Zn y Cd, puede ser debido a la menor actividad industrial local y el menor uso de plásticos de coloides, en cuanto al fósforo, se puede señalar que es probable que este sea bajo todo el ciclo biológico de la región (suelos pobres en fósforo, plantas y frutos con bajo contenido de fósforo), tiene un contenido relativamente elevado de nitrógeno en comparación con los otros compost, el alto contenido de  $K_2O$  total en el compost de Cochabamba puede ser debido a la incorporación de

cenizas en la basura y el alto contenido de potasio en los suelos del departamento, comparando con el compost con fuentes de estiércoles locales como gallinaza, bovino, camélidos, llama y un abono orgánico concentrado Wajra abono.

Thompson (1985), afirma que el nitrógeno proteico se encuentra en forma de grupo amino (NH<sub>2</sub>), en el proceso de descomposición pasa a la forma de amoníaco (NH<sub>3</sub>), por acción de los enzimas producidos por los microorganismos a través de un proceso que se conoce con el nombre de amonificación, de todo esto se deduce que a mayor cantidad de microorganismos, habrá mayor producción de nitrógeno; cuando la relación C/N, se va reduciendo hasta llegar al orden de 17:1, determina la presencia de mayor cantidad de nitrógeno del requerido.

**CUADRO N° 1**  
**Composición química del compost**

<b>Elementos</b>	<b>Concentración (p.p.m)</b>	<b>Porcentaje</b>
Nitrógeno	13.000,00	1,30
Fósforo	2.600,00	0,26
Potasio	9.700,00	0,97
Carbono	27.000,00	27,30
Calcio	46.000,00	4,60
Magnesio	6.000,00	0,60
Sodio	4.595,00	-
Cobre	312,00	-
Manganeso	442,00	-
Contenido de humedad	-	40,00

FUENTE: Calderón Q. M. (1987), Trabajo de grado.

### **2.2.3. Relación carbono/nitrógeno C/N.**

Sinden (1987), explica que durante el proceso de oxidación biológica gran parte de la materia orgánica es convertida en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, durante este periodo puede destacarse un olor a amoníaco, esto ocurre cuando no existe suficiente carbono, situación que puede presentarse, por ejemplo, cuando la relación C/N fuera demasiado baja, en caso de presentarse estas condiciones, parte de nitrógeno puede ser eliminado en forma de amonio al medio ambiente, en perjuicio para los microorganismos que lo utilizarían para la síntesis de proteínas.

### **2.2.4. Humedad.**

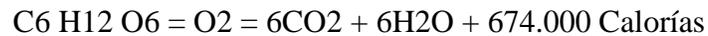
Kortleven (1981), indica que la humedad óptima fluctúa entre los 50-60 %, cuando el preparado a concluido, el contenido de humedad debe ser reducido para facilitar su manejo, la materia orgánica se descompone rápidamente cuando el contenido de humedad, está por debajo del 50% del peso de la pila, por el contrario si el contenido de humedad sobrepasa del 60% el proceso tiende a convertirse en anaeróbico lo que determina que las basuras se descomponen más lentamente y además desprenden olor nauseabundo desagradable.

### **2.2.5. Temperatura**

Rodale (1986), indica que se necesitan condiciones adecuadas para su trabajo, en cuanto la pila está formada, se inicia una fuerte fermentación y la temperatura se eleva hasta unos 160° F, se mantiene a este nivel durante un tiempo y luego desciende gradualmente a 90° F, a medida que varía la temperatura, entran en acción distintos tipos de microorganismos, hay ciertas especies se las llama termòfilas que resisten a temperaturas muy altas y muchos grupos de actinomicetes se desarrollan con temperaturas superiores a 150° F, la energía que se libera en el metabolismo por

oxidación de los glúcidos se realiza principalmente en forma de calor, elevando la temperatura hasta valores entre 60 y 70°C.

#### **Oxidación aeróbica completa**



#### **Oxidación anaeróbica completa**



Cuando la oxidación es baja se debe transformar una mayor cantidad de sustrato para liberar la energía requerida por los microorganismos, el aumento de temperatura se realiza más fácilmente con abundancia de oxígeno, la fermentación mesofílica tiene un límite de 50° y de 50-70°C, para la termofílica, por lo tanto se da por terminada la fermentación cuando la temperatura desciende de los 50°.

#### **2.2.6. Acidez.**

Rodale (1986), afirma que se agrega cal a la pila de compost con el objeto de mantener la alcalinidad adecuada, en esta forma, los microorganismos del suelo pueden desempeñar su función de descomponer la materia; también ayuda a fijar el nitrógeno convirtiendo compuesto volátiles en otros estables, la cal proviene principalmente de una clase especial de roca calcárea, es una de nuestras rocas más comunes, cuando a la cal apagada o hidrato de calcio, no debe usarse en la pila, a no ser que no se disponga de piedra caliza molida y en ese caso es mejor usar ceniza de madera.

### **2.2.7. Aireación**

Rodale (1986), una vez que el foso está lleno, se da vuelta, para que los residuos más frescos vayan al fondo, luego se coloca una delgada capa de estiércol, compost o turba encima y se procede en la misma forma que en las pilas comunes, formando los agujeros de ventilación y cubriéndolo con una arpillera, cinco semanas después se da otra vuelta, esta vez sin tomar los agujeros, un mes después estará listo para ser aplicado.

### **2.2.8. Microorganismos**

Rodale (1986), el suelo no es como suponen muchos, una sustancia muerta, inerte, tiene mucha vida y dinamismo, rebosa de bacterias, actinomicetes, hongos, levaduras, protozoarios, algas y otros organismos diminutos, todas son plantas microscópicas a excepción de los protozoarios que presentan la vida animal, en conjunto, se hace referencia a estas plantas y animales inferiores como la vida biológica del suelo; la población microbiana del suelo se concentra principalmente en las cuatro o cinco pulgadas superiores, donde se encuentra la mayor parte de la materia orgánica de que se alimenta, al llegar a la profundidad de tres pies, probablemente solo se encontraran de treinta a cuarenta mil bacterias por cada gramo de suelo, mientras que en la parte superior alcanzan a miles de millones en un suelo muy fértil.

Parra, (1980), indica que los microorganismos identificados durante el proceso de compostaje, son los mismos que existen en forma natural en el suelo formando un grupo facultativo de bacterias, actinomicetes y hongos, que descomponen los desperdicios orgánicos hasta obtener un residuo relativamente estable y rico en humus que es una especie de fertilizante orgánico, llamado compost.

### **2.2.9. Sistema de fermentación de residuos sólidos**

Baccari (1978), fue el primero que aplicó el tratamiento industrial de las basuras urbanas en cámaras cerradas pero el sistema tiene el inconveniente de producir una fermentación lenta y con ello costosa además de originar desagradables olores por los gases que desprende, para obviar estos inconvenientes, se acuden modernamente a inyectar aire a presión a través de la masa a fermentar, lográndose con ello reducir notablemente el plazo de la fermentación.

#### **- Sistema bonamici**

Prevot (1984), se basa en provocar fermentaciones aeróbicas dirigidas y aceleradas por la adición de cultivos microbianos activados previamente y preparados, el procedimiento es el siguiente; una vez separados de la basura los elementos no fermentecibles es pasado por molinos trituradores que la dividen en trozos no superiores de cinco centímetros, a la salida de estos la masa es humedecida para que su contenido de agua oscile entre 50-70 %, agregándole a continuación el cultivo microbiano encargado de activar su fermentación y conduciéndolas por correas sin fin a las cámaras de fermentación se inyecta aire a presión, que incluso puede ser aire caliente, al cabo de 7-10 días se logra por este procedimiento transformar la basura en abono orgánico.

### **2.3. La elaboración de compost**

Rodale, (1986), Indica que dentro de lo posible, elija un lugar sombreado, donde es inevitable una ubicación expuesta al sol, conviene cubrir las pilas con una capa de paja o heno; un sitio ideal es el que tiene una pared al norte de las pilas y abrigo contra el viento hacia el Este y el Oeste, un viento fuerte puede detener la fermentación en los costados mas expuestos de la pila, disponga las pilas en forma mas ordenada y prolija posible con espacios para caminar, entre y alrededor de las

mismas, debe haber lugar para un tractor o camión; elegir un lugar alto donde el agua escurra fácilmente, porque de lo contrario, el agua de lluvia se inunde las pilas.

### **2.3.1. Inicio**

Howard (1985), Indica que se debe eliminar el césped en el lugar que formara la pila, para que las bacterias del suelo tengan contacto inmediato con los materiales, la masa de pasto forma una capa ácida e impide que hasta las lombrices entren a la pila. Algunas personas hacen una excavación de cinco a seis pulgadas de profundidad, otros hacen posos de 30 pulgadas, en general esto conviene en climas ligeramente fríos y de mucho viento, porque evita que se reseque la pila, donde se forma directamente sobre el pasto, este desaparecerá, de modo que cuando se haga la próxima pila en el mismo lugar, ya se contará con una base de tierra, sin embargo conviene eliminar primero.

### **2.3.2. Materia verde**

Howard (1985), Indica que en esta categoría esta comprometida toda la materia vegetal como ser hojas, yuyos, pasto cortado, resto de cerco, algas marinas, paja y heno en malas condiciones, residuos de verdura de cocina, residuos de cereales, de poda de jardín, aserrín ( no mas del 5% de la pila ), hoja de tè, borra de café y cualquier otra clase de vegetales que pueda obtener.

### **2.3.3. Materia resistente**

Howard ( 1985 ), Indica que en ciertas clases de materia vegetal son duras y no se desintegran con la misma rapidez que otras, los tallos de maíz por ejemplo, hay que picarlos.

### **2.3.4. Construcción**

Howard (1985), Indica que el tamaño de las pilas depende del destino que se le dará, es decir, para cultivos o jardines y de la superficie por abonar, hágalas lo más grande posible, siempre dentro de lo razonable y cuanto mas chica mas rápido detienen la fermentación las fuertes lluvias; una pila grande siempre es mejor que varias chicas, no pueden establecerse reglas rígidas en cuanto al tamaño, salvo de que, cuando son muy angostas, se secan muy pronto y en las excesivamente grande no puede penetrar el aire hasta el interior, por esto el ancho mínimo debe ser de 1.52 metros y el largo de 3.66 metros aproximadamente, el largo puede ser opcional.

### **2.3.5. Volteo de pilas**

Howard (1985), indica que en tres semanas después de formadas las pilas, se dan vueltas de modo de lo que esta afuera pase al interior, así cada partícula de materia orgánica tiene oportunidad de sufrir la acción del calor, la fermentación y la descomposición que desarrollan las bacterias sobre todo en el centro de la pila, cinco semanas después, se da vuelta nuevamente.

### **2.3.6. Activadores químicos**

Prevot, (1984), indica que la levadura seca de cofuna esta constituida de bacterias anaeróbicas y microorganismos celulolíticos y diferentes fijadores de nitrógeno, las esporas de dichos grupos son, *plectridium spumarum*, *plectridium celluloticum*, *caduceus celulosae solvens*; existen otras sustancias nutritivas que liberan oxígeno y que contienen a la vez bacterias, que pueden a la vez acelerar la descomposición de los residuos vegetales en compost. Los cultivos donde hay déficit de abono animal, un compost bien elaborado en sustituto complejo y la introducción del activador Q.R. (Quik-Return), en forma manual o mecánicamente en las pilas de compost no

solamente es acelerador de la velocidad de descomposición de residuos vegetales, sino también efecto en el incremento de contenido de nitrógeno.

