

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos constituyen un problema para muchas sociedades en el mundo debido a las grandes cantidades que se producen y que no tiene un destino adecuado.

Es un problema que incide sobre todo para las grandes urbes así como para el conjunto de la población del planeta, debido a que la sobrepoblación, las actividades humanas modernas y el consumismo han acrecentado mucho la cantidad de basura que se genera; junto con el ineficiente manejo que se hace con dichos residuos (quemados a cielo abierto, disposición en tiraderos o vertederos de basura ineficaces) provoca problemas tales como la contaminación, que resume problemas de salud y daño al ambiente, además de provocar conflictos sociales y políticos.

Según los investigadores del Banco Mundial, (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012), la generación de los residuos sólidos urbanos (RSU), la producción per cápita mundial es de 1,2 kg/habitante, es así como la producción actual es de 1.300 millones Tn/año. Se espera que para el año 2025 tienda a duplicarse la producción actual de 1.300 millones Tn/año sea de 2.200 millones. Entre las causas de este incremento, se mencionan el alto crecimiento poblacional, los hábitos de consumo en países industrializados, así como los cambios en las costumbres de consumidores que habitan los países en vía de desarrollo.

La producción per cápita en Latinoamérica y el Caribe es de 1,09 (Kg/habitante/día), con una producción total de Producción 437.545 (Ton/día). Se espera que el año 2025 la producción promedio sea de 1,56 (Kg/habitante/día), con un promedio total de 728.392 (Ton/día).

Nuestro país no queda exento del constante incremento de residuos sólidos, según el diagnóstico de residuos sólidos en Bolivia, realizado por el ministerio de medio ambiente y agua. Se calcula que la producción per-cápita promedio nacional de residuos sólidos domiciliarios en el área urbana es de 0,50 Kg/habitante-día y la rural de 0,20 Kg/habitante-día. El 55,2% corresponde a materia orgánica o biodegradable,

el 22,1% a material reciclable y el 22,7% se consideran como material no aprovechable.

Según el informe (Diagnóstico Sobre Residuos Sólidos en Bolivia, 2011), se puede ver que más del 50% de los residuos sólidos corresponden a residuos orgánicos y se le puede dar un aprovechamiento en la elaboración de abonos orgánicos mediante el compostaje. Estos abonos orgánicos son fertilizantes que provienen de estiércol de animales, restos vegetales de alimentos de cocina y nos brindan una serie de ventajas entre ellas podemos destacar que nos permiten recuperar las propiedades físicas de suelo al incrementar la capacidad de retención de humedad, mejora la porosidad lo cual facilita la circulación del agua y del aire a través del perfil del suelo, mejora la estructura del suelo dándole una mayor resistencia contra la erosión. En las propiedades químicas incrementa la capacidad de intercambio cationico e incrementa la fertilidad del suelo y en las propiedades biológicas incrementa la actividad biológica del suelo.

Según Tesis de grado (Videz Gabriela, 2014) una investigación de residuos orgánicos en la comunidad de Tarupayo provincia O'connor, establece que se genera aproximadamente 4 kilogramos diarios de residuos orgánicos en general por persona. También en la misma investigación se tiene resultados de análisis obtenidos tanto de campo y fundamentalmente de laboratorio, que el compost tienen una composición muy buena en porcentajes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, dando lugar a la mayor presencia de estos nutrientes obteniéndose como resultado final un compost de calidad y rico en elementos minerales disponibles con una carga microbiana y enzimática alta.

Por lo que en la comunidad de Timboy es una zona netamente agrícola ganadera, la elaboración del compost de residuos orgánicos favorecería en la fertilización de sus terrenos de cultivos al mismo tiempo se estaría reduciendo los problemas ambientales que genera la acumulación de residuos orgánicos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El desconocimiento sobre el tratamiento de los residuos orgánicos de los pobladores de la comunidad de Timboy, se atribuye a la falta de información y capacitación en el manejo de residuos orgánicos.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En estos últimos años debido al crecimiento de la población en la comunidad de Timboy y al ser un área concentrada, se ha notado una gran acumulación de residuos orgánicos, los mismos que carecen de algún tratamiento, y son causantes de problemas medioambientales en particular a la salud y bienestar de la población.

Con el presente trabajo de investigación se pretende que a partir de la elaboración y determinación de un método eficiente de compostaje, la población pueda tener acceso a información de cómo tratar esos residuos orgánicos mediante la aplicación de un método de compostaje eficiente y acorde a las condiciones climáticas del lugar lo que permitirá reducir los residuos orgánicos expuestos al medio ambiente.

1.3 HIPÓTESIS

Por medio de la comparación de los dos métodos de compostaje podremos conocer la eficiencia del tiempo de transformación de los residuos a abono orgánico acorde a las condiciones climáticas del lugar.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Determinar la eficiencia del tiempo en la transformación y el contenido de macro nutrientes de los residuos orgánicos a abono orgánico mediante dos métodos de compostaje en la comunidad de Timboy.

1.4.1.1 Objetivos específicos

1. Determinar el nivel de conocimiento de algunos métodos de compostaje mediante encuestas y entrevistas pre compostaje y post compostaje a la población de la comunidad de Timboy.

2. Elaborar el compost mediante el método tradicional y el método takakura.
3. Determinar los macro nutrientes (N, P y K) mediante análisis químico en los dos métodos de compostaje.
4. Determinar el tiempo de transformación de la materia orgánica a compost orgánico en ambos métodos de compostaje.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Residuos Sólidos o Basura.

Materiales generados en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control, reparación o tratamiento, cuya calidad no permite usarlos nuevamente en el proceso que los generó, que pueden ser objeto de tratamiento y/o reciclaje. (RGRS, 1992)

2.1.2 Residuos Orgánicos.

Comprende los residuos generados principalmente en lugares donde se realizan actividades de cocina, consumo de alimentos, jardinería y poda de plantas, centros de abasto de frutas, verduras u otros productos generados por acción de la naturaleza.

Su característica principal es que pueden ser descompuestos por la acción natural de organismos vivos como lombrices, bacterias y hongos principalmente. (Ley 755 GIR, 2015).

2.1.3 Residuos de Origen Animal.

Son los residuos sólidos producidos como resultado de la crianza de ganado. (RGRS, 1992).

2.1.4 Residuos de Origen Agroambiental.

2.1.5 Fauna Nociva.

Especies animales que por condiciones ambientales incrementan su población llegando a convertirse en plaga, vectores potenciales de enfermedades infecto-contagiosas o causantes de daños a las actividades o bienes humanos. (RGRS, 1992)

2.1.6 Vector

Cualquier material u organismo que pueda servir como vehículo transmisor de enfermedades a humanos o animales. (RGRS, 1992)

2.1.7 Estiércol

El estiércol lo forman excrementos y orina de animales de ganadería y en cuya composición también pueden aparecer restos de distintos materiales de sus camas, como la paja de cereales, etc.

El estiércol suele ser de ganadería ovina, caprina, vacuno, de cerdos, caballos, mulas, etc. (Cajamarca, 2012).

2.1.8 El Compost

El compost es un abono orgánico que resulta de la descomposición de residuos de origen animal y vegetal. La descomposición de estos residuos ocurre bajo condiciones de humedad y temperatura controlada. (Cajamarca, 2012)

2.1.9 La Compostacion.

Se entiende como tal al proceso de descomposición de la materia orgánica proveniente de materiales que la contienen, por medio de una gran variedad de microorganismos en un medio húmedo y aireado para dar en su etapa final un material rico en humus, muy utilizado en el mejoramiento o enmienda orgánica de suelos empobrecidos y agotados. (Cajamarca, 2012)

2.1.10 Lixiviado

Líquido resultante de la descomposición del residuo orgánico dispuesto en el sitio de disposición final, así como de la infiltración del agua pluvial a través de los residuos y que puede generar contaminación. (Ley 755 GIR, 2015)

2.1.11 Tratamiento de Residuos

Conjunto de operaciones encaminadas a la transformación de los residuos por métodos mecánicos, biológicos, físico-químicos o térmicos, de los residuos para el aprovechamiento de los recursos contenidos en ellos o para reducir su peligrosidad; asimismo, a las operaciones realizadas para la disposición final segura de los residuos en rellenos sanitarios. (Ley 755 GIR, 2015)

2.1.12 Tratamiento Biológico:

Conjunto de operaciones encaminadas a la transformación de los residuos orgánicos a través de procesos biológicos mediante compostaje, lombricultura o biodigestión. (Ley 755 GIR, 2015).

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Clasificación de los Residuos Sólidos

Según el Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos, se tiene la siguiente clasificación de los residuos sólidos según su procedencia y naturaleza:

- A. Residuos Domiciliarios
- B. Residuos Voluminosos
- C. Residuos comerciales de servicios e institucionales.
- D. Residuos procedentes de la limpieza de áreas públicas.
- E. Residuos Especiales
 - E.1. Vehículos y electrodomésticos desechados
 - E.2. Neumáticos desechados
 - E.3. Residuos sólidos sanitarios no peligrosos
 - E.4. Animales muertos
 - E.5. Escombros
 - E.6. Jardinería
- F. Residuos industriales asimilables a domiciliarios.
- G. Restos de matadero.
- H. Lodos
- I. Residuos agrícolas, ganaderos y forestales.
- J. Residuos mineros y metalúrgicos.

K. Residuos peligrosos

2.2.2 Clasificación de los Abonos Orgánicos

Pueden clasificarse en:

2.2.2.1 Abonos Microbiales

Los microorganismos benéficos más divulgados actualmente en la agricultura son micorrizas, lactobacilos, rhizobios, azobacter, levaduras y trichoderma, bacterias fotosintetizadoras etc.

Se los llama abonos microbiales por que una amplia diversidad de microorganismos mesófilos y termófilos conforman las poblaciones mixtas que degradan la materia orgánica, siendo las más importantes las bacterias, Actinomycetes y hongos filamentosos. El tipo de sustrato utilizado, la población de la microbiota inicial y la evolución de la temperatura, son los factores principales que condicionan la sucesión de microorganismos a través del proceso de compostaje. Los efectos beneficiosos en la utilización de un compost son diversos: aporta nutrientes y microorganismos beneficiosos al suelo, estimula el desarrollo radicular e incrementa la microbiota rizosférica con efecto biocontrolador. (Cajamarca, 2012).

2.2.2.2 Abonos Vegetales

De origen vegetal, pueden ser compost de superficie, residuos de cosecha, de plantas sembradas como abonos verdes (leguminosas). (Cajamarca, 2012)

2.2.2.3 Abonos de Origen Animal

Estos abonos difieren entre sí, dependiendo de su preparación:

- ✓ Fermentados anaerobios: provenientes de los procesos dados en el biodigestor,
- ✓ Lombricompost, es el humus originado de la digestión que hacen las lombrices de la materia orgánica.
- ✓ Compost aerobios, del estiércol animal; este compost se hace en presencia de aire e incluye un saneamiento por golpe de fuego.
- ✓ Purines, dilución en agua de estiércol fresco.