Se recomienda el uso de activadores químicos, entre ellos de las sustancias más dañinas, como el sulfato de amonio (que causa la muerte instantánea de lombrices) la cianamida cálcica, nitrato de sodio, Urea, superfosfato, etc, todos los argumentos en contra del uso de productos químicos directamente en la tierra, se refieren igualmente a su uso en la pila de compost, al recomendar su empleo, solo se recalca la obtención de fuertes rendimientos de los cultivos sin tener en cuenta la calidad, la resistencia a enfermedades y otros factores importantes.

### **2.3.7. Procesos en la formación de compost.**

Rodale (1986), indica que la preparación de compost es un arte mas que una ciencia, hacerlo en forma mecánica, siguiendo simplemente las reglas, no solo no da ningún placer, ante todo debemos comprender que se trata en un proceso en que las bacterias, los hongos y otros organismos microscópicos desempeñan el papel principal; si bien producen alteraciones químicas en la pila es un proceso esencialmente biológico.

Parra (1980), los microorganismos identificados durante el proceso de elaboración del compost son los mismos que existen en forma natural en el suelo, es decir son grupos facultativos de bacterias, actinomicetes y hongos que descomponen los desperdicios orgánicos hasta obtener un residuo relativamente estable y rico en humus, que es una especie de fertilizante orgánico llamado compost.

De Nardo (1982), propone el sistema de Bioconversión, en este sistema se considera la basura como valiosa materia prima y no como algo descartable, basta con descomponer las basuras de forma tal que la fracción orgánica biodegradable sea destruida por los ataques microbianos, una vez acabada la fermentación, la fracción orgánica es reducida al estado de pequeñas partículas y entonces se puede cernir sin

dificultad separando los elementos difícilmente biodegradables que hayan quedado enteros, como vidrios, metales y plásticos, etc.

## **2.4. Efecto del compost en el mejoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo y fisiológicas de las plantas.**

### **2.4.1. Efectos físicos**

- Mejora la estructura del suelo, que comprende su granulación, la impresión que produce al tacto y aumenta el espacio poroso.
- Aumenta la capacidad de retención de agua, se estima que aumenta de 20-50%, la capacidad suelo para absorber y retiene el agua de lluvia.
- Impide la erosión del suelo y reduce el peligro de inundaciones.
- Evita el endurecimiento de la tierra superficial por las lluvias torrenciales, cuando el suelo es duro y tiene mala estructura, el impacto de una lluvia fuerte crea una costra superficial.
- La tierra se puede arar mas hondo sin peligro, la capa del suelo superficial se hace mas porosa y se puede arar a mayor profundidad.
- No hay peligro de piso de arado.
- Las máquinas pesadas no endurecen tanto el suelo, un suelo orgánico tiene elasticidad que le permite volver a su lugar una vez que desaparece el peso.
- El suelo tiene mayor aireación, esto es bien evidente y uno de los requisitos de mayor importancia para la fertilidad optima.
- Aumenta la temperatura del suelo, los suelos obscurecidos por el humus, absorben el calor con más rapidez.
- Aumenta la capacidad de retención del aire.
- Aumenta el drenaje interno.

### **2.4.2. Efectos químicos**

- Aumenta la capacidad de absorción de nutrientes.
- Aumenta la solubilidad de los fosfatos insolubles.
- Permite una quelación de los micro elementos
- Aumenta el intercambio de iones.
- Suministro de alimentos nutritivos orgánicos para los microorganismos.
- Eleva el pH del suelo.

### **2.4.3. Efectos fisiológicos**

- Influye sobre el metabolismo.
- Germinación óptima de semillas.
- Mayor es la asimilación de nutrientes por la planta.
- Carencia de enfermedades en las plantas en suelos ricos en materia orgánica.
- La absorción de solutos y síntesis de sustancias orgánicas son estimuladas.

## **2.5. Niveles de compost**

Villarroel (1985), considera una abonación orgánica de estos cultivos que fluctúa entre 5-10 Tn/Ha, la demanda de abono orgánico así estimada, será difícilmente satisfecha solamente con la producción avícola y pecuaria; de acuerdo con los resultados el compost de basuras urbanas aplicado en los niveles de 8, 16 y 32 Tn/Ha, produjo una tendencia a incrementar rendimientos en el cultivo del haba ( primer cultivo) y similar efecto en el maíz y trigo (cultivos residuales), un incremento significativo del compost de basuras urbanas, en el primer cultivo se observa a partir de 32 Tn/Ha, y en los cultivos residuales con la aplicación de 100 Tn/Ha, de compost de basuras urbanas, estos resultados, indican la necesidad de aplicar el compost a niveles altos si es que se quiere obtener respuesta inmediata de cultivos agrícolas.

## 2.6. Origen del cultivo de maíz

Wilkes, (1985). Las varias teorías relacionadas con el centro de origen del maíz se pueden resumir de la siguiente forma.

- **Origen Asiático**, el maíz se habría originado en Asia, en la región del Himalaya, producto de un cruzamiento entre *Coix* spp. y algunas *Andropogóneas*, probablemente algunas especies de sorghun.
- **Origen Andino**, el maíz habría originado en los altos andes de Bolivia, Ecuador y Perú, la principal justificación para esta hipótesis fue la presencia del maíz reventón en América del sur y la amplia diversidad genética presente en los maíces Andinos.
- **Origen Mexicano**, muchos investigadores creen que el maíz se habría originado en México donde el maíz y el teosinte han coexistido desde la antigüedad y donde ambas especies presentan una diversidad muy amplia.

## 2.7. Producción de maíz en Bolivia

En Bolivia, el cultivo de maíz grano representa 50% del total de producción nacional de cereales, la producción de maíz esta destinada esencialmente al mercado interno, se mantiene un nivel modesto de exportación a los países andinos , la producción pasó de 500 mil TM durante 1990/91-94/95 a 607 mil TM durante 1995/96-1999/2000, la mayor parte de la producción de maíz grano se encuentra en los Departamentos de Santa Cruz y Chuquisaca, en ambos casos los productores los productores son considerados pequeños agricultores con superficies no mayor a 15 hectáreas, División estadística Maca (1985).

El mayor demandante de maíz duro es la Industria avícola que esta concentrada en Cochabamba y Santa Cruz , la estación de mayor dinamismo

para la compra y venta de maíz corresponde a diciembre y enero, sin embargo los precios mas altos pueden encontrarse en agosto y septiembre.

## CUADRO N° 2

### Producción y superficies cultivadas de maíz por departamentos

Departamento	Superficie ha	Producción tn	Rendimiento kg/ha
STA CRUZ	103,758	193,869	1,868
CHUQUISACA	73,011	105,115	1,440
COCHABAMBA	66,576	94,305	1,416
TARIJA	49,835	83,736	1,680
POTOSÍ	20,301	29,736	1,465
LA PAZ	16,787	18,552	1,105
BENI	13,613	20,902	1,535
PANDO	4,830	7,685	1,591
ORURO	218	38	174

Fuente.- División estadística Maca (1985)

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Características de la zona del experimento

El área esta delimitada de acuerdo a características físicas y localización espacial con relación al área urbana que influye en la región (Bermejo), se encuentra situada al extremo sur de la provincia Arce del Departamento de Tarija, en los 22° 50' de Latitud sur y los 64° 05' longitud Oeste aproximadamente, limitando al Norte con la provincia Gran Chaco y parte de la provincia Arce, al Sur, Este y Oeste con la república Argentina.

El clima predominante en la región es de tipo húmedo – sub húmedo, las temperaturas medias mensuales varían de 12,65 °C a 29,50 °C, entre julio a diciembre y de 28,70°C a 12,65°C, entre enero a junio, habiéndose registrado la máxima extrema de 45,70°C, en octubre de 1997, y la mínima extrema de – 4,0°C, en agosto de 1978, la temperatura media es de 22,14<sup>a</sup>. Las lluvias en el área tienen un promedio anual de 1260 mm, distribuido en su mayor parte entre los meses de noviembre-abril; la humedad media anual es de 71%, en cuanto se refiere a los vientos el área es considerada como una zona calmada, por la poca influencia de vientos, esta predominancia de periodos de calma en los centros de presión alta y además por la influencia de su topografía que por las irregularidades del terreno, hace que los vientos se desvíen produciendo zonas de calma, durante los meses de julio y agosto se registran las épocas de mayor influencias de corrientes de viento con un total de 29% y una velocidad de 7 nudos de origen, el área esta conformada por un bosque semixerofítico como especies forestales de porte medianamente alto a bajo que se caracteriza por tener poca actividad fisiológica en la época seca del año (mayo-noviembre).

## **3.2. Materiales de campo**

### **a.- Preparación del compost**

#### **3.2.1. Residuos sólidos**

Los residuos sólidos recogidos de la ciudad de Bermejo, materia prima para la elaboración de compost, en cuya composición se encuentra de manera preponderante los desechos de frutas, legumbres, alimentos y otras sustancias fácilmente degradables, las mismas son recogidas por el personal del Gobierno Municipal de Bermejo.

#### **3.2.2. Herramienta**

Entre las herramientas que se usaron para la elaboración de compost tenemos, machetes, azadón, pala, picota, carretilla, guantes de cuero, mascara antigas, zarandas.

#### **3.2.3. Cal**

La agregación de cal a las trincheras se realizó por capas, las mismas estaban distribuidas cada 20 centímetros, mientras que la capa ocupaba aproximadamente 0.1 centímetro del total de cada capa, la adición de cal a los residuos sólidos se realizó con el fin de controlar la acidez.

#### **3.2.4. Tierra vegetal**

La aplicación de tierra vegetal a las diferentes capas de las trincheras fue de 1.5 cm por cada capa, esto se realizó con la finalidad de incorporar microorganismos para acelerar la descomposición de los residuos sólidos.

#### **3.2.5. Activador orgánico**

Como activador orgánico se utilizó la gallinaza, se aplicó una cantidad de 100 Kg por trinchera, que fue distribuido en forma conjunta con los residuos sólidos, a cada una de las capas de las trincheras.

### **3.2.6. Activador químico**

Como activador químico, se utilizó Urea y 18-46-00, en una cantidad de 25 Kgr cada uno, en diferentes calicatas, los mismos que se distribuyeron en forma conjunta con los residuos sólidos.

### **3.2.7. Material vegetal**

Como materia vegetal se utilizó gramíneas como setaria (*setaria viridis*), grama bermuda (*cynodon dactylon*), saitilla (*bidens pilosa*), que tienen como características de tener un tallo cilíndrico, en cuyo interior se encuentra aire, elemento esencial para que se lleve a cabo la fermentación aeróbica, ya que al no existir aire en el interior de la trinchera donde se encuentra los residuos sólidos, se produce la fermentación anaeróbica.

### **b.- Material utilizado en la implementación del cultivo de maíz**

#### **3.3. Semilla**

La semilla utilizada para la siembra fue de maíz var. 8 rayas, se adquirió de la ciudad de Oran Republica Argentina, variedad recomendada para climas subtropicales cuyas características sobresalientes son mazorcas grandes, delgadas, con tusa de color blanco, granos grandes y redondos de color blanco, con 8 hileras de grano, de ahí el nombre de la variedad.

#### **3.4. Material de laboratorio**

##### **- Termómetro**

El termómetro que se utilizó para realizar este trabajo, tiene una precisión de  $+110^{\circ}\text{C}$  y  $-10^{\circ}\text{C}$ , instrumento esencial para el control de la temperatura en el interior de la trinchera y determinar el inicio y final de este proceso.

### **3.5. Métodos**

#### **3.5.1. Elaboración de compost**

La metodología utilizada en la elaboración de compost, es de trincheras, que consiste en la excavación de trincheras, en este caso con las dimensiones de 5 metros de largo por un metro de ancho y un metro de altura, lo cual hacen un volumen de 5 m<sup>3</sup> (cinco metros cúbicos), los mismos que fueron llenados con material de acuerdo al tratamiento de cada trinchera.

#### **3.5.2. Características de las trincheras**

La superficie del terreno ocupado por las trincheras, fue de 85 metros cuadrados, mientras cada trinchera tenía un volumen de 5 metros cúbicos, de acuerdo a las dimensiones que son, largo 5 metros y de ancho un metro y una altura de un metro.

#### **3.5.3. Limpieza del terreno y excavación de las trincheras**

La limpieza del terreno se realizó manualmente, ya que el terreno estaba con cultivo de caña de azúcar, luego se realizó una nivelada del terreno y el trazado correspondiente de acuerdo a las dimensiones mencionadas anteriormente, para continuar con las excavaciones de las trincheras.

#### **3.5.4. Recepción de residuos sólidos**

El Gobierno Municipal de Bermejo, es la responsable de recoger y posteriormente llevar al botadero de residuos sólidos de la ciudad de Bermejo, este sistema abarca un 90% de la población, que está dividida en cuatro distritos, los mismos son recogidos en volquetas, las cuales se encargaron de depositar en el lugar donde fue procesado previo a la selección y picado de residuos sólidos de acuerdo al volumen que trajeron las volquetas por cada trinchera se utilizó aproximadamente 6 volquetas las cuales su

capacidad es de cuatro cubos, haciendo un total de 24 cubos por trinchera, obteniendo un porcentaje de aprovechamiento de un 20.83 %, considerando que el saldo fue desechado por no contener material orgánico necesario para la preparación del compost.

### **3.5.5. Composición de los residuos sólidos**

La composición de los residuos sólidos, se lo clasifica en material orgánico e inorgánico.

### **3.5.6. Selección de residuos sólidos**

La selección de residuos sólidos se realiza separando el material orgánico del inorgánico, el material orgánico se pica e incorpora a la trinchera para su posterior descomposición, desechando todo el material inorgánico, donde se observo papeles, cartones, plásticos, vidrio, etc.

### **3.5.7. Picado de residuos sólidos**

Entre los materiales que se picaron tenemos, la chala de choclo, restos vegetales, reduciendo a un tamaño aproximado de 5-10 centímetros, para luego proceder a la incorporación de este material a las trincheras, para su posterior tratamiento y descomposición.

### **3.5.8. Llenado de residuos sólidos a las trincheras**

#### **3.5.8.1. Primer tratamiento**

El llenado de residuos sólidos a la primera trinchera o tratamiento número uno, fue de la siguiente manera, una vez seleccionado el material orgánico se procedió al llenado por capas, las mismas que fueron cinco, de 20 centímetros cada una, a la capa inferior, se puso 4 centímetros de espesor de restos vegetales, luego 13 centímetros de residuos sólidos, 0.1 cm. de cal, 1.5 cm. de tierra vegetal, 1.4 cm. de

restos vegetales, hasta alcanzar una altura de un metro, una vez llenada la trinchera, se la cubrió con tierra vegetal, es de hacer notar que en este tratamiento no se adicionó activador.

#### **3.5.8.2. Segunda tratamiento**

El llenado de la segunda trinchera, se utilizó como activador a la gallinaza, la cual se esparció en la capa junto con los residuos sólidos, el procedimiento es el mismo del tratamiento I.

#### **3.5.8.3. Tercer tratamiento**

En el tercer tratamiento se utilizó como activador un producto químico, UREA, ( 46-00-00) el mismo se esparció en forma conjunta con los residuos sólidos, el procedimiento de incorporación de material orgánico a la trinchera es el mismo del T1 y T2.

#### **3.5.8.4. Cuarto tratamiento**

En el cuarto tratamiento, se utilizó como activador del proceso de descomposición el producto químico 18-46-00, el cual se mezcló con los residuos, el procedimiento es mismo de los tratamientos, T1, T2, T3.

### **3.6. Observaciones y registros**

#### **3.6.1. Humedad**

Se aplicó los riegos correspondientes de acuerdo al requerimiento de cada uno de los tratamientos.

### **3.6.2. Temperatura**

El control de la temperatura, en el interior de las trincheras, se realizó colocando el termómetro, registrando lecturas diarias en las trincheras, a diferentes alturas de las trincheras.

### **3.6.3. Volteos**

Se realizó 10 volteos desde el inicio hasta la obtención del compost en los tratamientos T1, T2, y T4, mientras que en el T3 se realizaron 8 volteos, ya que en este tratamiento se obtuvo en menor tiempo el producto final que es el compost.

### **3.6.4. Disminución del volumen de compost**

La disminución del volumen del compost en las trincheras, se observó luego de la aplicación de los riegos y volteos correspondiente, desde el momento que empezó el proceso de descomposición.

### **3.6.5. Fermentación**

El proceso de fermentación en el ensayo se observó que fue lento en la parte del fondo de la trinchera, mientras que en la parte superficial de la trinchera fue más intenso.

### **3.6.6. Terminado de compost**

El terminado del compost de los cuatro tratamientos, se determinó controlando la temperatura, la misma que bajo hasta 25°C, manteniéndose a esa temperatura indicando la culminación del proceso de elaboración de compost a través de residuos sólidos.

### **3.6.7. Cernido**

Obtenido el producto final, el compost se realizó el cernido correspondiente, para lo cual se utilizó dos cernidores, los mismos tenían una abertura de 5-10 mm de diámetro, primeramente se realizó el cernido con el cernidor de 10 mm de diámetro, posteriormente se realizó el segundo cernido con el cernidor de menor diámetro de 5mm obteniendo el producto final.

### **3.6.8. Análisis químico del compost**

Una vez obtenido el compost, se sacaron muestras al azar de los tratamientos y se llevaron al laboratorio Agro biológico de Ex I.B.T.A.- Tarija, para realizar el análisis químico correspondiente, determinando el porcentaje de materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, calcio, magnesio, sodio, nitrógeno total y fósforo asimilable.

## **3.7. Aplicación de compost a diferentes niveles, en el cultivo de maíz**

Para evaluar el efecto de la aplicación de compost al cultivo de maíz se utilizó el siguiente diseño experimental.

### **3.7.1. Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado en este ensayo fue de bloques al azar con arreglo factorial de  $2 \times 4 = 8$  tratamientos, resultado de las combinaciones respectivas, con tres bloques o repeticiones, el diseño de campo ocupa una superficie total de terreno de 693.20 metros, cada unidad experimental con cinco surcos de 0.80 metros, distancia de planta a planta de 0.40 metros, largo del surco 4 metros, haciendo un total de 50 plantas por unidad experimental.

### 3.7.2. Descripción de los tratamientos

#### a.) Factor residuos

##### Sub factores

- 1.- Residuos sólidos sin activador, restos vegetales, cal, tierra vegetal.
- 2.- Residuos sólidos, gallinaza, restos vegetales.
- 3.- Residuos sólidos, Urea, restos vegetales, cal tierra vegetal.
- 4.- Residuos sólidos, 18-46-00, restos vegetales, cal, tierra vegetal.

#### b.) Factor nivel

##### Sub factores

- 1.- 15 Tn/Ha.
- 2.- 30 Tn/Ha.

#### Sorteo de tratamientos dentro de bloques

Rep. I	Rep. II	Rep. III
N1 T3	N2 T3	N1 T4
N1 T2	N2 T4	N1 T3
N2 T1	N1 T2	N2 T1
N2 T3	Testigo	N2 T2
Testigo	N1 T4	N1 T2
N2 T2	N2 T2	N2 T3
N2 T4	N2 T1	Testigo
N1 T4	N1 T3	N2 T4

### Referencias

N1 = 15 Tn/Ha de compost	T1 = Compost sin activador
N2 = 30 Tn/Ha de compost	T2 = Compost con gallinaza
Testigo = 0,0 de compost	T3 = Compost con urea
	T4 = Compost con 18-46-00

#### 3.7.3. Análisis químico y físico del suelo después del ensayo

Una vez extraídas las muestras del suelo, del terreno donde se realizó la evaluación del compost en el cultivo de maíz, se determinaron las propiedades químicas y físicas.

**CUADRO N°3**

<b>Propiedades químicas</b>	
<b>Determinaciones determinadas</b>	<b>Cantidad</b>
PH	mmhs/cm
Conductividad Elèctrica C.E	me/100 gr
Calcio	me/100 gr
Magnesio	me/100 gr
Potasio	me/100 gr
Sodio	me/100 gr
Cap. De intercambio catiònico	me/100 gr
Materia orgánica	%
Nitrógeno Total	%
Fósforo	p.p.m.

Fuente: elaboración propia (2005)

CUADRO N° 4

<b>Propiedades físicas</b>	
<b>Determinaciones</b>	<b>Cantidad obtenida</b>
Densidad Aparente	mmhs/cm
Capacidad de campo	%
Punto de marchites permanente	%
Arena	%
Limo	%
Arcilla	%
Textura	Franco Arcilloso

Fuente: elaboración propia (2005)

#### **3.7.4. Preparación del terreno**

La preparación del terreno, comprende la limpieza o desyerbe, para posteriormente una arada, rastreada y nivelada, una vez realizada estas labores el terreno quedo listo para la siembra.

#### **3.7.5. Incorporación de compost**

Se incorporó en forma localizada, en surcos de cada unidad experimental de acuerdo a dosis aplicada, 15 y 30 Tn/Ha, se utilizo una cantidad total de 633.60 Kgr. de compost, en el nivel de 30 Tn/Ha, se utilizo 38.40 Kgr. Por unidad experimental, mientras que por surco se utilizó 7.68 Kgr, de compost; en el nivel de 15 Tn/Ha se utilizo 19.20 Kgr por cada unidad experimental, mientras que por surco, se incorporó 3.84 Kgr; una vez dividida la cantidad a utilizar por surco, se incorporo a una profundidad de 15-20 Cm, luego se cubrió con tierra, quedando el terreno listo para la siembra.

#### **3.7.6. Siembra**

La siembra se realizó a chorro continuo, a los 34 días después de la incorporación del compost al terreno.

### **3.7.7. Labores culturales**

#### **3.7.7.1.Riego**

Se aplicaron cuatro riegos por gravedad, para lo cual se contaba con una bomba con una capacidad de 7 litros por segundo, utilizando como afluente de agua la quebrada del nueve.

#### **3.7.7.2.Raleo**

El raleo se efectuó a los treinta días de la siembra, eliminando las plantas de maíz más débiles.

#### **3.7.7.3.Control de plagas**

Entre las plagas de mayor incidencia en el cultivo, fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), también se observó la presencia del gorgojo (*Sithophilus zea mays*), entre las aves tenemos al loro.

#### **3.7.7.4.Control de malezas**

El control de malezas se realizó en forma manual, en tres oportunidades, uno al momento del aporque a los 39 días después de la siembra, el segundo control de malezas se realizó a los 58 días después de la siembra, y por último a los 85 días de la siembra.

#### **3.7.7.5.Aporque**

El aporque se realizó a los 39 días de la siembra, cubriendo con tierra todas las raíces superficiales.

### **3.8. Observaciones**

#### **3.8.1. Germinación**

La germinación de las primeras plántulas fue al sexto día después de la siembra, mientras que al octavo día se observó una germinación uniforme.