- ✓ Harinas, de tejidos animales, como sangre, huesos y otros.
- ✓ Fango acuático, proviene del fondo de ríos y lagos. (Cajamarca, 2012)

2.2.2.4 Abonos de Naturaleza Mineral

Proviene de minería, yacimientos marinos y mantos de origen volcánico y generalmente agregados a los compost. Se incluye la cal, la roca fosfórica, los basaltos, la escoria, la potasa entre otros. (Cajamarca, 2012)

2.2.2.5 Abonos de Humanos

La orina se aplica como purín, previamente fermentada mientras que la materia fecal compostada en letrinas secas. (Cajamarca, 2012)

2.2.3 Proceso de Elaboración del Compost

Se entiende como tal al proceso de descomposición de la materia orgánica proveniente de materiales que la contienen, por medio de una gran variedad de microorganismos en un medio húmedo y aireado para dar en su etapa final un material rico en humus, muy utilizado en el mejoramiento o enmienda orgánica de suelos empobrecidos y agotados.

El material de desecho o residuo que constituye la materia prima del proceso de compostaje, contiene generalmente diferentes tipos de microorganismos idóneos para realizar el proceso, comenzando el mismo cuando el nivel de oxígeno, la humedad y el contenido de alimentos es el adecuado para el crecimiento y reproducción de la población microbiana encargada de la descomposición. Los requerimientos de alimentos normalmente son suministrados por este material de desecho que se destina a compostaje.

Existen varios procesos para llevar a cabo la transformación de los residuos en compost: que van desde los tratamientos diseñados y construidos en casa, colocando los residuos en hileras con volteo manual para aporte de oxígeno y en pilas estáticas aireadas mecánicamente, hasta los procesos llevados a cabo en biorreactores que utilizan diseños y equipos patentados. (Cajamarca, 2012)

2.2.3.1 Básicamente Dichos Procesos Incluyen Tres Etapas:

- 1.- Pre tratamiento de los residuos (incluyendo separación de materiales inertes y/o tóxicos no compostables).
- 2.- Descomposición biológica del material compostable.
- 3.- Maduración, preparación y distribución del compost producido.

Sucintamente, los requerimientos principales para el desarrollo del proceso de compostaje son: temperatura, humedad, oxígeno, relación Carbono/Nitrógeno, entre otros.

2.2.4 El proceso de Compostaje

El proceso de composting o compostaje puede dividirse en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura:

1. **Mesolítico.** La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.
2. **Termofílico.** Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.
3. **De enfriamiento.** Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que re-invasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.
4. **De maduración.** Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus. (Vargas Yadira, 2007)

2.2.5 Ventajas y Desventajas del Compost.

2.2.5.1 Ventajas

(Geocities, 2004) manifiesta que se puede tener las siguientes ventajas y desventajas al producir y usar abonos orgánicos:

- ✓ Se aprovecha los materiales orgánicos de la comunidad, no hay que comprar los materiales.
- ✓ Dan trabajo a la comunidad y participa toda la familia.
- ✓ Su manejo es sencillo, es fácil entender como se hace, se puede intercambiar o vender.
- ✓ No dañan la tierra, nuestra salud y cambia la costumbre de usar fertilizante químico.
- ✓ Si la tierra es dura la hace más suave, si la tierra es arenosa la hace más firme, ayudan a retener el agua de lluvia, dan nutrientes en un estado en que las raíces la pueden tomar.
- ✓ Aumenta el grueso de los tallos y tamaño de los frutos.
- ✓ Afirman los colores de tallos, hojas y frutos, aumentan las cosechas.
- ✓ Los nutrientes permanecen por 2 o 3 años en la parcela.
- ✓ Aumentan y afirman el sabor y el olor de los frutos y aumenta la cantidad y calidad de proteína de los frutos.
- ✓ Son una fuente constante de materia orgánica.
- ✓ Permiten que los agricultores tengan mayores opciones económicas y bajan los costos de producción.
- ✓ Favorecen la colonización por la macro y micro vida.
- ✓ Estimulan el ciclo vegetativo de las plantas.
- ✓ Las plantas cultivadas son sanas y vigorosas, no se enferman fácilmente.

2.2.5.2 Desventajas

- ✓ Disponibilidad de materia prima debido al cambio de estaciones del año y a otros factores como el uso de los residuos orgánicos para alimentar porcinos en época de escases de alimento como el maíz.

- ✓ El uso sin tratar de materias fecales de origen animal constituyen un riesgo de contaminación de los productos, y un peligro en caso de que estos estén destinados al consumo en refresco.
- ✓ Los organismos patógenos asociados a estos riesgos pueden ocasionar enfermedades gastrointestinales, siendo la *escherichia coli* una de las más infecciosas, se encuentra con frecuencia en las vacas, ovejas y ciervos, se encuentran además *salmonella sp* y *cryptosporidium sp*.
- ✓ Como es de esperarse, la aplicación continua de estiércol de animal no tratado, incrementa el riesgo de supervivencia de los patógenos, así como el de contaminación áreas vecinas.
- ✓ El estiércol sin tratar no debe utilizarse como fertilizante por los riesgos anotados. En la eventualidad de su uso, será preferible emplearlo en la etapa de su preparación del terreno y antes de la siembra, procurando que transcurra el mayor tiempo posible. Se estima que algunas bacterias patógenas puedan sobrevivir en el estiércol por un periodo de un año, o más.
- ✓ Disponibilidad de mano de obra familiar elaborar el compost. (Vargas Yadira, 2007)

2.2.6 Características de la Mezcla a Compostar.

2.2.6.1 Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 20/1 a 30/1 es la adecuada, pero esta variara en función de las materias primas que conforman el compost. (Sztern y Pravia 2002). Si la relación C/N está en el orden de 10 nos indica que el material tiene relativamente más nitrógeno, si la relación es 40, manifiesta que el material tiene relativamente más Carbono. Un material que presente una relación C/N superior a 30, requerirá para su biodegradación un mayor número de generaciones de microorganismos y el tiempo necesario para alcanzar una relación

C/N final entre 12/1 a 15/1 que está considerada apropiada para uso agronómico (Vargas Yadira, 2007).

2.2.6.2 Estructura y Tamaño de los Residuos

El tamaño del residuo influye en la velocidad de descomposición. Las partículas menores tienen más superficie para ser atacada por los microorganismos. Una trituradora de residuos puede usarse antes de poner el material en la pila de compostaje (Personal 2005). Numerosos materiales pierden rápidamente su estructura física cuando ingresan al proceso de compostaje (por ej: excretas), otros no obstante son muy resistentes a los cambios, tal es el caso de materiales leñosos y fibras vegetales que deben tener un tamaño de 10 mm a 50 mm. (Vargas Yadira, 2007)

2.2.6.3 Humedad

La humedad idónea para una biodegradación con franco predominio de la respiración aeróbica, se sitúa en el orden de 30 % y 50 %, siempre que se asegure una buena aireación.

En la práctica se deben evitar valores altos, pues desplazaría el aire de los espacios entre partículas de materiales y el proceso pasaría a anaerobio. Si la Humedad es demasiado baja disminuirá la actividad de los microorganismos y el tiempo de degradación se incrementará. La humedad adecuada es esencial para la actividad microbiológica, en cambio que una pila seca no favorecerá para nada la descomposición, por eso se debe humedecer periódicamente (Vargas Yadira, 2007).

2.2.6.4 PH

El pH debe ser mantenido en rangos que garanticen el metabolismo microbiano, usualmente se estima valores de 5.5 y 8,0 (Rivero1999). Por su parte (Compostadores, 2005) ha planteado que el compost debe ser lo más neutro posible porque los microorganismos responsables de la descomposición de los restos orgánicos no toleran valores muy alejados del 7. A pH mayores existe el riesgo de pérdidas importantes de nitrógeno en forma de amoníaco, por esta razón se presenta un doble efecto: por un lado al alcaliniza ligera y temporalmente el compost

(incrementa, un poco el pH) y por otro lado supone una pérdida de nitrógeno. Por tanto, este segundo efecto es más grave que el primero porque el contenido de nitrógeno al final del proceso de compostaje será bajo.

Sztern y Pravia (2002) manifiestan que durante el proceso de compostaje se produce una sucesión natural del pH, que es necesaria para el proceso y que es acompañada por una sucesión de grupos fisiológicos. (Vargas Yadira, 2007)

2.2.6.5 Aireación

La aireación continua en el compost es fundamental para aportar el oxígeno necesario y eliminar el CO₂. Valores inferiores al 20% producen procesos de putrefacción (fermentación anaerobia). Por otro lado una aireación excesiva producirá un enfriamiento y sequedad (Gómez 2005). No existe un intervalo óptimo de concentración de oxígeno (depende del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y presencia/ausencia de aireación forzada). El volteo de la pila es la forma más rápida y económica de garantizar la presencia de oxígeno en el proceso de compostaje (Vargas Yadira, 2007)

2.2.7 Inoculación de la Mezcla a Compostar

Algunos tipos de residuos, pueden presentar poca carga biológica o masa microbiana, esto es frecuente en residuos frescos de origen agroindustrial, que son los residuos resultantes de las actividades agrícolas a nivel industrial. En estos casos es conveniente aplicar técnicas de bioaumentación. Las más sencillas de estas técnicas consisten básicamente en inocular artificialmente los desechos con una carga de microorganismos descomponedores de materia orgánica. Existen algunos inoculantes utilizados que hasta ahora no se comprende, por que actúan bien en algunos sitios pero no en otros. A continuación damos algunas alternativas ampliamente probadas. (Vargas Yadira, 2007).

2.2.7.1 Inóculo con Suelo Fértil

El procedimiento consiste en extender en área los residuos en capas no superiores a los 20 cm. y posteriormente distribuir sobre ellos a razón de 0.5 kg/m² suelo fértil. Luego se mezcla y se procede a conformar el camellón. (Vargas Yadira, 2007)

2.2.7.2 Inóculo por Trasplante

Como en el ejemplo anterior se extienden los residuos, de una parva en compostaje en Fase Meso térmica I se extrae de su núcleo una cantidad de material suficiente para aplicar sobre el material extendido 100 g/m² Luego se mezcla y se procede a conformar el camellón. (Vargas Yadira, 2007)

2.2.7.3 Inóculo con Caldo de Cultivo

Este procedimiento consiste en preparar un caldo de cultivo. Para ello tomamos un recipiente o tanque de aproximadamente 200 l En los mismos introducimos. 5 kg de excreta de aves de corral (frescas), 20 kg de estiércol bovino (fresco) y 5 kg de suelo fértil o bien 5 kg de material proveniente del núcleo de una parva en etapa meso térmica I. A continuación llenamos con agua el tanque hasta los 200 l y agitamos. El recipiente debe ser instalado en un lugar donde este sujeto a las mínimas variaciones térmicas. Luego de 48 horas, el inóculo puede ser aplicado. (Vargas Yadira, 2007).

2.2.8 Factores que Condicionan el Proceso de Compostaje

Sztern y Pravia (2002). Indican que son muchos y muy complejos los Factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada. Los Factores más importantes son:

2.2.8.1 Temperatura

Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35° a 55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporulados. Cada grupo de microorganismos tiene una temperatura óptima

para realizar su actividad: 1) Criófilos de 5 a 15 °C; 2) Mesófilos de 15 a 45 °C; 3) Termófilos de 45 a 70 °C.

2.2.8.2 Humedad

En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance niveles óptimos del 40 a 60 % de humedad. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos Forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75 a 85 % mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50^a 60%.

Sztern y Pravia (2002) mencionan que la Humedad idónea para una biodegradación con franco predominio de la respiración aeróbica, se sitúa en el orden del 15 al 35 % (del 40 al 60 %, si se puede mantener una buena aireación).

2.2.8.3 PH

Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia pH entre 6 a 7, 5. (Parra 2004). Valores de pH inferiores a 5,5 inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos mientras que valores superiores a 8 también son agentes inhibidores del crecimiento, haciendo precipitar nutrimentos esenciales del medio, de forma que no son asequibles para los microorganismos.

2.2.8.4 Oxígeno

(INFOAGRO, 2004), menciona que el compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada. Como consecuencia de una mala aireación la concentración de Oxígeno alrededor de las partículas baja a valores inferiores al 20% (concentración

normal en el aire), entonces se producen condiciones favorables para el inicio de las fermentaciones y las respiraciones anaeróbicas. (Vargas Yadira, 2007).

2.2.9 Compost Takakura

Según el (Instituto de Estrategias del Medio Ambiente Global, IGES 2010). En el método de Compost Takakura, las sustancias orgánicas son sometidas al compost por medio de cultivo de microorganismos que se adaptan al suelo y están comúnmente disponibles en el ambiente natural y sirven para eliminar los microorganismos indeseables.

Sobre todo, los microorganismos fermentativos juegan un papel central en el compost. Debido a que los microorganismos fermentativos que se adaptan perfectamente al compost existen cerca de nuestros alrededores, cualquiera puede realizar fácilmente el compost descubriéndolos y cultivándolos. El uso efectivo de los microorganismos fermentativos posibilita la producción de gran cantidad de compost en un espacio pequeño y en un período corto de tiempo. Además, el método es seguro y económico debido a que sólo se requieren materiales disponibles inmediatamente.

Comparado con otros métodos convencionales, como el de la ventana abierta que normalmente requiere más de tres meses, el Método de Compostaje Takakura produce el compost por fermentación de residuos orgánicos en una o dos semanas. Lo que hace posible este corto periodo de fermentación es el uso efectivo de microorganismos fermentativos cultivados que son recolectados de alimentos locales y suelo. La temperatura de los montones de la mezcla de residuos orgánicos desmenuzados, o compost semilla, puede llegar a 70 ~ 80°C en pocas horas activando el proceso de fermentación.

De esta manera, el compost se produce en un periodo corto y en un espacio menor mediante la descomposición de la mayor parte de las sustancias orgánicas (sin embargo, el compost debe dispersarse en el suelo con una anticipación de más de dos semanas antes de la plantación, de manera que se adapte al suelo y no dañe las raíces de las plantas).

2.2.9.1 Características

- ✓ Producción del compost en una o dos semanas en un pequeño espacio.
- ✓ Sin olores pestilentes ni filtraciones.
- ✓ Económico y fácil (los desmenuzadores son los únicos equipos mecánicos de entrada).
- ✓ Sólo se utilizan materiales locales.
- ✓ Microorganismos fermentados en el compost enriquecen el suelo.
- ✓ Mejora el ambiente de la cocina, mediante la aplicación del en cada hogar.
- ✓ Promoción de la clasificación de residuos en la fuente.
- ✓ Generación de ingresos de ingresos por la venta del compost. (IGES, 2010).

2.2.10 Método de Compostaje Tradicional.

El compostaje tradicional consiste en la acumulación de materia orgánica, comúnmente en pilas o montones, y el mantenimiento de condiciones adecuadas de temperatura, que alcanzan los 65° C; humedad, 60% y tensión de oxígeno de acuerdo a que se trate de descomposiciones aeróbicas o anaeróbicas, por plazos de tiempo determinados, que permiten que actúen los microorganismos presentes o incorporados ex profeso, causantes de la descomposición.

Con este método los principales actores en la descomposición son los microorganismos termófilos, porque en la fase inicial del proceso de descomposición se alcanzan altas temperaturas de 65° C. (Cony Mariano, 2003).

2.2.11 Contenido de Macro Nutrientes (N, P y K) del Compost Tradicional.

Según (Videz Gabriela, 2014), se tienen los datos del análisis químico de los macro nutrientes del compost tradicional elaborado a base de residuos domésticos de cocina. A continuación se detallan cada uno de ellos.

2.2.11.1 Contenido de Nitrógeno.

En promedio el contenido de nitrógeno del compost elaborado con el método tradicional es de 1,026 % debido a que los restos vegetales frescos de cocina son ricos

en nitrógeno, debido también a la presencia de estiércol el mismo que es rico en nitrógeno en su composición

2.2.11.2 Contenido de Fósforo.

En promedio se observa que el tratamiento con el método tradicional presenta una cantidad de 134,75 ppm lo que representa un alto contenido de fósforo debido a la cantidad presente de estiércol.

Concluyendo podemos decir que el descenso del fósforo se debe probablemente debido a que el fósforo asimilable se encuentra disponible en un rango de pH muy estrecho, entre 6,5–7, así a pH básico el (P) se une con el (Ca) para formar fosfatos bicálcicos insolubles, o también es posible que existiera pérdidas por lixiviación.

2.2.11.3 Contenido de Potasio.

Tomando en cuenta en relación al promedio, se observa que el compost elaborado con el método tradicional presenta un valor alto de potasio con respecto a otros tipos de compost debido al contenido de estiércol y a los residuos de cocina presente ya que los residuos de cocina (residuos de papa), contienen un valor de 897 mg de potasio.

Por lo que se concluye que este tratamiento tiene un contenido de 0,90 (meq/100gr) de nitrógeno tomando como referencia lo mencionado anteriormente que este tratamiento es de más alta calidad por la presencia de este en los residuos y en el estiércol.

2.2.12 Factores y Condicionantes del Compost.

Los factores a tener en cuenta son:

- ✓ Mezcla equilibrada de los materiales para obtener una relación Carbono/Nitrógeno entre 25-35 hasta obtener valores comprendidos entre 15-10 al final del proceso.
- ✓ Tamaño adecuado de las partículas (2 a 5 milímetros de diámetro) a compostar.

- ✓ Materiales de partida con pH neutro, previa corrección cuando se considere necesario.
- ✓ Buena proporción de la calidad de las materias primas (azúcares, proteína, celulosa y lignina).
- ✓ El oxígeno es básico para que los microorganismos se puedan desarrollar (40-60 % de aireación).
- ✓ La humedad es fundamental para que progrese todo el proceso (40-60%).
- ✓ La temperatura es el parámetro que mejor indica el desarrollo del proceso. La máxima no debe sobrepasar los 70 °C (adecuada entre 55-65 °C). Con estas temperaturas se evitan pérdidas de materia orgánica y se garantiza la destrucción de gérmenes patógenos y semillas adventicias.
- ✓ El tamaño adecuado de la pila es de metro y medio de altura con sección trapezoidal y una anchura de base de metro y medio, en cuanto al largo no hay límite.
- ✓ Es importante conocer las condiciones climáticas del lugar donde se instala la pila para protegerla del sol, lluvia, viento y frío. (Cony Mariano, 2003)

2.3 MARCO LEGAL

2.3.1 Ley 1333 de Medio Ambiente

Artículo 1° La presente Ley tiene por objeto la protección y conservación del Medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

2.3.2 Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos (ley 1333,1992)

Artículo 1° La presente disposición legal reglamenta la Ley del Medio Ambiente No. 1333 del 27 de abril de 1992, respecto a los residuos sólidos, considerados como factor susceptible de degradar el medio ambiente y afectar la salud humana.

Tiene por objeto establecer el régimen jurídico para la ordenación y vigilancia de la gestión de los residuos sólidos, fomentando el aprovechamiento de los mismos mediante la adecuada recuperación de los recursos en ellos contenidos.

Artículo 3° El presente Reglamento adopta la clasificación de los residuos sólidos indicada en el Cuadro N° 1 (Anexo A), denominado Clasificación Básica de Residuos Sólidos, según su Procedencia y Naturaleza.

Artículo 4° El presente Reglamento se aplica a los residuos comprendidos en las clases A, C, D, F, y la subclase E.3 del Cuadro N° 1.

ANEXO A

CUADRO N° 1

CLASIFICACIÓN BÁSICA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS SEGÚN SU PROCEDENCIA Y NATURALEZA

- | |
|--|
| <p>A. RESIDUOS DOMICILIARIOS
B. RESIDUOS VOLUMINOSOS
C. RESIDUOS COMERCIALES DE LIMPIEZA E INSTITUCIONALES
D. RESIDUOS PROCEDENTES DE AREAS PUBLICAS
E. RESIDUOS ESPECIALES
 E.1. Vehículos y electrodomésticos desechados
 E.2. Neumáticos desechados
 E.3. Residuos sanitarios no peligrosos
 E.4. Animales muertos
 E.5. Escombros
 E.6. Jardinería
F. RESIDUOS INDUSTRIALES ASIMILABLES
G. RESTOS DE MATADERO
H. LODOS
I. RESIDUOS AGRICOLAS, GANADEROS Y FORESTALES
J. RESIDUOS MINEROS Y METALURGICOS
K. RESIDUOS PELIGROSOS</p> |
|--|

Los residuos comprendidos en las clases B, G y en las sub-clases E.1, E.2, E.4, E.5, E.6, del mismo cuadro deberán recibir un manejo separado del sistema regular de

aseo urbano, sujetándose también a tasas especiales conforme a la reglamentación de los gobiernos municipales.

2.3.2.1 Del Tratamiento

Artículo 64° Toda persona natural y/o colectiva, pública o privada, generadora o no de residuos, podrá individual o colectivamente realizar el tratamiento de los residuos sólidos, debiendo cumplir para la instalación y funcionamiento de las plantas de tratamiento lo establecido en la ley, el presente Reglamento y demás instrumentos conexos y complementarios aplicables.

Artículo 65° Los generadores o propietarios de residuos sólidos podrán ceder sus derechos a terceras personas, con fines de tratamiento y/o aprovechamiento.

2.3.3 Ley 755 de Gestión Integral de Residuos, 2015

Artículo 1. (Objeto). La presente Ley tiene por objeto establecer la política general y el régimen jurídico de la Gestión Integral de Residuos en el Estado Plurinacional de Bolivia, priorizando la prevención para la reducción de la generación de residuos, su aprovechamiento y disposición final sanitaria y ambientalmente segura, en el marco de los derechos de la Madre Tierra, así como el derecho a la salud y a vivir en un ambiente sano y equilibrado.

Artículo 6. (Principios). La Gestión Integral de Residuos se desarrolla conforme a los principios de la Ley N° 300 de 15 de octubre de 2012, "Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien", y los siguientes principios:

d) Protección de la Salud y el Medio Ambiente. La Gestión Integral de Residuos debe orientarse a la protección de la Madre Tierra, previniendo riesgos para la salud y de contaminación del agua, aire, suelo, flora y fauna, en concordancia con las estrategias de lucha contra el cambio climático, para el vivir bien de las actuales y futuras generaciones.