#### **3.8.2. Desarrollo de las plantas**

El control del desarrollo de las plantas, se registro en forma semanal, la primer semana después de la germinación las plantas de maíz se observaban verde y saludables, y posteriormente las plantas presentaban un aspecto verde pálido, por la presencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), a partir de la quinta semana, se observó la recuperación del total cultivo.

#### **3.8.3. Floración masculina**

Las primera flores masculinas (espiga), se observaron a los 65 días de la siembra, en las unidades experimentales del centro del experimento, mientras que en las unidades experimentales de la orilla se retrazaron unos días, y a los 70 días la fluoración masculina era uniforme en todo el cultivo.

#### **3.8.4. Estado de choclo**

Los primeros choclos se observó a los 90 días de la siembra, en las unidades experimentales del centro del experimento, posteriormente se observo una uniformidad en todo el cultivo en estado de choclo a los 95 días de la siembra de maíz var. 8 rayas.

#### **3.8.5. Cosecha**

La cosecha se realizó en forma manual a los 146 días de la siembra, cuando la chala del maíz estaba seca y el grano presentaba un aspecto sólido, se cosecharon los tres surcos centrales de cada unidad experimental considerando

que eran los más representativos, desechando dos surcos que se encontraban en la laterales de cada unidad experimental.

### **3.8.6. Rendimiento en grano**

Para determinar el rendimiento de maíz en grano, se tomo en cuenta parámetros como, plantas por metro cuadrado, número de mazorcas por plantas, y el peso del grano (ver cuadro de anexos). El rendimiento es igual a plantas por metro cuadrado por el número de mazorcas por plantas gr/m<sup>2</sup>.

### **3.8.7. Evaluación estadística**

El peso de maíz en grano se sometió al análisis estadístico, tomando como parámetro el análisis químico del suelo antes y después del experimento, teniendo en cuenta que los resultados sean evaluados estadísticamente, utilizando la prueba de F y la prueba de Duncan, para los niveles de 5% Y 1% de probabilidad estadística.

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSION**

**4.1 Elaboración de compost utilizando residuos sólidos**

**4.1.1. Humedad**

La humedad a las trincheras fue proporcionada de forma manual utilizando recipientes cuyos datos se registran en el siguiente cuadro.

**CUADRO N° 5**  
**Cantidad de agua aplicada a las trincheras (Litros)**

Semanas 6/IV al 4/VII	T1	T2	T3	T4
1	200	200	200	200
2	120	120	120	100
3	0	0	0	0
4	100	100	0	80
5	0	0	0	0
6	50	50	0	50
7	100	100	0	80
8	100	100	50	80
9	150	150	50	100
10	200	200	50	150
11	200	200	50	100
12	100	100	50	80
13	80	80	50	60
14	50	0	50	50
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1450</b>	<b>1400</b>	<b>670</b>	<b>1130</b>

Fuente: Elaboración propia (2005)

Kortleven (1981), este autor indica que la humedad óptima fluctúa para la descomposición de residuos sólidos está entre 50 – 60 % y que, este porcentaje de humedad debe disminuir al final del proceso, en nuestro caso en las semanas del compostaje hemos agregado diferentes volúmenes de agua, como se aprecia en el cuadro que antecede, sin embargo no hemos realizado los análisis para la determinación del porcentaje, el aumento o disminución del agua agregada se lo hecho utilizando la observación.

Los resultados finales de la incorporación de agua nos indican que para la trinchera 1 hemos agregado 1450 litros, 1400 litros para la trinchera 2, 630 litros para la trinchera 3 y 1130 litros para la trinchera 4, las condiciones de cada una de las trincheras a hecho de que los volúmenes incorporados sean diferentes, especialmente entre T1, T3 y T4 en cuanto al total de agua agregada, durante el proceso de compostaje.

Este trabajo pone en evidencia lo afirmado por Kortleven (1981) en cuanto a disminución del porcentaje de humedad al final del proceso, porque, para el caso que nos ocupa a partir de la semana 13 hemos disminuido la incorporación de agua, en el siguiente orden 80, 50, 0, 0 litros para T1 - 80, 0, 0, 0 litros para T2 – 50, 0, 0, 0 litros para T3 y finalmente 60, 50, 0, 0 para T4.

#### 4.1.2. Temperatura

Los datos de temperatura registrada durante el proceso se muestran el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 6**  
**Control de la temperatura en las trincheras**

Semanas	Fecha de control	Control de temperatura semanal por grados centígrados			
		T1	T2	T3	T4
1	06-10 abril	25,00	23,50	23,00	24,00
2	13-17 abril	26,00	27,50	26,00	26,50
3	20-24 abril	26,00	29,00	28,00	27,00
4	27-01 mayo	25,00	39,00	38,00	38,00
5	04-08 mayo	30,00	45,00	47,00	46,00
6	11-15 mayo	35,00	54,00	52,00	50,00
7	18-22 mayo	35,00	57,00	54,00	53,00
8	25-29 mayo	36,00	52,00	50,00	48,00
9	01-05 junio	40,00	51,00	40,00	46,00
10	08-12 junio	28,00	44,00	36,00	42,00
11	15-19 junio	34,00	39,00	34,00	36,00
12	22-26 junio	36,00	35,00	37,00	35,00
13	29-03 junio	28,00	25,00	30,00	32,00
14	06-10 julio	27,00	25,00	30,00	30,00
15	13-17 julio	28,00	25,00	31,00	29,00
16	20-24 julio	28,50	25,00	25,00	25,00
17	27-31 julio	25,00	25,00	25,00	25,00

Fuente: Elaboración propia (2005)

Rodale (1986), menciona que cuando la pila esta formada se inicia una fuerte fermentación y la temperatura se eleva hasta unos 160 °F (70 °C), se mantiene

a este nivel durante un tiempo y luego desciende gradualmente. a medida que baja la temperatura entran en acción distintos tipos de microorganismos, las especies termófilas resisten temperaturas muy altas, cuando bajan de 50 °C actúan microorganismos mesófilos.

En nuestro trabajo al inicio del proceso de fermentación tenemos un promedio de 24 °C, mientras que la temperatura máxima alcanzada durante el proceso fue de 57 °C, y la temperatura en la última etapa del terminado del compost fue de 25 °C., no se presentaron temperaturas más elevadas porque este proceso se desarrollo en época de otoño-invierno.

Como se puede observar en este cuadro, la temperatura va aumentando en forma lenta las tres primeras semanas, luego en la cuarta semana, se observa un ascenso de 10°C, obteniéndose las máximas temperaturas en la séptima semana, luego va descendiendo en forma lenta hasta la obtención del producto final que es el compost, otro aspecto importante que se observa en el tratamiento tres (T3) es la baja temperatura durante todo el proceso alcanzando una temperatura máxima de 40°C, se observa una diferencia de 17°C, con respecto a los demás tratamientos.

Lo que indica Rodale (1986), se cumple en el proceso de descomposición de este trabajo aunque el dato de temperatura que maneja este autor esta referido a la descomposición de materia orgánica acomodada en pila y habla de temperatura máxima de 70 °C, nosotros registramos una temperatura máxima de 57 °C, pero nuestros residuos sólidos están ubicados en trincheras, teniendo en cuenta esta temperatura los microorganismos que más habrían actuado son las mesófilas.

### 4.1.3. Aireación

Para facilitar la aireación dentro de la trinchera se incorporo restos de vegetales gramíneas las mismas que contienen aire dentro de los entrenudos, también se realizaron volteos en forma quincenal esta información se denota en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 7**  
**Control de volteos residuos sólidos**

Quincena	T 1	T 2	T 3	T 4	Observaciones
1	Si	Si	Si	Si	Inicio de los volteos, en los 4 tratamientos.
2	Si	Si	Si	Si	Fermentación moderada, temperatura elevada.
3	Si	Si	Si	Si	Fermentación intensa, humedad excesiva en T3.
4	Si	Si	Si	Si	Fermentación intensa, cambio de color de residuos.
5	Si	Si	Si	Si	Fermentación intensa, cambio de textura de residuos.
6	Si	No	Si	Si	Temperatura baja. Disminución volumen de compost
7	No	No	No	No	Obtención del compost T2, temperaturas bajas
8	No	No	No	No	Retiro del compost de las trincheras

Fuente: Elaboración propia (2005)

Si = Un volteo    No = Sin volteo

Rodale (1986), indica que cuando la fosa esta llena se da vuelta la misma para que los residuos más frescos vayan al fondo y la descomposición sea homogénea, y la fermentación sea aeróbica. Estas afirmaciones son las que nos indujeron a realizar volteos en las diferentes trincheras, en forma quincenal, operándose así hasta la quincena cinco para todos los tratamientos y siendo variado para la quincena seis ya que la T2 no fue motivo de volteo.

#### 4.1.4. Efecto de los activadores (terminado del compost)

Los resultados obtenidos del efecto de los activadores se registran en el siguiente cuadro.

**CUADRO N° 8**  
**Activadores en la producción de compost**

Tratamiento	Activador	Tiempo obtención del compost (días)	Observaciones
T1	Sin activador	122	Trinchera sin activador, mayor tiempo
T2	Gallinaza	96	Menor tiempo de obtención compost
T3	Urea	110	Tiempo de obtención intermedio
T4	18-46-00	110	Tiempo de obtención intermedio

Fuente: Elaboración propia (2005)

Prevot (1984), indica que los activadores químicos y orgánicos son utilizados en el proceso de descomposición de residuos sólidos para acelerar el mismo en cuanto a tiempo. En el trabajo desarrollado vemos una diferencia para los diferentes tratamientos de 122 días sin activador, 96 días para la gallinaza, 110 días para la Urea y también 110 días para el abono químico 18 – 46 – 0.

Asimismo en las últimas semanas se registraron temperaturas de 25 °C, lo cual es un indicador del terminado del proceso de compostaje, otra características para determinar la terminación del compost, fue su aspecto físico, observando a simple vista el compost tenía un color negro a marrón oscuro, al palpar presentaba un aspecto esponjoso, granulado y grueso. Pravia M.A. y Sztern D. (1999), el terminado de compost desde el punto de vista microbiológico se tipifica por la ausencia de actividad metabólica, las poblaciones microbianas se presentan en forma de fase de muerte por agotamiento de nutrientes, situación que indudablemente se presento en nuestro experimento.