1) Responsabilidad Compartida. La Gestión Integral de Residuos es responsabilidad social, pública y privada; requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de todos sus actores. -

g) Sostenibilidad. La Gestión Integral de Residuos debe adaptarse a las condiciones locales en base a criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales, para garantizar su continuidad, expansión y mejora permanente.

Artículo 13. (Prevención de, la generación de residuos de Consumidores y actividades productivas).

l. Toda persona natural o jurídica, en calidad de consumidor, debe priorizar la prevención de la generación de residuos.

11. Toda persona natural o jurídica, pública o privada, que realice cualquier actividad productiva, debe priorizar la prevención de la generación de residuos en cantidad o peligrosidad, mediante la aplicación de buenas prácticas de producción más limpia, así como el empleo de materias primas e insumos que provengan de materiales reciclables, biodegradables o sustancias no peligrosas.

Artículo 14. (Aprovechamiento de residuos).

l. El aprovechamiento de residuos es el conjunto de acciones que permiten la reutilización de los mismos o la reincorporación al ciclo productivo de los diferentes recursos presentes en los mismos, para generar beneficios al medio ambiente y a la economía del país, mediante el compostaje, reciclaje o aprovechamiento energético.

Artículo 23. (Ciencia, tecnología e investigación). El Sistema Estatal de Ciencia y Tecnología, deberá incluir en sus programas la investigación, desarrollo y promoción de la Gestión Integral de Residuos".

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

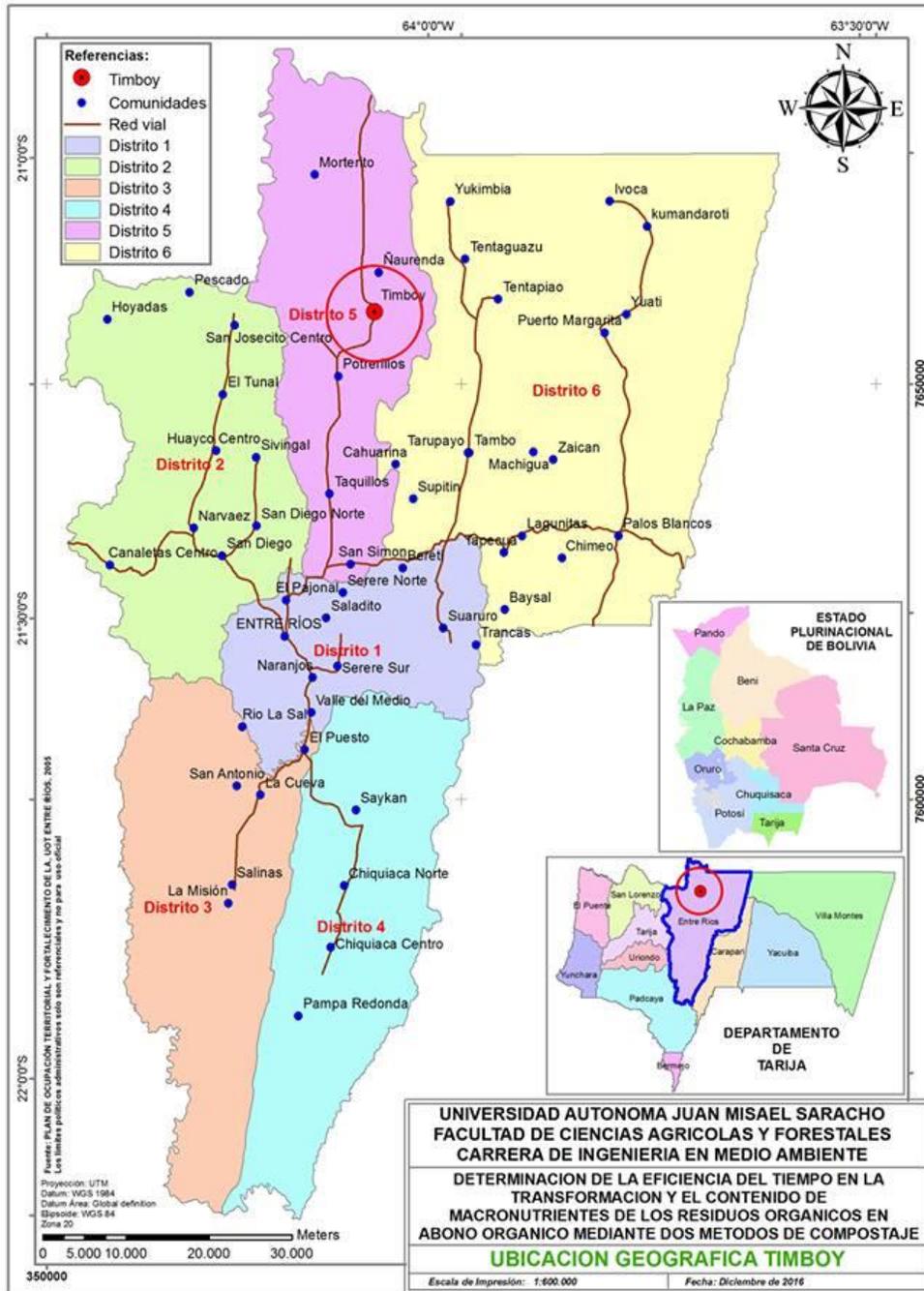
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La comunidad de Timboy se encuentra ubicada en la parte este del municipio de Entre Ríos, es una franja longitudinal de norte a sur que limita hacia el este por la divisoria de aguas del cordón montañoso conformado por los cerros: Pajarito, Quinde, Itobe y Sereré , al oeste por la divisoria de aguas de los cerros Morterito y Cañueloso y por la serranía Cabrera, al norte por las divisoria de aguas que van hacia el Río Pilcomayo y al sur por la divisorias de aguas del cerro Campanario. La comunidad es parte de la cuenca Timboy y tiene una superficie de 342 km², que representa aproximadamente el 6.4% del área total de la provincia O'Connor. (ZONISIG, 2001).

Geográficamente la comunidad de Timboy se encuentra altura de 752 msnm en las siguientes coordenadas latitud oeste 64°0'5.215"O longitud sur 21°11'30.148"S. (Ver Mapa1)

MAPA 1

UBICACIÓN DE LA COMUNIDAD DE TIMBOY



Fuente: ZONISIG, 2001

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN

3.2.1 Tamaño y Densidad

Esta área de intensificación, tiene aproximadamente una población total de 448 habitantes, agrupadas en 202 familias con un promedio familiar de 5 personas, con una densidad poblacional de 6,4 hab/km², mayores a la densidad general municipal (3,35 hab/km²). **Fuente** (SEDES Entre Ríos, 2015).

3.2.2 Naturaleza Étnica

En la zona se cuenta con la presencia de dos grupos étnicos: Los Criollos o Mestizos que son propietarios o dueños de los terrenos más grandes y que se dedican a la agricultura y la ganadería y los guaraníes, que están organizados en Capitanías y pertenecen a la Asamblea de Pueblos Guaraníes (APG). Practican la actividad agropecuaria de subsistencia, la artesanía. (ZONISIG, 2001)

3.2.3 Servicios Básicos

En la zona en estudio el servicio cuenta con alcantarillado.

En lo que respecta al servicio de agua potable es inexistente en toda la zona, es decir no se efectúan tratamientos de potabilización al agua. Con lo que se cuenta es agua por cañería y cuentan con el servicio de energía eléctrica. (Fuente: Propia)

3.2.4 Salud

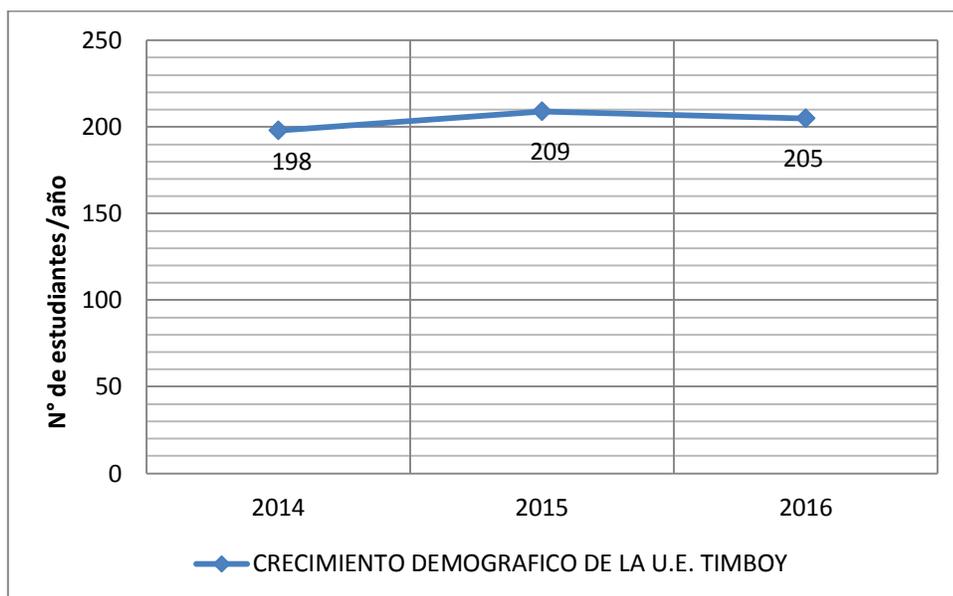
En la comunidad cuenta con una posta sanitaria, con un médico, una enfermera, una licenciada en odontología y una ambulancia. (Fuente: Centro de Salud Timboy).

3.2.5 Educación

La comunidad de Timboy cuenta con una unidad educativa que tiene los niveles de enseñanza primario y secundario. Cuenta con 14 docentes, un director encargado y una portera.

El crecimiento demográfico de los estudiantes se ha mantenido en los últimos 3 años se detalla a continuación en el siguiente gráfico:

Gráfica 1
Crecimiento Demográfico U.E. Timboy



Fuente: Dirección U.E. de Timboy, 2016

3.3 ASPECTOS ECONÓMICOS PRODUCTIVOS

3.3.1 Características Generales

La zona en estudio se caracteriza por tener un uso agrícola – ganadero, que ocupa la mayor cantidad de fuerza laboral, siendo la pequeña propiedad agraria familiar el tipo más generalizado, aunque también existen algunas propiedades familiares más grandes y otro tipo de propiedad de carácter comunal.

Los productores agrícolas realizan una agricultura de pequeña escala, generalmente ligada a la demanda del mercado local y con técnicas de producción tradicionales; la ganadería también es realizada de manera extensiva y con especies criollas de la zona sin mejoramiento genético. (ZONISIG, 2001).

3.3.2 Sector Agrícola

La producción agrícola en toda la zona tiene niveles medios a altos en rendimiento, en especial el de cultivo de maíz que es el más representativo en la comunidad y cuyo rendimiento llega a los 46 quintales por hectárea.

Otro de los cultivos representativos en la zona es el maní con un rendimiento medio de 12.2 qq/ha. que es bajo en comparación de otras zonas.