El autor antes mencionado afirma que las características descritas, corresponden a un compost en condición de estabilidad, esta condición se diagnostica a través de diversos parámetros, algunos de ellos se pueden determinar en campo (temperatura, color, olor) descritos en el siguiente cuadro:

### CUADRO N° 9

#### Algunos parámetros de control de estabilidad del compost

Temperatura	Estable
Color	Marrón oscuro - negro ceniza
Olor	Sin olor desagradable
PH	Alcalino (anaerobic. 55 °C, 24 Hrs)
C/N	Mayor o igual a 20
N° de termófilas	Decrecientes a estable
Respiración	0 menor 10 mg/g compost
Media	0 menor 7.5 mg/compost
ATP	Decreciente a estable
Actividad de enzimas hidrosolubles	Incrementándose a estable
Polisacáridos	Menor 60 meq/100 libre de cenizas
Reducción de azúcares	35 %
Germinación	Menor 8
Nematodos	Ausentes

Fuente: Pravia M.A. y Sztern D. (1999)

#### 4.1.5. Análisis químico del compost

El análisis realizado en la ciudad de Tarija se registra en el presente cuadro:

**CUADRO N° 10**

**Análisis químico del compost**

PH	C.E.	CAT. DE CAMB. Me/100gr			M.O.	N.T.	P.	
		Ca	Mg	K				
1:5	Mmhs/cm	Na			%	%	p.p.m.	
T1	8,05	0,550	33,50	9,50	10,66	5,90	0,29	82,10
T2	8,43	0,881	1,78			6,84	0,34	15,,20
T3	7,45	0,953	36,00	9,25	9,85	8,74	0,44	78,60
T4	6,50	0,990	2,50			5,70	0,28	257,10
			33,00	7,00	7,06			
			1,78					
			26,75	6,15	8,38			
			2,10					

Fuente: Análisis realizado en el IBTA

Como se puede observar en este cuadro, el porcentaje de Materia Orgánica y Nitrógeno es mayor en el tratamiento (T3), con 8.74 y 0.44%, que fue enriquecido con Urea, el contenido de fósforo es mayor en el tratamiento cuatro (T4), con 257.10 p.p.m., en comparación al (T3) que tan solo contiene 78.60 p.p.m. en cuanto al contenido de cationes, calcio y sodio, tiene un contenido mayor en el tratamiento dos (T2), en comparación a los demás tratamientos, mientras que el contenido de magnesio y potasio es mayor en el tratamiento uno (T1), presenta un pH ligeramente alcalino excepto en el tratamiento cuatro (T4), que es ligeramente ácido. El análisis químico del compost método de trincheras, no existe diferencia significativa con los resultados obtenidos de los diferentes tipos de compost Pravia M.A. y Sztern (1999).

**CUADRO N° 11**  
**Comparación de diferentes tipos de compost**

<b>Parámetros</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
PH	6,5	7,3	8,0	7,4	7,2
M. O. %	35,0	23,0	15,2	27,3	31,4
C. Orgánico %	17,3	12,3	7,2	15,5	19,2
N. Total %	2,0	0,74	0,61	1,3	1,4
Relación C/N	9,0	19,0	12,0	12,0	14
P. Total %	3,8	0,34	0,19	2,6	0,45
K Total %	0,94	0,41	0,33	0,29	0,33
Ca Total %	19,6	1,5	3,1	9,0	1,9
Mg. Total %	S/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Na Total %	0,44	0,17	0,16	0,17	0,16
Fe Total	S/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Mn Total	S/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Zn Total	S/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Cu Total	S/d	s/d	s/d	s/d	s/d

Fuente: Pravia M.A. y Sztern D. (1999)

A= Compost de estiércol de gallinaza y restos vegetales

B= Compost de estiércol vacuno y restos vegetales

C= Compost de residuos orgánicos domiciliarios

D= Vermnicompost: estiércol de gallina y restos vegetales

E= Vermicompost: estiércol de gallina y restos vegetales

#### **4.1.6. Rendimiento del compost en las trincheras**

El rendimiento de compost obtenido en la trinchera, sin considerar las pérdidas posteriores como cernido y proceso de refinación fue aproximadamente del 10%, como se muestra en el siguiente cuadro.

## CUADRO N° 12

### Rendimiento de compost en las trincheras

<b>Disminución del volumen de compost</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Volumen inicial (residuos sólidos) en m <sup>3</sup>	5,00	5,00	5,00	5,00
Volumen total de compost bruto ( m <sup>3</sup> )	4,50	4,60	4,55	4,50
Disminución volumen en trinchera ( m <sup>3</sup> )	0,5	0,4	0,45	0,5
Disminución en trinchera ( % )	10,00	9,20	9,10	10,00

Fuente: Elaboración propia (2005)

Se puede observar en el cuadro que antecede, el rendimiento de compost en la trinchera no existe una diferencia significativa entre los cuatro tratamientos, se observa un mayor porcentaje de disminución de volumen en los tratamientos T1 y T4, esta apreciación se lo realizo en las trincheras antes de ser sacado de la misma y ser cernido o tamizado.

Pravia. M. A. y Sztern D. (1999), indica que el rendimiento de compost en la fosa producido a partir de la fracción orgánica, sin considerar las pérdidas por cribado (cernido) es del 10% .

Los resultados obtenidos en el rendimiento de compost en el interior de las trincheras es igual a lo que indica el autor, obteniendo un porcentaje de compost útil del 90 %.

#### **4.1.7. Rendimiento del compost útil**

El rendimiento de compost, comparando el volumen inicial de residuos sólidos, con el volumen de compost útil se muestra en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 13**  
**Rendimiento de compost útil**

<b>Diferentes volumen de compost</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Volumen inicial (residuos sólidos) en m <sup>3</sup>	5,00	5,00	5,00	5,00
Volumen total de compost útil ( m <sup>3</sup> )	3,55	3,60	3,50	3,45
Volumen disminuido ( m <sup>3</sup> )	1,45	1,40	1,50	1,55
Disminución del Volumen en (%)	29,00	28,00	30,00	31,00

Fuente: Elaboración propia (2005)

El compost útil obtenido en este trabajo es aproximadamente el 70 % del volumen inicial, en este caso de los 5 cubos de residuos sólidos iniciales en cada trinchera se obtuvo el mayor volumen en tratamiento T2, con 3.60 cubos de compost útil, teniendo una pérdida aproximada del 1.40 cubos, ya que no todo el material que entra al sistema de compostaje se biodegrada con la misma velocidad, y parte del compost se descarto en las sarandas (cernidores).

Pravia M.A. y Sztern D. (1999), para este autor el rendimiento en términos generales, durante el proceso de compostaje se produce una pérdida del orden del 15-20 % del volumen inicial de residuos, debido a los procesos bioquímicos y la manipulación del material, a esta merma, se le debe adicionar la producida por los procesos de refinación.

Existe una diferencia entre este trabajo y lo que indica Pravia M. A. (1999), en el trabajo se obtuvo un rendimiento de compost útil del 70 %, mientras que el autor indica la obtención de compost útil del 80-85 %, dicha diferencia se debe a que el método de elaboración de compost del presente trabajo es manual, mientras que en el método de elaboración de compost, que menciona autor es mecanizado.

## 4.2. Incidencia del compost en el cultivo de maíz

Con la finalidad de observar la incidencia de la fertilización orgánica en el rendimiento de los cultivos nos hemos propuesto registrar el mismo en el cultivo del maíz, para lo cual hemos seguido todos los pasos necesarios que de notamos a continuación:

### 4.2.1. Análisis químico - físico del suelo antes de la siembra

El análisis químico del suelo antes del ensayo fue realizado, en el laboratorio de IBTA Tarija, dando los resultados, que se muestran en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 14**  
**Análisis químico del suelo antes del ensayo**

<b>Determinaciones</b>	<b>Cantidades obtenidas</b>
PH	6,35
Conductividad eléctrica C.E.	0,065 mmhs/cm
Calcio	7,50 meq/100 gr
Magnesio	2,25 meq/100 gr
Potasio	0,35 meq/100 gr
Sodio	0,16 meq/100 gr
Cap. De intercambio Catiónico	10,29 meq/100 gr
Materia Orgánica	1,53 %
Nitrógeno total	0,084 %
Fósforo	12,10 p.p.m.

Fuente: IBTA Tarija

El terreno donde se desarrollo el experimento (incorporación de compost en el cultivo de maíz), es un terreno donde se cultivo aproximadamente durante 6 gestiones, con diferentes cultivos, razón por lo cual se observa en el análisis químico un bajo porcentaje de nitrógeno total y materia orgánica

medianamente pobre (Narro, 1995), mientras que el contenido de los demás nutrientes están dentro del margen aceptable.

En el siguiente cuadro se muestra los nutrientes consumidos por el cultivo de maíz expresado en kilogramo por hectárea según (Campos I. 1981).

### CUADRO N° 15

#### Nutrientes puros consumidos por el cultivo de maíz (Kg/Ha)

(Se calculan cosechas de qm/ha)

Cultivo	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
Maíz en grano	96	3	159	75

Fuente: Campos I. ( 1981)

Campos I. (1981), para este autor el requerimiento de nitrógeno en el cultivo de maíz es de 96 Kgr/Ha., mientras que el consumo de P<sub>2</sub> O es de 3 Kgr/Ha., el consumo de K<sub>2</sub> O es de 159 Kgr/Ha., y del Ca O, es de 75 Kgr/Ha., el análisis químico del suelo donde se realizó el trabajo, muestra un bajo porcentaje de nitrógeno en el suelo, contrariamente a lo que indica Campos, I. (1981), que el suelo debe tener en una hectárea 96 kilogramos de nitrógeno para ser consumido por el cultivo.

En el siguiente cuadro se muestra el análisis físico del suelo antes de realizar el ensayo, obteniendo los siguientes resultados:

### CUADRO N° 16

#### Propiedades físicas del suelo antes del ensayo

Ident.	Prof. Cm	D. A. Gr/cc	C.C. %	P.M.P. %	A. %	L. %	Y. %	Textura
Suelo	15-20	1,41	10,48	6,65	63,65	22,50	11,25	F. A.

Fuente: IBTA Tarija

El análisis físico del suelo antes de realizar el ensayo, nos indica que tiene una textura franco arenoso, con porcentaje de arcilla de un 63.65 %, limo 22.50 % y de arena un 11.25, un punto de marchites permanente del 6.65 %, y una capacidad de campo del 10.48 %.

#### 4.2.2. Fenología del cultivo

La información registrada del cultivo de maíz, en el proceso de evaluación con diferentes niveles de compost se da el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 17**  
**Observaciones y medidas en el campo de los aspectos**  
**Fenológicas del cultivo de maíz**

Tratami- entos	+	Antesis	Estado	N° Maz/Unid	Long.	++ Diámetro
	Altura pl. Mt	Días	de choclo Días	Experimental N°	Mazorca Cm.	Mazorca Cm.
N1 T4	3,99	65	95	84	21,28	4,56
N1 T3	3,84	68	97	86	21,73	4,97
N2 T1	3,93	70	93	89	22,87	5,00
N2 T2	3,92	64	94	90	23,09	5,14
N1 T2	3,95	69	102	85	21,31	4,60
N2 T3	3,99	63	94	87	23,14	4,63
N1 T1	3,80	70	100	85	20,45	4,20
N2 T4	3,96	62	92	92	24,44	5,34

Fuente: Elaboración propia (2005)

+ = Medida de la planta de la base a la última hoja, antes de la panoja.

++ = Medida de la parte media de la mazorca.

#### 4.2.3. Germinación

El porcentaje germinación de la semilla, se muestra en el siguiente cuadro, también se puede observar en anexos (ver anexo 37).

**CUADRO N° 18**  
**Porcentaje de germinación y días de emergencia**

Tratamiento	Bloque I		Bloque II		Bloque III	
	Días de Emergencia	% de Germinación	Días de Emergencia	% de Germinación	Días de Emergencia	% de Germinación
N1 T4	6	89	6	90	6	91
N1 T3	6	95	6	97	6	89
N2 T1	5	92	7	91	7	98
N2 T2	6	91	5	91	6	91
N1 T2	7	90	6	85	5	90
N2 T3	5	91	6	91	6	91
N1 T1	6	90	7	89	8	90
N2 T4	7	84	8	89	6	82
<b>Media % de germinación</b>		<b>90,25</b>	<b>90,37</b>		<b>90,25</b>	

Fuente: Elaboración propia (2005)

Juárez M. (2003), indica que la germinación o emergencia de la planta depende de la variedad, no tiene que variar mas de dos días para que no exista competencia entre las mismas plantas, y el porcentaje de germinación es un factor indispensable para obtener rendimientos sobresalientes, un porcentaje optimo fluctúa de 95-98 %, porcentajes menores inciden en el rendimiento final y en la rentabilidad del cultivo, porque posteriormente se puede tener perdida de plantas por quebrado o acame.