Ambos cultivos maíz y maní en ese orden, ocupan la mayor superficie dedicada a la agricultura y los cultivos como el poroto, camote, yuca y otros que no son muy representativos. (ZONISIG, 2001)

3.3.3 Sector Pecuario

La ganadería es uno de los rubros más importantes de la zona, constituyéndose en una fuente más importante de ingresos familiares. La ganadería bovina es la principal actividad generadora de ingresos, donde el promedio de cabezas por ganadero en toda la zona es de 34 y el promedio por familia llega a las 16 cabezas de bovinos. En importancia le sigue los caprinos y porcinos con similares promedios, es decir entre los 24 y 25 por ganadero y de 11 a 12 por familia respectivamente. (ZONISIG, 2001).

3.4 COMPONENTE BIOFÍSICO

3.4.1 Descripción Fisiográfica

El análisis del componente fisiográfico de la región corresponde a un paisaje de serranía media con disección moderada, cubriendo las laderas y las cimas, alcanzando altitudes que oscilan entre los 500 a 2000 msnm, con presencia de litología, correspondientes a rocas de limonitas, areniscas con algunas intercalaciones de arcillolitas, calizas y otras rocas carbonatadas, relieve con pendientes escarpada a muy escarpada, laderas generalmente de disección moderada, cubiertas por un bosque ralo, xeromofóbico, deciduo por sequía. (PDRO, 2010).

3.4.2 Vegetación Natural

De acuerdo a las características florísticas y del paisaje fisiográfico la vegetación de la zona de Timboy forma parte de los bosques del chaco serrano.

El uso principal es la ganadería extensiva con ganado vacuno en menor proporción ovino y caprino a base del ramoneo. Otro uso importante es el aprovechamiento selectivo de especies maderables de alto valor comercial como la quina, perilla y lapacho. Los volúmenes maderables de árboles en pie son variables de bajos a moderados.

Una importante superficie comprende tierras con cultivos agrícolas, barbechos, pastizales y arbustillos, que en su conjunto se denominan áreas antrópicas, cuyo uso es la agricultura a secano donde el maíz es el principal cultivo, sin embargo también se presenta ganadería extensiva que se extiende a toda la zona. (PDRO, 2010).

3.4.3 Suelo

En la comunidad se tiene un suelo correspondiente al tipo asociación leptosolphaezom, con una profundidad de medio a muy profundo de textura franco arenoso a arcillo arenoso, de color pardo rojizo a oscuro rojo amarillento con un PH de 4,5 a 6,5 con aptitud netamente agrícola. (PDRO, 2010).

3.4.4 Clima

El clima de la zona se caracteriza por presentar veranos lluviosos e inviernos secos con algunas lloviznas en invierno acentuadas principalmente en la región montañosa, que actúan como barreras al paso de los frentes fríos provenientes del sur comúnmente denominados surazos.

De acuerdo a registros de datos de precipitación existentes para la región, la época húmeda o de máxima pluviosidad se concentra entre diciembre a marzo, el mes más lluvioso es enero, la sequía se extiende de abril a noviembre, se tiene una precipitación promedio de 650 mm/año.

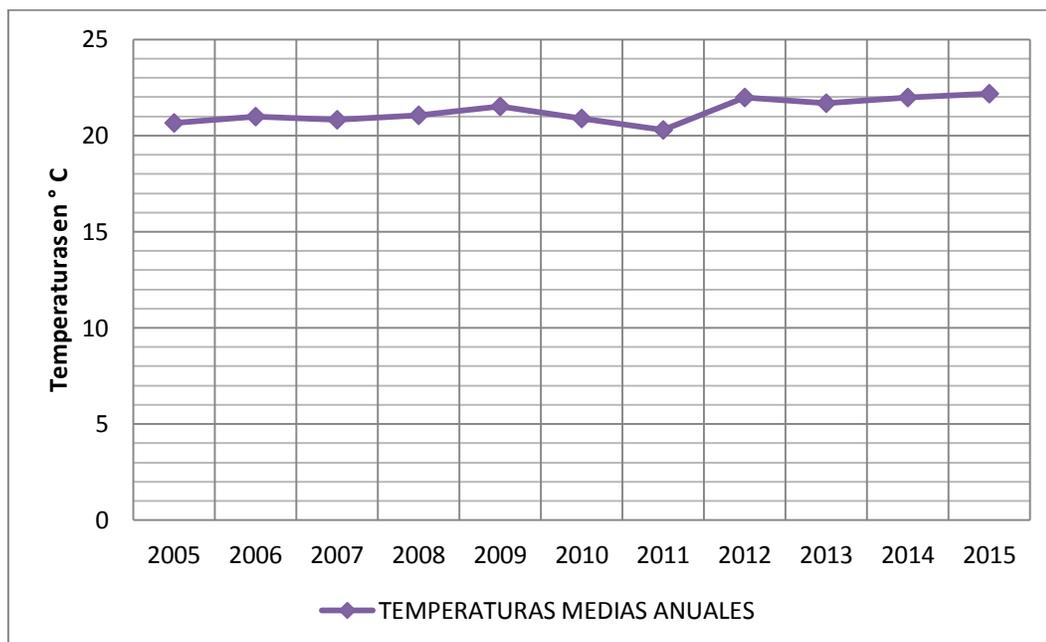
La temperatura media anual es de 21,1°C.

La temperatura media de invierno es de 16,024°C.

La temperatura media de verano es de 25,09°C.

A continuación se presenta en la siguiente gráfica, las temperaturas medias anuales de los últimos 11 años.

GRÁFICA 2
Temperaturas Medias Anuales



Fuente: SENAMHI TARIJA, 2016

3.4.5 Calidad del Agua

En general las aguas tienen un alto contenido de sales, de acuerdo a un muestreo que se hizo en época de estiaje se evidencia que la dureza total medida en mg. de CaCO₃/litro para esta zona se encuentra entre 650 - 1600 mg./lt., lo que significa que son fuentes de agua superficial duras a extremadamente duras, siendo consideradas aguas de categoría marginal y malas, tanto para consumo humano, animal como para destinarlas al riego.(ZONISIG, 2001).

3.5 MATERIALES

3.5.1 Materiales de campo

Herramientas para la elaboración de los dos tipos de compost.

- ✓ EPP personal.
- ✓ Envase para el pesaje.
- ✓ Romana de pesar.
- ✓ Cajas de madera de 50cm por 50 cm para almacenar la mezcla de materia orgánica durante su descomposición
- ✓ Pala para remover el compost.
- ✓ Regadera.
- ✓ Romana de pesar.
- ✓ Termómetro para controlar la temperatura.
- ✓ Material para la Elaboración del compost

3.5.2 Material de Gabinete

- ✓ Encuestas previamente elaboradas
- ✓ Tablero
- ✓ Computadora
- ✓ Impresora
- ✓ Material de escritorio.

3.5.3 Materiales para elaborar el compost

Método Tradicional

- ✓ Residuos orgánicos domésticos
- ✓ Estiércol
- ✓ Ceniza
- ✓ Catalizadores (carbón molido, lavadura y agua)
- ✓ Cajas de madera

Método takakura**Materia Prima del compost.**

- ✓ Residuos orgánicos domésticos.

Materia Prima del Cultivo de Bacteria:

(Alimentos fermentados + Agua azucarada)

Ingredientes A

- ✓ Azúcar morena (Aprox. 50 g)
- ✓ Agua del grifo (Aprox. 1.5 litros)
- ✓ Sal (Aprox. 15g)

Ingredientes B

- ✓ Alimentos fermentados:
- ✓ Yogurt
- ✓ Salsa de soja no refinada
- ✓ Vino local
- ✓ Soja fermentada
- ✓ Levadura
- ✓ Queso

Hortalizas de hoja, cáscaras de frutas y hortalizas:

- ✓ Uva
- ✓ Naranja
- ✓ Manzana
- ✓ Papaya
- ✓ Pepino
- ✓ Lechuga

Lecho de Fermentación:

- ✓ Cascarilla de arroz (Aprox. 3 kg)

- ✓ Afrecho de arroz o trigo (Aprox. 3kg)
- ✓ Hojas secas (Aprox. 4 kg)
- ✓ Tierra vegetal (Aprox. 12 kg)

Los costos de todos los materiales e insumos para elaborar el compost con los dos métodos de compostaje. Ver anexo 4.

3.6 METODOLOGÍA

Son diversos los autores que han investigado con metodologías tanto cuantitativas como cualitativas que permiten describir e interpretar la realidad. Por su parte (Altuve y Rivas, 1998), asegura que el diseño de una investigación, “es una estrategia general que adopta el investigador como forma de abordar un problema determinado, que permite identificar los pasos que deben seguir para efectuar su estudio”.

Para ello, el trabajo se enmarcara dentro de una investigación experimental, comparativa y descriptiva de campo. La cual identificará diferencias y semejanzas del comportamiento del compost elaborado a partir del método tradicional versus el método Takakura de dos componentes orgánicos con dos tratamientos tres repeticiones en cada tratamiento.

3.6.1 Método del Análisis

En el presente trabajo de investigación se optó por utilizar el método del análisis, el mismo que nos permitió extraer los diferentes datos obtenidos de las muestras, durante el transcurso de la investigación, con el objetivo de estudiarlos y examinarlos por separado, para observar las relaciones entre las mismas, es decir nos permitió realizar un respectivo análisis de todo el proceso de transformación de las muestras, identificando las semejanzas y diferencias de los resultados obtenidos. Esto nos permitió no sólo determinar un compost eficiente en el tiempo de transformación de la materia orgánica sino también un compost de buena calidad en el contenido de macro nutrientes (N, P y K) y su aceptación por parte de la población objeto de estudio.

3.6.2 Técnica de Recolección de Información

En el trabajo de campo se utilizó una serie de técnicas y procedimientos para la recolección de información, dependiendo de la naturaleza y área de investigación, por esta razón es importante considerarlos, ya que sirven como una herramienta de apoyo y es a través de éstos que se recoge la información para el análisis y tratamiento de la investigación, en esta investigación se aplicó la técnica de encuesta. (Ver Anexo 3). La metodología empleada fue el muestreo al azar para el levantamiento de la información de las encuestas.

3.6.3 Estructura Metodológica

El presente trabajo de investigación se realizó en 3 fases: fase de gabinete, fase de campo, fase de post campo.

3.6.3.1 Fase de Gabinete

Involucra las siguientes actividades:

3.6.3.1.1 Recopilación de Información Secundaria.

Lo que nos permitió en primer lugar conocer las características que se da en la Comunidad de Timboy en relación a los residuos sólidos orgánicos, es decir como son manejados, y que nos permitió definir la metodología para la elaboración de los compost orgánicos aplicando los dos métodos.

3.6.3.1.2 Elaboración de Encuestas

Es una técnica que en el trabajo de campo nos permitió recopilar información primaria, actual, concreta y especializada del tema y de la población, mediante la aplicación de una serie de preguntas, que son diseñadas con anterioridad, lo que nos permitió cumplir lo planificado en los objetivos específicos (Ver Anexo 3).

3.6.3.1.3 Determinación del Tamaño de la Muestra.

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó el método de población finita, el cual considera que todos los individuos sean susceptibles a ser elegidos.

Fórmula: tamaño de la muestra finita

$$n = \frac{Z^2 * (N) * (p) * (q)}{[E^2 - (N - 1)] + [Z^2 * (p) * (q)]}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra.

N= Tamaño de la población universo.

Z= Nivel de confianza, valor correspondiente a la distribución de Gauss 1.96.

P= variabilidad positiva, debe tomarse el valor de 0.5 para que la muestra sea representativa.

q = Variabilidad negativa.

E= Precisión o error, se recomienda tomar valores entre 5% o 10%

Desarrollo:

Datos:

n=?

N= 202

Z= 95% = 1.96

P= 50% = 50/100 = 0.5

q = 50% = 50/100 = 0.5

E= 9% = 9/100 = 0.09

$$n = \frac{(1.96)^2 * (202) * (0.5) * (0.5)}{[0.09^2 - (202 - 1)] + [1.96^2 * (0.5) * (0.5)]}$$

$$n = \frac{194.0008}{[1.6281] + [0.9604]}$$

$$n = \frac{194.0008}{2.5885}$$

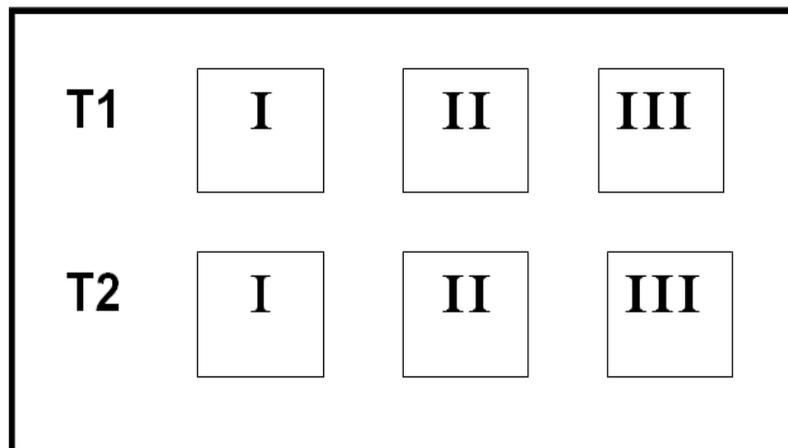
$$n = 74.94 \approx 75$$

Para obtener en la encuesta un 95% de probabilidad del estudio, en una población finita de 202 habitantes, se realizó la encuesta a 75 familias que representa el 37% de la población total.

3.6.4 Diseño Experimental

Según (Videz Gabriela 2014), el diseño ha aplicado en este tipo de investigación tomando en cuenta la opinión de varios investigadores entre ellos (Alfonso Pitarque 2002) donde menciona que el investigador tiene potestad para manipular directamente las variables comparando al menos dos tratamientos; por otro lado (José C Segura Correa 2000), coincide al manifestar que la investigación experimental el investigador manipula una o más variables de estudio para poner a prueba hipótesis y por último Gustavo Ramón S., 2000 que los métodos experimentales se manipulan deliberadamente una o más variables independientes para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente por los diferentes investigadores estadísticos, en esta investigación se realizará un diseño experimental de bloques al azar con dos (2) tratamientos y tres (3) repeticiones en cada tratamiento.



T1.: Tratamiento del método tradicional

I: Repetición uno.- Es la mezcla de 90 kg residuos orgánicos domésticos con 15 kg de estiércol de cabra, 10 kg de ceniza y 7 kg de carbón.

II: Repetición dos.- Es la mezcla de 90 kg residuos orgánicos domésticos con 15 kg de estiércol de cabra, 10 kg de ceniza y 7 kg de carbón.

III: Repetición tres.- Es la mezcla de 90 kg residuos orgánicos domésticos con 15 kg de estiércol de cabra, 10 kg de ceniza y 7 kg de carbón.

T2.: Tratamiento del método Takakura.

I: Tratamiento uno.- Es la mezcla de 90 kg de residuos orgánicos domésticos con el compost semilla que contiene las bacterias.

II: Tratamiento dos.- Es la mezcla de 90 kg de residuos orgánicos domésticos con el compost semilla que contiene las bacterias.

III: tratamiento tres.- Es la mezcla de 90 kg de residuos orgánicos domésticos con el compost semilla que contiene las bacterias.

3.6.5 Procedimiento Para la Elaboración del Compost

3.6.5.1 Método Tradicional

A continuación se describe una serie de pasos que se siguió para elaborar el compost, en las cajas de 50*50 cm., seleccionándose estas cajas debido a la fácil manipulación e incorporación del oxígeno por las aberturas que presentan estas lo que nos permitirá la rápida descomposición de los residuos sólidos orgánicos y por la economía de las mismas.

La metodología empleada para la elaboración del compost orgánico se basó en la utilizada por (Rojas Pérez, 2007), desarrollada de la siguiente manera:

Paso 1

En una caja ubicada en una superficie plana y limpia se esparció la primera capa de residuos orgánicos de unos 5 cm de espesor, previendo que la descomposición de los demás ingredientes emita líquidos y la tierra actúe como esponja absorbiéndolos.

Paso 2

Se esparció la segunda capa de materiales, la cual fue de estiércol de cabra con el mismo espesor que la anterior capa posteriormente se procedió a regar con agua la capa esparcida.

Paso 3

Colocamos la tercera capa, la cual (en orden ascendente) fue la ceniza, procediendo posteriormente a regar con agua la capa esparcida.

Paso 4

Este paso consistió en aplicar una capa de carbón molido distribuyéndola uniformemente sobre las capas anteriores. Posteriormente regar con agua y levadura disuelta.

Una vez culminada este paso se repite de nuevo todo el procedimiento aplicando los materiales en proporciones iguales hasta llenar la caja, por lo tanto no se peso al momento de ir aplicando los materiales.

3.6.5.2 Método Takakura

A continuación se describe una serie de pasos para la elaboración del compost, en las cajas de 50*50 cm., seleccionándose estas cajas debido a la fácil manipulación. El método fue creado por el Japonés (Sr. Koji Takakura, 2004). Se describe a continuación la metodología de elaboración aplicada.

1.- preparación de la Solución de Fermentación

- ✓ Se prepara la solución de Alimentos fermentados + Agua azucarada

Ingredientes A**Agua azucarada:**

- Azúcar morena (Aprox. 50 g)
- Agua del grifo (Aprox. 1.5 litros)

Ingredientes B**Alimentos fermentados:**

- Yogurt
- Salsa de soja no refinada
- Vino local
- Soja fermentada
- Levadura
- Queso

Estos dos ingredientes se mezclan para formar la solución de fermentación en una botella pet y se deja reposar por 3 días.

- ✓ Se prepara otra solución de Frutas y hortalizas + Agua salada

Ingredientes A

Agua salada:

- Sal (Aprox. 15g)
- Agua de grifo (Aprox. 1,5 litros)

Ingredientes B

Hortalizas de hoja, cascaras de frutas y hortalizas:

- Uva
- Naranja
- Manzana
- Papaya
- Pepino
- Lechuga

Estos dos ingredientes se mezclan para formar la solución en una botella pet y se deja reposar por 3 días.

2.- mezcla de la solución de fermentación con un lecho de fermentación

- ✓ Se prepara el lecho de fermentación (La solución de Alimentos fermentados + Agua azucarada y la solución de Frutas y hortalizas + Agua salada) con materia orgánica seca (cascarilla de arroz, hojas secas y tierra vegetal). Mezclar bien todo.
- ✓ Dejar que fermente la mezcla, esta mezcla se debe Mantener a una temperatura interior de 40 a 80 ° C. La fermentación termina alrededor de 3 días con lo cual tendríamos listo el compost semilla al cual se tiene que alimentar de residuos orgánicos en el siguiente paso de compostaje.

3.- compostaje

- ✓ Recorte los residuos orgánicos y póngalos en el recipiente mezclándolos
- ✓ Cubra los residuos orgánicos con compostaje semilla y realizar el control de la temperatura y humedad hasta que finalice la descomposición que tarda entre 15 a 30 días.

3.6.6 Parámetros a Tomar en Cuenta Durante la Elaboración del Compost por los Métodos en Estudio

Método Tradicional

Los parámetros a tomados en cuenta fueron los siguientes:

- ✓ Tiempo de descomposición
- ✓ Control de la temperatura
- ✓ Control de la humedad
- ✓ Riego en caso de falta de humedad
- ✓ Numero de volteos
- ✓ Disminución de la cantidad de compost
- ✓ Análisis químico de laboratorio

Método Takakura

- ✓ Control del tiempo
- ✓ Control de la temperatura
- ✓ Control de la humedad
- ✓ Riego en caso de falta de humedad
- ✓ Numero de volteos
- ✓ Disminución de la cantidad de compost
- ✓ Análisis químico de laboratorio

3.6.7 Fase de Campo

3.6.7.1 Relevamiento de Encuestas

Esta actividad nos ha permitido determinar el grado de conocimiento de los métodos de compostaje a la población de la comunidad de Timboy, fue mediante una encuesta estructurada (Ver Anexo 3), a las familias que componen tuvo como estructura: el número de miembros que componen las familias, origen de los residuos, clasificación de los residuos orgánicos, problemas que generan, conocimiento que tienen a cerca de su tratamiento, conocimiento de los métodos de compostaje.

3.6.7.2 Elaboración del Compost Orgánicos Mediante los Métodos en Estudio

Una vez obtenida la cantidad de residuos orgánicos necesarios para la elaboración del compost y con las metodologías definidas en la fase de gabinete se procedió a la elaboración del compost orgánico, para los dos métodos.

3.6.7.3 Control de los Parámetros.

Durante la elaboración del compost se registró en una planilla de parámetros (Ver Anexo 1 y 2). Esa información nos permitió hacer una comparación de los dos métodos.

3.6.8 Determinación de los Macro Nutrientes (N, P y K) de los Dos Compost.

Para la determinación los macro nutrientes del compost obtenido se realizó el análisis químico de la materia orgánica, (N, P y K) de los dos Tratamientos y sus respectivas réplicas con la finalidad de obtener un compost de calidad, lo que permitirá obtener un compost eficiente en el tiempo de elaboración sino también la calidad en el contenido de macronutrientes, mediante el análisis químico de las muestras en porcentaje.

3.6.8.1 Hacer una comparación de los Resultados Obtenidos de Laboratorio y su Respectiva Recomendación técnica.

Una vez obtenido los resultados del análisis en laboratorio de las muestras de los dos tipos de compost se procederá hacer una comparación y análisis técnico de los resultados.

3.6.9 Elaboración de un Manual del Proceso de Elaboración de los Dos Métodos de Compostaje.

Una vez obtenido todos los resultados fijados en los objetivos del presente trabajo de investigación, se procederá a elaborar un manual del proceso de elaboración de los dos métodos de compostaje. Este manual se le dotará a todos los pobladores interesados en aprender a elaborar abono de los residuos orgánicos domésticos, ellos tendrán la opción de elegir el método que más les guste y este a su alcance los recursos y materia prima para elaborar.