En el ensayo existe una diferencia de emergencia de 3 días, las primeras plantas emergieron a partir del día 6, mientras que las últimas plantas emergieron a los 8 días, lo que indica que estamos dentro del margen aceptable de los días de germinación, según Juárez M. (2003), mientras que el porcentaje de germinación de maíz en nuestro trabajo es del 90 %, encontrándonos 5% por debajo de lo que indica Juárez M. (2003).

#### 4.2.4. Aplicación de riegos al cultivo

En el siguiente cuadro se muestra el número de riegos aplicados al cultivo de maíz.

**CUADRO N° 19**

<b>Aplicación de riegos</b>	
<b>N° de riegos</b>	<b>Observaciones</b>
Primer riego, 10 días de la siembra	Se observó la presencia del gusano cogollero, por la sequía existente en el lugar del experimento.
Segundo Riego, 25 días de la siembra	Recuperación del cultivo.
Tercer riego, 40 días de la siembra	Escasa precipitación pluvial.
Cuarto riego, 60 días de la siembra	Ultimo riego, precipitación pluvial adecuada, recuperación optima del cultivo.

Fuente: Elaboración propia (2005).

El cuadro que antecede muestra la aplicación de cuatro riegos, durante el ciclo del cultivo, en los momentos que nosotros consideramos conveniente mediante la observación de la humedad del suelo, dichos riegos fueron aplicados en los primeros estados del cultivo, cuando el intervalo entre precipitaciones pluviales fueron prolongadas.

Martellotto E. (2002), los resultados obtenidos en maíz bajo riego suplementario realizados en el INTA Argentina, una vez determinado el rendimiento y consumo de agua a lo largo del ciclo del cultivo se calcula la eficiencia del uso del agua, y que son los kilogramos de grano producido, por

los milímetros de agua consumidos, los resultados muestran que el maíz con alta fertilidad, tuvo una mayor respuesta en el aprovechamiento de agua.

#### 4.2.5. Control plagas (gusano cogollero)

En el siguiente cuadro se observa el número de aplicaciones químicas en el cultivo de maíz y el producto aplicado (ver anexos)

**CUADRO N° 20**

<b>Control gusano cogollero</b>			
<b>N° aplicación</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>	<b>Observaciones</b>
1	Dimethoato 50	4 cc x 20 Lt	- Ataque intenso
2	Dimethoato 50	4 cc x 20 Lt	- Incidencia leve
3	Dimethoato 50	4 cc x 20 Lt	- Recuperación parcial
4	Dimethoato 50	4 cc x 20 Lt	- Control del gusano

Fuente: elaboración propia (2005)

Salinas A. (2002), en el INTA Argentina el control del gusano cogollero se realiza integrando todos los métodos de control: Químico y biológico, el control químico en muchos de los casos se elimina insectos que son benéficos para el cultivo, al mismo tiempo que los residuos de los productos químicos aplicados afectan al medio ambiente y si es que se va utilizar estos productos elegir los que tengan bajo poder residual en la planta.

Durante el ensayo se realizaron cuatro aplicaciones utilizó el insecticida dimethoato 50 con dosis de aplicación 4cc x 20 litros de agua, es un producto

sistémico con un poder residual medianamente largo, aunque diferente a lo que indica el autor en discusión Salinas A. (2002)

#### 4.2.6. Antesis

La antesis floración masculina se observó a los 65 días de la siembra, adelantándose por cinco días en el tratamiento N2 T3 del bloque I, se observó una antesis uniforme a los 10 días después de la aparición de la primera (ver anexo 42).

**CUADRO N° 21**

**Días de emergencia – floración masculina**

Tratamientos	Bloque I		Bloque II		Bloque III	
	Días de emergencia	floración	Días de emergencia	floración	Días de emergencia	floración
N1 T4	6	64	6	65	6	63
N1 T3	6	63	6	62	6	64
N2 T1	5	66	7	66	7	66
N2 T2	6	67	5	67	6	66
N1 T2	7	65	6	65	5	65
N2 T3	5	64	6	64	6	65
N1 T1	6	65	7	65	8	65
N2 T4	7	65	8	65	6	64
<b>Media días floración</b>		<b>64,80</b>		<b>64,87</b>		<b>64,75</b>

Fuente: Elaboración propia (2005)

Como se puede apreciar en el cuadro que antecede los días promedio del inicio de la floración masculina es a los 65, también se observa que en algunas unidades experimentales fue a los 63 días, mientras que en otras unidades experimentales se retrasaron a los 67 días, existiendo 5 días de diferencia para observar una floración uniforme.

Juárez M. (2003), en el ensayo con cultivares de días cortos-intermedio, la floración masculina empezó a los 48 días y se uniformizó a los 50 días desde la emergencia del cultivo.

Se observa una diferencia de 15 días en el tiempo de floración masculina, entre el trabajo de tesis y el ensayo de Juárez M. (2003), esta diferencia se debe a la variedad que a empleado el autor, es una variedad precoz de ciclo corto mientras que la variedad utilizada en el trabajo de tesis es de ciclo largo.

#### 4.2.7. Inflorescencia pistilada

En el siguiente cuadro se muestra el número de días desde la siembra hasta la inflorescencia pistilada o femenina, que varían por tres días de 72 a 74 días, teniendo como promedio 73 días , (ver anexo 44).

**CUADRO N° 22**

**Días de emergencia – floración pistilada o femenina**

Tratami- entos	Bloque I		Bloque II		Bloque III	
	Días de emergencia	floración	Días de emergencia	floración	Días de emergencia	floración
N1 T4	6	72	6	73	6	74
N1 T3	6	74	6	73	6	72
N2 T1	5	72	7	73	7	72
N2 T2	6	73	5	74	6	74
N1 T2	7	74	6	73	5	73
N2 T3	5	73	6	72	6	72
N1 T1	6	73	7	74	8	74
N2 T4	7	73	8	72	6	73
<b>Media días floración</b>		<b>73</b>		<b>73</b>		<b>73</b>

Fuente: Elaboración propia (2005)

La inflorescencia pistilada se observó a los 72 y 74 días desde la siembra del cultivo, haciendo un promedio de floración pistilada de 73 días de la siembra, en las unidades experimentales que se encontraban en la parte central del experimento, (ver anexo 44).

#### 4.2.8. Estado de choclo

El siguiente cuadro nos muestra el tiempo desde el día de la siembra del maíz, hasta llegar al estado de choclo.

**CUADRO N° 23**

**Días de emergencia – estado de choclo**

Tratami- entos	Bloque I		Bloque II		Bloque III	
	Días de emergencia	floración	Días de emergencia	floración	Días de emergencia	floración
N1 T4	6	90	6	93	6	95
N1 T3	6	92	6	92	6	90
N2 T1	5	93	7	93	7	93
N2 T2	6	94	5	91	6	94
N1 T2	7	95	6	95	5	95
N2 T3	5	92	6	92	6	92
N1 T1	6	94	7	93	8	91
N2 T4	7	94	8	95	6	94
<b>Media días floración</b>		<b>93</b>	<b>93</b>		<b>93</b>	

Fuente: Elaboración propia (2005)

Como se observa en el cuadro que antecede, los primeros choclos se observaron a los 90 días de la siembra, en las unidades experimentales del centro del experimento, posteriormente se observó una uniformidad en todo el cultivo en estado de choclo a los 95 días de la siembra, obteniendo un promedio de estado de choclo a los 93 días. (ver anexo 45).

Juárez M. (2003), en el ensayo con cultivares de ciclo corto-intermedio, el ciclo de choclo variaron entre 64 y 70 días desde la emergencia, con un promedio de 66 días.

Existe una diferencia con respecto al tiempo desde la emergencia del cultivo al ciclo de choclo en caso del ensayo del autor, mientras que en el trabajo de tesis se considera desde la siembra hasta llegar al ciclo de choclo, en el trabajo de tesis se tiene un promedio de 93 días, mientras que en el ensayo del autor tiene un promedio de 66 días, esto se justifica porque el autor emplea variedades mejoradas de ciclo corto y tecnología.

#### 4.2.9. Altura de la planta

En el siguiente cuadro, se muestra la altura de las plantas en ciclo de antesis (espiga) y cunado alcanzan el ciclo de choclo.

**CUADRO N° 24**

**Altura de las plantas en metros**

Tratamiento	Bloque I		Bloque II		Bloque III	
	Floración Masculina	Ciclo de choclo	Floración Masculina	Ciclo de choclo	Floración Masculina	Ciclo de choclo
N1 T4	2,90	3,40	2,20	3,20	2,80	3,50
N1 T3	2,45	3,20	2,25	3,50	2,25	3,40
N2 T1	2,40	3,30	2,20	3,30	2,30	3,50
N2 T2	2,20	3,10	2,30	3,10	2,30	3,20
N1 T2	2,30	3,30	2,10	3,50	2,40	3,20
N2 T3	2,50	3,20	2,60	3,20	2,20	3,10
N1 T1	2,55	3,40	2,25	3,20	2,15	3,20
N2 T4	2,60	3,20	2,50	3,30	2,10	3,20
<b>Promedio de los tres bloques de altura de las plantas, en ciclo de antesis</b>						<b>2,33</b>
<b>Promedio de los tres bloques de altura de las plantas, en ciclo de choclo</b>						<b>3,28</b>

Fuente: Elaboración propia (2005)

En el cuadro que antecede, se observa la altura durante dos ciclos, como son el ciclo de antesis masculina o espiga y la altura en estado de choclo, que representa la altura máxima alcanzado por el cultivo, en nuestro trabajo se tenemos un promedio de altura en ciclo de antesis de 2,33 metros, mientras que el promedio de altura en ciclo de choclo tenemos 3,28 metros, la altura máxima alcanzada por las plantas es de 3,50 metros, y las plantas con menor altura alcanzaron 3,10 metros, mientras que Juárez M. (2003), en el ensayo con cultivares de ciclo corto-intermedio alcanzaron alturas máximas de 2,72 metros, y las plantas con menor altura con 2,33 metros, ambos parámetros fueron registrados cuando el cultivo estaba en ciclo de choclo.

Haciendo una comparación entre ambos trabajos, se aprecia una diferencia significativa de altura de uno y otro trabajo, las plantas en nuestro trabajo tienen un promedio de altura de 3,28 metros, y la altura promedio alcanzada por las plantas en el ensayo del autor alcanzan un promedio 2,33 metros, esto se debe a la siembra de diferentes variedades de maíz.

#### **4.2.10. Número de mazorca por planta**

En el siguiente cuadro se muestra el número de mazorcas por planta y por cada unidad experimental de los tres bloques.

**CUADRO N° 25**  
**Número de mazorcas por planta**

<b>Tratamiento</b>	<b>Bloque I</b>	<b>Bloque II</b>	<b>Bloque III</b>	<b>Promedio</b>
N1 T4	1,00	1,00	2,00	<b>1,91</b>
N1 T3	2,00	2,00	2,00	
N2 T1	1,00	2,00	1,00	
N2 T2	2,00	2,00	2,00	
N1 T2	2,00	2,00	2,00	
N2 T3	2,00	3,00	2,00	
N1 T1	2,00	1,00	2,00	
N2 T4	3,00	3,00	2,00	
<b>Promedio de N° de mazorcas por planta por bloque</b>	<b>1,87</b>	<b>2,00</b>	<b>1,87</b>	<b>1,91</b>

Fuente: Elaboración propia (2005)

En el cuadro que antecede, se aprecia el número de mazorcas por planta de los tres bloques, se observa un promedio de 1,91 mazorcas por planta, en los tratamientos N2 T3 y N2 T4, del bloque II se observa tres mazorcas por planta, se observa en algunas unidades experimentales una mazorca por planta siendo el menor promedio de mazorcas por planta, (ver anexo 45).