El manual contiene la siguiente información detallada:

- ✓ La materia prima a usar.
- ✓ Los materiales e insumos necesarios para su elaboración de los dos métodos de compostaje.
- ✓ Procedimientos de elaboración y cuidados que se debe tener al elaborar los compost.
- ✓ El contenido de macro nutrientes de cada uno y su importancia del mismo.
- ✓ El tiempo necesario para elaborar los dos tipos de compost.

3.6.10 Encuestas post compostaje.

Una vez dotado y previa explicación de los manuales a las familias interesadas en saber más del compostaje, se procedió a levantar la información de las encuestas post compostaje a todas aquellas familias que se le haya dotado y explicado el manual de compostaje.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de las Encuestas

4.1.1 Encuestas Pre Compostaje

A continuación se presenta los resultados que se han obtenido de la encuesta pre compostaje a la población objeto de estudio, sobre el nivel de conocimiento que tienen de algunos métodos de compostaje la cual permita el tratamiento de los residuos orgánicos. Como así también determinar la cantidad de residuos orgánicos que genera la población de estudio y por último conocer los principales problemas que genera la acumulación de los residuos orgánicos en la comunidad.

A continuación se presentan los resultados en cuadros y graficas para una mayor comprensión.

CUADRO 1

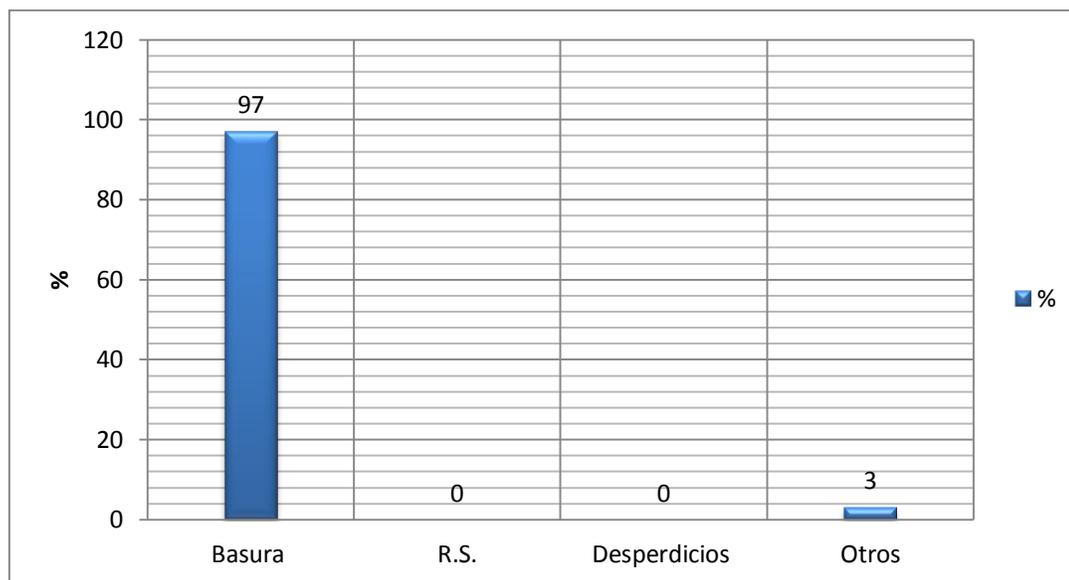
1. Qué nombre le da a los desechos que se producen en su domicilio particular

Ítem	Cantidad	%
Basura	73	97
R.S.	0	0
Desperdicios	0	0
otros	2	3
Total	75	100

GRÁFICA 3
Qué nombre le da a

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta, 2016

los desechos que se producen en su domicilio particular



Con relación al nombre que le da la población a los residuos orgánicos producidos en sus domicilios particulares, el 97 % de la población encuestada lo conoce a los residuos orgánicos como basura y el 3% de la población le da otros nombres.

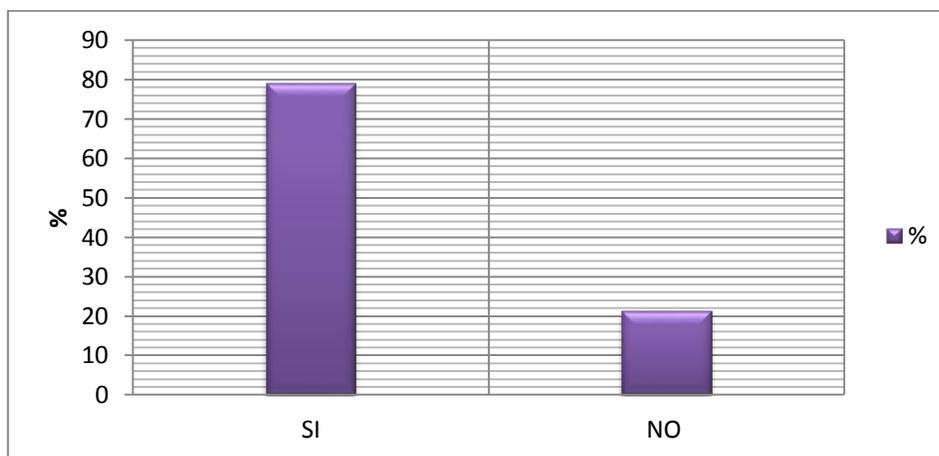
Haciendo un análisis esto se debe a que la población objeto de estudio en su mayoría no ha tenido la oportunidad de tener una educación ambiental, como charlas y talleres en el manejo de residuos sólidos

CUADRO 2
2. Sabe Usted que es un Residuo Orgánico

Pregunta	RESPUESTAS		
	Ítem	Cantidad	%
2	SI	59	79
	NO	16	21
Total		75	100

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta, 2016

GRÁFICA 4
Sabe Usted que es un Residuo Orgánico



Según el cuadro 2 y gráfica 4, un 79 % de la población encuestada si conoce que es un residuo orgánico y un 21 % desconoce que es un residuo orgánico

Es comprensible que la mayor parte de la población distinga un residuo orgánico del inorgánico, ya todos hemos tenido la oportunidad de escuchar el término orgánico y hace referencia a lo natural y todo lo que es verde, esto permite a la población hacer una diferencia.

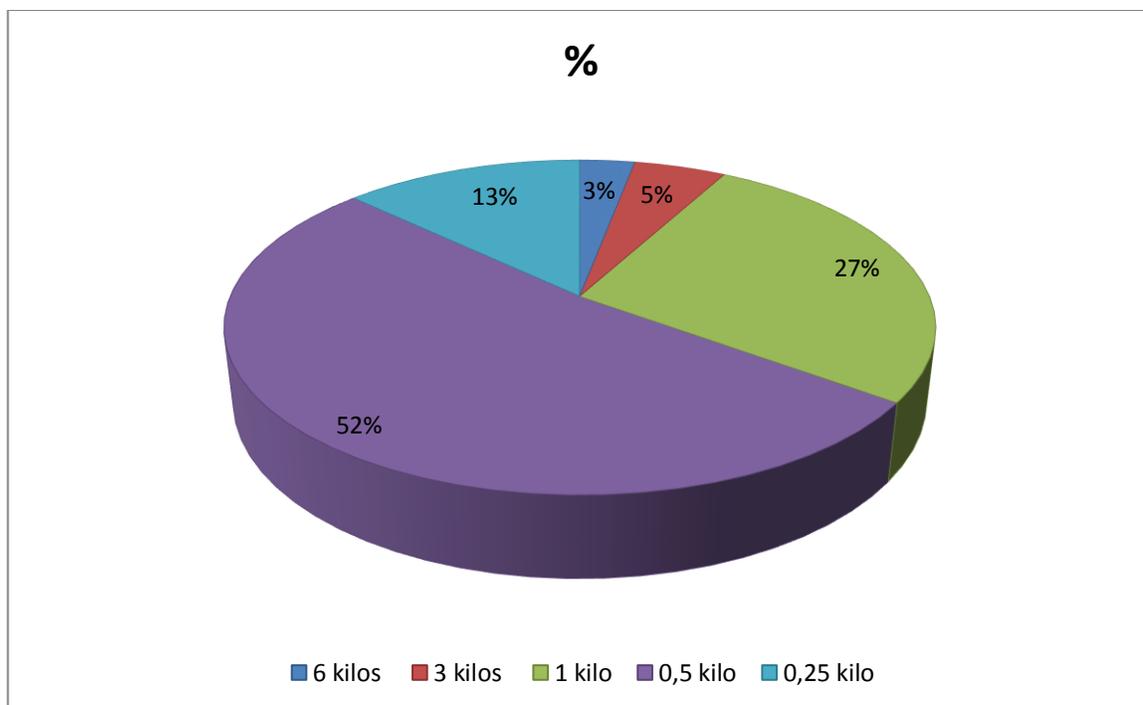
Haciendo una comparación de estos datos con otro estudio similar realizado en la comunidad de Tarupayo provincia O'connor (Videz Gabriela, 2014) nos dice que el 60% de esa población conoce que es un residuo orgánico, mientras que en nuestro estudio el 79% de la población de Timboy conoce que es un residuo orgánico.

En conclusión podemos decir que la población distingue un residuo orgánico de lo inorgánico porque a todo lo verde y de origen natural lo relacionado con lo orgánico.

CUADRO 3**3. Cuántos kilos de residuos orgánicos se generan aproximadamente en su vivienda por día**

Ítem	Cantidad/familia	%	Cantidad de R.O. (kg/familia encuestada)
6 kilos	2	3	12
3 kilos	4	5	12
1 kilos	20	27	20
0,50 kilos	39	52	19,5
0,25 kilos	10	13	2.5
Total	75	100	66 kg

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta, 2016

GRÁFICA 5**Cuántos kilos de Residuos Orgánicos se generan aproximadamente en su vivienda**

Con relación a la cantidad de residuos orgánicos que se generan por familia tenemos diferentes cantidades que se detallan a continuación; el 52% de las familias generan 0,5 kg/día, el 27% de las familias generan 1 kg/día, el 13% de las familias generan

0.25 kg/día, el 5 % de las familias generan 3 kg/día y el 3% de las familias generan 6 kg/día.

De acuerdo a los datos de las encuestas, las 202 familias que habitan la comunidad de Timboy generan aproximadamente 178 kg/día de residuos orgánicos. En promedio se genera 0,88 kg/familia de residuo orgánico al día.

Haciendo una comparación con otros estudios realizados en la provincia O'Connor, (Martínez Loyda, 2014). Nos dice que en la población de Entre Ríos se genera 0,56 kg/familia al día, mientras que en la población de Timboy se generan 0,88 kg/familia por día.

En conclusión podemos decir que en Timboy se generan más residuos orgánicos al día por familia que en la capital de la provincia, esto debido a que en una población rural como Timboy es netamente agrícola y ganadera. Los residuos orgánicos generados son producto de sus actividades agrícolas.