Juárez M. (2003), en el ensayo comparativo de rendimiento de maíz en siembra de segunda campaña (2002-2003), obtuvo 4 mazorcas como número máximo de mazorca por planta durante el ensayo y 2 mazorcas como mínimo de mazorcas por planta, dando un promedio de 3 mazorcas por planta.

Como se puede apreciar en este parámetro de número de mazorcas por plantas, también existe una diferencia notoria, en nuestro ensayo se obtuvo un promedio de 1,91 mazorcas por planta, mientras que en el ensayo del autor mencionado líneas arriba, su promedio de número de mazorcas por planta es

de tres, también se puede deducir que la diferencia se debe a la variedad utilizada y la diferencia de tecnología empleada en ambos ensayos.

#### 4.2.11. Longitud y diámetro de las mazorcas

En el siguiente cuadro, se muestra la longitud y diámetro de las mazorcas expresadas en centímetros:

**CUADRO N° 26**  
**Longitud y diámetro de la mazorca en centímetros**

Tratamiento	Promedio de los tres Bloques	
	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca
N1 T4	21,28	4,56
N1 T3	21,73	4,97
N2 T1	22,87	5,00
N2 T2	23,09	5,14
N1 T2	21,31	4,60
N2 T3	23,14	4,63
N1 T1	20,45	4,20
N2 T4	24,44	5,80
<b>Promedio</b>	<b>22,29</b>	<b>4,86</b>

Fuente: Elaboración propia (2005)

Como se aprecia en el cuadro que antecede, la longitud media de las mazorcas es de 22,29 cm, mientras que la media del diámetro de las mazorcas es de 4,86 cm., estos parámetros son mayores en el tratamiento N2 T4, en comparación a los demás tratamientos, (ver anexo 45).

Juarez M. (2003), afirma que la longitud de la mazorca depende de la variedad a cultivar, y el número de mazorcas que produce la planta, al tener un mayor número de mazorcas la planta tendera a producir un menor diámetro y longitud, por ejemplo las

variedades híbridas tienen un mayor número de mazorcas que las variedades tradicionales pero las mazorcas son más pequeñas, en nuestro trabajo se observó que el cultivo produjo mazorcas de buen tamaño, confirmando lo que indica el autor que antecede.

#### 4.3. Rendimiento del cultivo

El rendimiento cultural del maíz se encuentra registrado en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 27**  
**Rendimiento de maíz grano expresado en Tn/Ha**

Tratamientos	Bloque I	Bloque II	Bloque III	X Bloques
N1 T2	5,02	5,47	5,26	<b>5,25</b>
N1 T3	5,46	4,85	6,06	<b>5,46</b>
N1 T4	6,09	6,30	4,22	<b>5,06</b>
N2 T1	5,57	6,07	6,41	<b>5,61</b>
N2 T2	6,06	5,58	6,54	<b>6,06</b>
N2 T3	6,93	6,55	6,06	<b>6,51</b>
N2 T4	6,72	5,98	5,78	<b>6,16</b>
Testigo	5,06	4,88	3,01	<b>4,79</b>
	<b>5,86</b>	<b>5,71</b>	<b>5,42</b>	<b>5,66</b>

Fuente: elaboración propia (2005)

Como se observa en el cuadro que antecede, el rendimiento de cada unidad experimental y de los bloques, se aprecia el mayor rendimiento en N2 T3 del bloque I, con 6.93 Tn/Ha., mientras que la segunda unidad con mayor rendimiento es N2 T4 del bloque I con 6.72 Tn/Ha., estas unidades experimentales fueron incorporadas una dosis de compost de 30 Tn/Ha., mientras que el menor rendimiento se observa en el testigo del Bloque III, con un rendimiento de 3.01 Tn/Ha., el segundo rendimiento bajo se aprecia en N1 T3 del Bloque II con 4.85 Tn/Ha., que fueron incorporadas una dosis de compost de 15 Tn/Ha., mientras que el rendimiento promedio es de 5,66

Tn/Ha.. Juárez M. (2003), muestra los rendimientos obtenidos en un ensayo comparativo de rendimiento de maíz en siembra de segunda campaña 2002/2003, por el INTA-Argentina se muestran en el siguiente cuadro:

### CUADRO N° 28

#### Rendimiento de maíz de ciclo corto, campaña 2002/2003

Variedades De Maíz	Días E/Fl	Grados día Em/Fl	Altura (Cm)		Plantas Queb. %	Rendim. Relativo	Humedad cosecha	Rend. 14,5 % Kg/Ha
			Planta	Ins. Esp				
DK 682 MG	50	843	233	103	1,96	134	19,6	13573
AX 888 MG	50	843	272	123	1,56	130	18,34	13179
C 271 MG	50	807,3	252	113	0,93	122	16	12334
AX 840	49	823,8	237	95	9,13	85	18,60	8649
M 9	49	823,8	263	115	1,96	82	17,6	8287

Fuente: Juárez M. (2003) INTA Argentina

El cuadro que antecede, se presentan los resultados, aparición de estigmas a los 49 días desde la emergencia, el quebrado no tuvo valores altos, alcanzando una media de 3,95, el rendimiento promedio del ensayo fue de 10133 Kg/Ha.

Existe una diferencia notoria en el rendimiento del ensayo, con la experiencia realizada en el INTA Argentina, el rendimiento promedio de maíz del presente trabajo es de 5610 Kg/Ha, mientras que el rendimiento promedio del ensayo del INTA Argentina es de 10133 Kg/Ha., existiendo una diferencia de 4523 Kg., esta diferencia se debe a que el INTA Argentina esta trabajando con variedades mejoradas transgénicas, y una fertilización de acuerdo al requerimiento del cultivo, también han logrado minimizar uno de los condicionantes mas importantes del rendimiento en los sistemas productivos del cultivo de maíz, como el sistema de control de plagas.

#### 4.4. Análisis químico y físico del suelo después del ensayo

En el siguiente cuadro, se muestra el análisis químico del suelo después del ensayo, registrando los siguientes resultados:

**CUADRO N° 29**  
**Análisis químico del suelo después del ensayo**

IDENTIFI- CACIÓN	pH Extrac.	C. E. Mmhs/cm	CATIONES DE INTERCAMBIO me/100 gr					M. O. %	N.T. %	P p.p.m.
			Ca	Mg	K	Na	C.I.C.			
Testigo	6,58	0,072	5,50	1,25	0,09	0,13	7,00	0,60	0,03	7,4
N1 T2	6,00	0,090	7,50	1,75	0,13	0,16	9,60	1,37	0,07	7,0
N1 T3	6,00	0,046	6,25	1,50	0,13	0,18	8,10	0,83	0,04	6,1
N1 T4	6,06	0,055	7,25	1,50	0,17	0,16	9,15	0,91	0,04	7,8
N2 T1	6,21	0,068	2,25	1,25	0,15	0,16	3,85	1,29	0,06	7,8
N2 T2	6,59	0,074	6,50	2,00	0,17	0,17	8,90	1,29	0,06	9,1
N2 T3	6,57	0,073	8,50	1,75	0,14	0,18	10,60	1,29	0,06	9,1
N2 T4	6,21	0,073	6,75	5,00	0,11	0,15	10,05	1,29	0,06	10,7

Fuente: IBTA Tarija

El análisis químico del suelo después del ensayo, se observa ligeras diferencias comparando con el análisis del suelo antes de realizar el ensayo, por ejemplo el pH en el análisis químico antes del ensayo se registra 6,35 mientras que en el análisis químico después del ensayo existen cantidades menores de pH en algunos tratamientos como 6,00 en el tratamiento N1 T2 y N1 T3 y en otros tratamientos se observan cantidades mayores como 6,59. Mientras que la conductividad eléctrica, en el análisis del suelo antes del ensayo se tiene 0,065 mmhs/cm, y el análisis después del ensayo se tiene una menor cantidad de 0,046 mmhs/cm en el tratamiento N1 T3, mientras que la cantidad más elevada es de 0,074 mmhs/cm., mientras el contenido de cationes (Ca, Mg, K, Na), existe una leve diferencia, entre uno y otro análisis, siendo mayor en el análisis después del ensayo.

El contenido de fósforo se observa una mayor cantidad en el análisis químico antes del ensayo con 12,1 p.p.m., mientras que en el análisis después del ensayo se tiene un promedio de 8,12 p.p.m.

### CUADRO N° 30

#### Propiedades físicas del suelo después del ensayo

Ident.	Prof. Cm.	D. A. gr/cc	C.C. %	P.M.P. %	A. %	L. %	Y. %	Textura
Suelo	15-20	1,43	11,42	7,60	61,55	26,15	12,20	F.A.

Fuente: IBTA Tarija

El análisis físico del suelo, después de realizar el ensayo, se mantiene con una textura franco arcilloso, mejorando las propiedades físicas del suelo, disminuye la densidad aparente, aumentando el porcentaje de volumen de poros, contribuyendo a una mejor aireación del suelo y a una mayor retención de humedad y por consiguiente una mejor actividad de microorganismos.

Rodale (1986), indica que la incorporación de compost al suelo, mejora la textura del suelo, que comprende su granulometría, la impresión se produce al tacto y aumento del espacio de poros, es un gran mejorador de suelos arcillosos pesados, los suelos arenosos se hacen coherentes, retiene mejor la humedad de agua, el suelo tiene mejor aireación.

El análisis físico del suelo después de incorporar el compost, confirma lo que indica Rodale (1986), mejorando la estructura del suelo, al realizaron prácticas de tacto se aprecia dichas características mencionadas, también se observa a simple vista que el color del suelo a variado ligeramente a un color mas oscuro.

#### **4.5. Análisis estadístico del rendimiento agrícola**

En el siguiente cuadro, se muestra el rendimiento de maíz en grano y la incidencia de la aplicación de diferentes dosis de compost:

**CUADRO N° 31****Rendimiento de maíz en grano con la incorporación de compost expresado en Tn/Ha, por unidad experimental**

Tratamientos	Repeticiones			Total Tratamientos	– X
	I	II	III		
N1 T1	6,09	4.88	4.22	15.19	5.06
N1 T3	5,46	4.85	6.06	16.37	5.46
N2 T1	5,47	6.07	6.41	18.05	6.02
N2 T2	6,06	5.58	6.54	18.18	6.06
N1 T2	5,02	5.47	5.26	15.75	5.25
N2 T3	6,93	6.55	6.06	19.54	6.51
N1 T4	5,06	6.30	3.01	14.37	4.79
N2 T4	6,72	5.98	5.78	18.48	6.16
<b>TOT X BL</b>	<b>46,91</b>	<b>45,68</b>	<b>43,34</b>	<b>135,93</b>	
<b>X POR BLOQUE</b>	<b>5,86</b>	<b>5,71</b>	<b>5,42</b>		<b>5,66</b>

Fuente: elaboración propia (2005)

**Análisis de varianza**

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados Libertad	Suma de c. Medios	Fc		Ft	
				5%	1%	5%	1%
Tratamiento	77,77	7	1,11	1,73	2,76	4,28	
Bloques	0,82	2	0,41	0,64	3,74	6,51	
Error Experim.	9,02	14	0,64				
Total	17,61	23					
	8,13						

Fuente: elaboración propia (2005)

El coeficiente de variabilidad ( C. V. ), expresa la desviación estándar por unidad experimental, como un porcentaje de la media general del experimento, por ser un porcentaje de la media general del experimento, por

ser un valor pequeño la precisión del experimento puede considerarse buena, ya que la prueba de F indica que no hay significancia entre los tratamientos y la dosis de aplicación de compost en la producción de maíz expresado en grano, para una probabilidad del 5% .

### Prueba de duncan

VALORES	2	3	4	5	6	7	
Rango Significat.	3,03	3,18	3,27	3,33	3,37	3,39	5%
q = Studentizado	4,21	4,42	4,55	4,63	4,70	4,78	1%
R. M. S. = q x Sd	1,39	1,46	1,50	1,53	1,55	1,56	5%
	1,94	2,03	2,09	2,13	2,16	2,20	1%
La producción media por tratamiento en orden descendente:							
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	MB
N2 T1	N2 T4	N2 T2	N2 T2	N1 T3	N1 T2	N1 T4	Testigo
6,51	6,16	6,06	6,06	5,46	5,25	5,06	4,79

Las medias que no discrepen significativamente por este test, son reunidas en una barra, como se observa en la producción media en orden descendente.

En el siguiente cuadro se calcula una amplitud total mínima significativa por el test de Duncan para el contraste entre la mayor y la menor de las medias.

### CUADRO N° 32

#### Cálculo de la amplitud total mínima significativa, por el test de Duncan

N2 T4 N2 T2 = 0.1 No Signif.	N2 T1 N1 T3 = 0.56 No Signif.
N2 T4 N2 T1 = 0.14 No Signif.	N2 T1 N1 T2 = 0.77 No Signif.
N2 T4 N1 T3 = 0.7 No Signif.	N2 T1 N1 T4 = 0.96 Signif.
N2 T4 N1 T2 = 0.91 Signif.	N2 T1 Test. = 1.23 Signif.
N2 T4 N1 T4 = 1.1 Signif.	
N2 T4 TEST. = 1.37 Signif.	N1 T3 N1 T2 = 0.21 No Signif.
	N1 T3 N1 T4 = 0.4 No Signif.
N2 T3 N2 T4 = 0.35 No Signif.	N1 T3 Test. = 0.67 No Signif.
N2 T3 N2 T2 = 0.45 No Signif.	
N2 T3 N2 T1 = 0.49 No Signif.	
N2 T3 N1 T3 = 1.05 Signif.	N1 T2 N1 T4 = 0.19 No Signif.
N2 T3 N1 T2 = 1.26 Signif.	N1 T2 Test. = 0.46 No Signif.
N2 T3 N4 T1 = 1.45 Signif.	
N2 T3 Test. = 1.72 Signif	N1 T4 Test. = 0.27 No Signif.
N2 T2 N2 T1 = 0.04 No Signif.	
N2 T2 N1 T3 = 0.6 No Signif.	
N2 T2 N1 T4 = 0.81 No Signif.	
N2 T2 N1 T4 = 1.00 Signif.	
N2 T2 Test. = 1.27 Signif.	

Fuente: elaboración propia (2005)

#### 4.6. Costo de elaboración del compost y del cultivo

En el siguiente cuadro se muestra el costo de la elaboración de compost, en forma resumida, en anexos se detalla cada uno de los Ítems (ver anexos)

**CUADRO N° 33**  
**Costo de elaboración de compost**

<b>Concepto</b>	<b>Características</b>	<b>Total Bolivianos</b>	<b>Total</b>
Jornales	Empleados durante todo el proceso de compostaje	800,00	<b>1.422,00</b>
Herramienta	Tamices para refinar el compost.	100,00	
Materiales	Polietileno, termómetro, polietileno, fertilizante.	522,00	
Residuos	Los residuos sólidos no tuvieron costo.	00,00	
<b>Total</b>			<b>1.422,00</b>

Fuente: Elaboración propia (2005)

El cuadro que antecede nos muestra el costo de la elaboración de compost de las cuatro trincheras, es Bs. 1422,00 (mil cuatrocientos veintidós bolivianos), luego del proceso de descomposición se logro 17,50 Tm, de compost útil, que realizando la relación costo producción el mismo estaría en el orden de 81,00 Bs/Tm,.

**CUADRO N° 34****Costo del cultivo**

<b>Cant.</b>	<b>Unidad</b>	<b>Características</b>	<b>Precio unit. Bolivianos</b>	<b>Total Bolivianos</b>
8	kilogramo	Semilla de maíz var. 8 rayas	8,00	64,00
4	Unidad	Letreros identificación de bloques	10,00	40,00
24	Unidad	Estacas	1,00	24,00
4	Jornales	Nivelado, estaqueado, incorporación de compost a cada unidad experimental y siembra	25,00	100,00
4	Jornales	Control de malezas	25,00	100,00
6	Jornales	Aplicación de riegos	25,00	150,00
3	Jornales	Control sanitario	25,00	75,00
2	Jornales	Cosecha y pesado del maíz por unidad experimental	25,00	50,00
½	Litro	Insecticida dimetohato (control gusano cogollero)	35,00	35,00
2	Unidad	Machetes, limpieza del cultivo	25,00	50,00
2	Unidad	Azadas, limpieza del cultivo	25,00	50,00
6	Días	Alquiler motobomba cap. 7 lts/seg.	30,00	180,00
16	Litros	Combustible, gasolina funcionamiento de la bomba	3,50	56,00
5	Expreso	Vehículo transporte desde la ciudad al cultivo	20,00	100,00
633,60	Kilogramo	Compost, incorporaciones al terreno	51,00	51,00
<b>Costo total</b>				<b>1.125,00</b>

El cuadro que antecede nos indica el costo total del cultivo de maíz, el mismo haciende a Bs. 1.125,00 para una superficie de 0,693 Has.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES

Obtenido los resultados del presente trabajo, nos permite llegar a las siguientes conclusiones.

- El método utilizado en el presente trabajo de elaboración de compost, no es el adecuado para la zona debido a la humedad que se registra en los horizontes inferiores de la trinchera, lo que ocasiona una descomposición heterogénea en el proceso de fermentación, además de la incomodidad manifiesta para realizar las labores de volteo que provocan la aireación de las mismas.
- Los activadores químicos, como la Urea, 18-46-00, no incidieron de manera significativa, en la descomposición de residuos sólidos, comparando con la trinchera que no se utilizó estos productos químicos.
- La época en que se realizó este trabajo se registraron temperaturas bajas, lo cual incidió en el tiempo de descomposición de los residuos sólidos y la obtención final del compost.
- El tratamiento tres (T3), en el cual se utilizó como activador la gallinaza, fue el que empleó menor tiempo en el proceso de fermentación y el que se obtuvo en mayor cantidad (volumen de compost útil), en comparación a los demás tratamientos.
- El análisis químico del compost del suelo después del ensayo indica que no hay incremento significativo, de cationes con la incorporación de compost al suelo.

- El análisis físico del suelo después del ensayo indica que existe diferencias, mejorando las propiedades físicas, como ser la densidad aparente después del ensayo es de 1.43 gr/cc, en comparación con el análisis antes del ensayo que era de 1.41 gr/cc, referente a la capacidad de campo incrementa de 10.48% a 11.42 %, mientras, mientras que el punto de marchites permanente, incremento de 6.65 % a 7.60 %.
- En el rendimiento en grano, se observa una ligera diferencia entre las dosis de 15 Tm/ha frente a 30 Tm/ha, siendo favorable a esta última. Sin embargo el análisis estadístico indica que no hay diferencia significativa en la aplicación de compost de 15 ó 30 Tn/Ha.

## CAPITULO VI

### 6. RECOMENDACIONES

- En el método de elaboración de compost, utilizar trincheras más anchas y menos profundas, para facilitar el manipuleo del material.
- Utilizar mayor proporción de tierra vegetal, para favorecer la actividad de los microorganismos encargados del proceso fermentación de los residuos sólidos.
- La época de elaboración de compost, tiene que ser en primavera - verano, para acelerar la fermentación de residuos y disminuir el tiempo de acabado de compost.
- No utilizar productos químicos como activadores, urea (46-00-00) y 18-46-00, porque no inciden en la aceleración de la fermentación.
- La dosis de aplicación de compost a un terreno con fines de producción de un cultivo, tiene que ser mayor de 30 Tn/Ha.
- La incorporación de compost al terreno debe ser como mínimo dos meses antes de la siembra para que tenga el tiempo suficiente de poner a disposición los elementos nutritivos e influir en las propiedades físicas del suelo que incidieron en el desarrollo del cultivo.

**BIBLIOGRAFIA**

- 1.- **AIDAROV, V.P.** El riego, Ed. MIR Moscú (1985)
- 2.- **AITKEN SOUX, J.** Manual agrícola, Mayar Sour Ltda., Bolivia (1987)
- 3.- **AUGSTBURGER F.** Abonos orgánicos en el cultivo de papa, Bolivia 1989)
- 4.- **CATIE** Proyecto manejo integrado de plagas (1990)
- 5.- **CNECA** Memoria de gestión, Tarija – Bolivia (1992)
- 6.- **CAMPOS, I.** Suelos abonos y fertilizantes, México (1981)
- 7.- **CORDECO** Proyecto Compost, Cochabamba – Bolivia (1983)
- 8.- **CUEVAS V.C.** Compostaje en la agricultura, (1989)
- 9.- **CUBA** Informe de estudios de biotierras, Villa clara (1991)
- 10.- **DE NARDO** El planeta de los desechos, Bolivia (1982)
- 11.- **JUAREZ, M.** Ensayo comparativo de rendimiento de maíz siembra de segunda campaña 2002-2003
- 12.- **JUGEHEIMER, W.** Maíz, variedades mejoradas, Ed. Limuga, (1985)
- 13.- **LANGE, F.** Producción de Abono, Cochabamba-Bolivia (1988)
- 14.- **MAYEA, S.** Producción de compost , CIDA (1992)

- 15.- MARTELLOTTO E.** Resultados en maíz bajo riego suplementarios, Campaña 2001 – 2002
- 16.- MORALES, Y.** VII forum de ciencia y técnica, (1993)
- 17.- CARLOS A.** Elaboración de compost a partir de desechos vegetales y la adición de diferentes sustratos
- 18.- PIMENTEL G. F.** Curso estadística experimental. Argentina (1978)
- 19.- PRADO, H. A.** Susceptibilidad del gusano cogollero, Spodoptera Frugiperda, México (1993)
- 20.- PRAVIA, M.A.** Manual elaboración de compost, Ecuador (1999)
- 21.- PREVOT** Activadores en la elaboración de compost (1984)
- 22.- RAMIREZ, G.M.** Almacenamiento y conservación de granos (1996)
- 23.- RODALE, J. I.** Abonos Orgánicos Bs. As. (1986)
- 24.- SALINAS A.** Rendimiento de maíz bajo riego suplementario (2002)
- 25.- VIGLIOLA, M. I.** Manual de horticultura, Bs. As. (1989)
- 26.- VILLARROEL, A. J.** Proyecto Agrobiología PAC. Bolivia (1985)
- 27.- VILLARROEL, A. J.** Experiencias en producción de compost Cochabamba, ed. AGRUCO (1987)