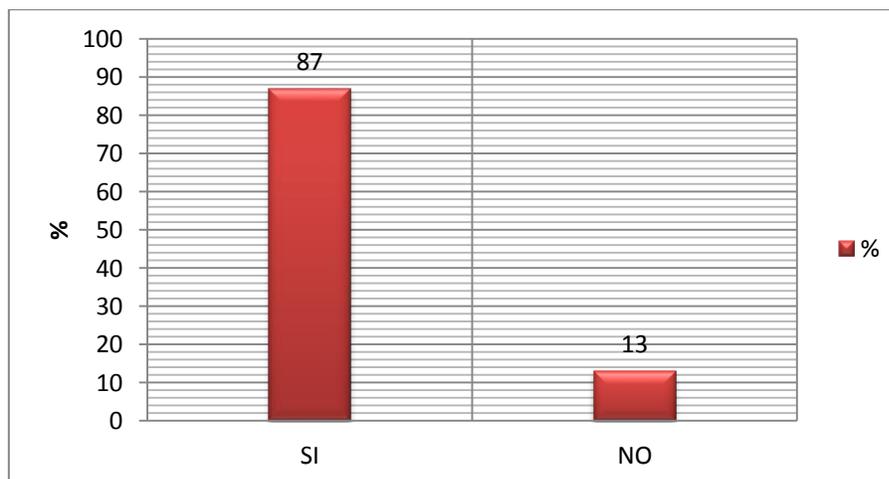
Esta información de la cantidad de residuos orgánicos que se generan en la comunidad y la cantidad por familia en la comunidad de Timboy también nos sirve para tener una idea de la magnitud de los problemas que puedan generar la acumulación de los residuos orgánicos. También sirve para otros proyectos o trabajos relacionados con el manejo de los residuos sólidos en el lugar de estudio.

CUADRO 4
4. Usted Percibe que hay una Acumulación de Residuos Orgánicos en la Comunidad

Pregunta	RESPUESTAS		
	Ítem	Cantidad	%
4	SÍ	65	87
	NO	10	13
Total		75	100

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta, 2016

GRÁFICA 6
Usted Percibe que hay una Acumulación de Residuos Orgánicos en la Comunidad



Según los datos obtenidos cuadro 4 y grafica 6, si ellos perciben que hay una acumulación de residuos orgánicos en la comunidad. El 87% de la población perciben que hay una acumulación de residuos en la comunidad, mientras un 13 % no percibe que hay una acumulación de residuos orgánicos.

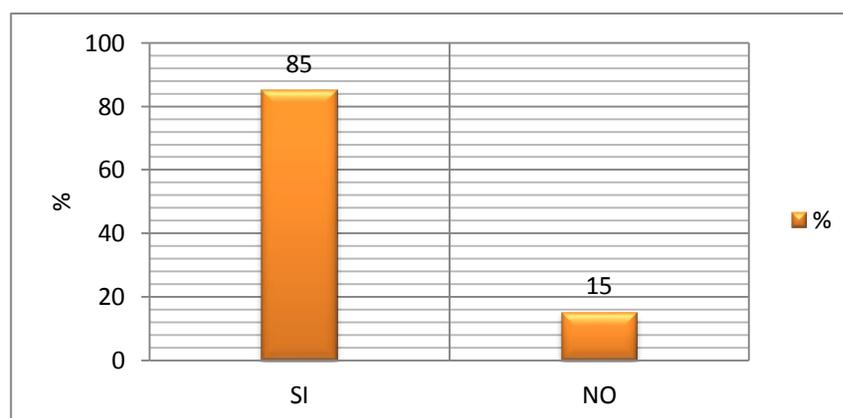
Según los resultados y los comentarios que te hace la población al responder las encuestas, ellos pueden ver la mayor acumulación en el cuerpo de agua superficial que escuche a unos 50 metros paralelo a la calle principal.

En conclusión podemos decir que hay una acumulación de residuos orgánicos en la comunidad y que genera una serie de problemas a la población.

CUADRO 5**5. Usted cree que esa acumulación de residuos Orgánicos le genera algún problema**

Ítem	Cantidad	%
SI	64	85
NO	11	15
Total	75	100

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta, 2016

GRÁFICA 7**Usted cree que esa acumulación de residuos Orgánicos le Generan algún problema**

Según el cuadro 5 y grafica 7, un 85 % de la población cree que esa acumulación de residuos orgánicos le generan una serie de problemas, que en la siguiente pregunta se lo menciona a las principales. Y un 15 % de la población cree que la acumulación de los residuos orgánicos en la comunidad no le genera ningún problema.

6. Si cree que la acumulación de residuos orgánicos le generan algún problema, coméntenos que tipos de problemas le generan.

Entre los principales problemas que le generan esta acumulación de residuos orgánicos, ellos pueden percibir los siguientes problemas:

- Infecciones gastrointestinales, generados por la presencia de moscas, mosquitos y cucarachas especialmente en época de verano.
- Contaminación al medio ambiente, especialmente al agua debido a que estos

residuos están dispuestos a orillas de los cuerpos de agua cercanos.

- Generan una mala imagen de la comunidad debido a que están a vista de toda la población.

CUADRO 6

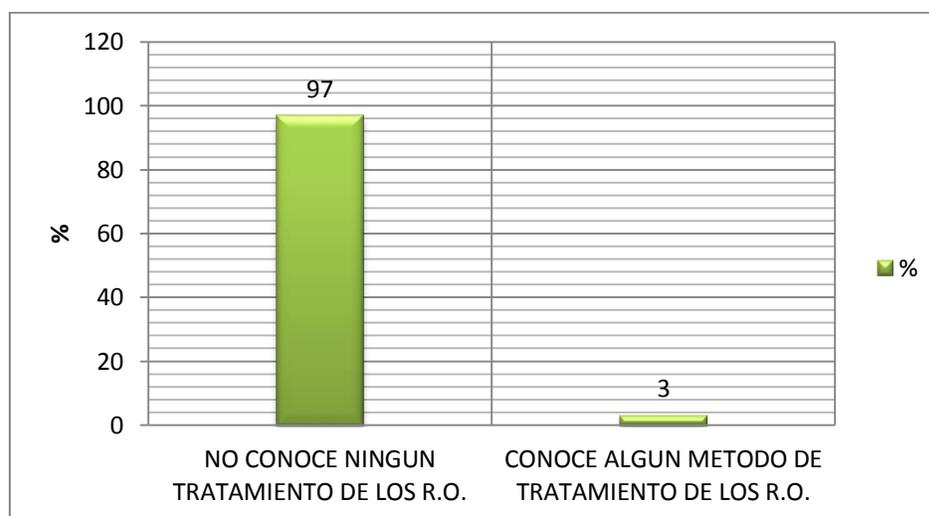
7. Conoce usted algún manejo que puedan recibir los Residuos Orgánicos

Pregunta	RESPUESTAS		
	Ítem	Cantidad	%
7	SI	2	3
	NO	73	97
Total		75	100

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta, 2016

GRÁFICA 8

Conoce usted algún manejo que puedan recibir los Residuos Orgánicos



Con respecto a la pregunta si la población conoce algún método para tratar los residuos orgánicos, el 97% no conoce ningún tratamiento, mientras que solo un 3% de la población conoce algún tratamiento de los residuos orgánicos.

Según el análisis que se puede hacer, es debido a que en la población no tuvo una educación ambiental, no tuvieron la oportunidad de recibir charlas ni talleres relacionados al manejo de residuos sólidos.

Haciendo una comparación con un estudio similar realizado por (Videz Gabriela, 2014) en la población de Tarupayo Provincia O'connor, un 87% de su población conoce como tratar los residuos orgánicos debido a cursos de capacitación que reciben.

8. Si la respuesta es sí, coméntenos que tipos de manejo conoce

De acuerdo a todos los encuestados y como se muestra en el cuadro 6, un 97% no conoce ningún tratamiento y sólo el 3% conoce como único tratamiento de los residuos orgánicos el método bocashi.

CUADRO 7

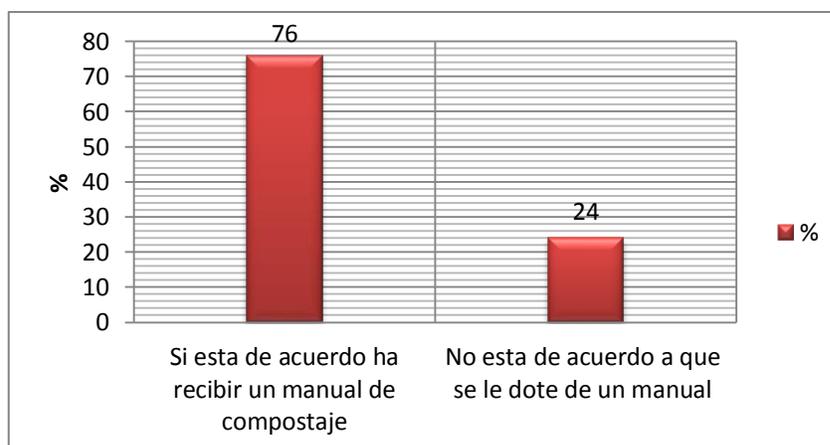
9. Si la respuesta es no, usted está de acuerdo que al final del trabajo de investigación se le dote de un manual para aprender a elaborar dos métodos de compostaje

Ítem	Cantidad	%
Si está de acuerdo	57	76
No está de acuerdo	18	24
Total	75	100

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta, 2016

GRÁFICA 9

Si la respuesta es no, usted está de acuerdo que al final del trabajo de investigación se le dote de un manual para aprender a elaborar dos métodos de compostaje



Según el cuadro 7 y gráfica 9, el 76 % de la población encuestada estuvo dispuesta a recibir un manual para elaborar los dos métodos de compostaje y el 24 % de la población encuestada no están dispuestas a recibir el manual porque no saben leer, porque simplemente no les interesa o no disponen de tiempo para ponerlo en práctica.

4.1.2 Encuestas Post Compostaje

A continuación se presenta los resultados que se han obtenido de la encuesta post compostaje a las 57 familias interesadas en recibir el manual y la explicación en la elaboración del compost.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cuadros y gráficas.

CUADRO 8

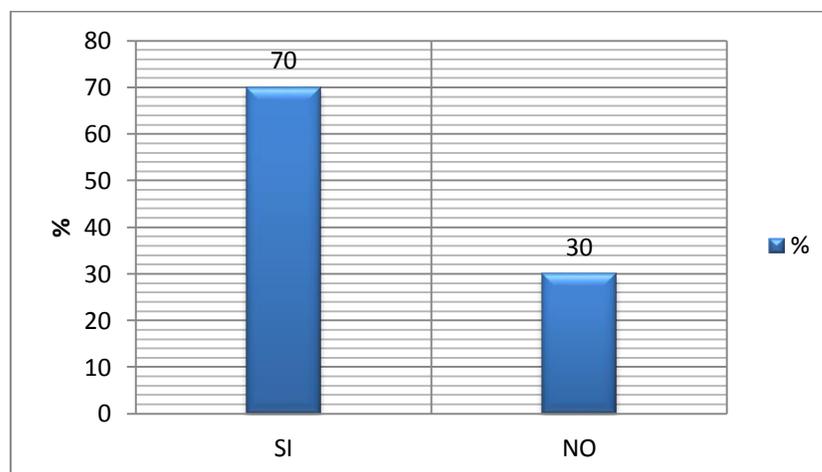
1. Le gusto la idea de elaborar abono de los residuos orgánicos en sus cultivos.

Ítem	Cantidad	%
SI	40	70
NO	17	30
Total	57	100

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta, 2016

GRÁFICA 10

Le gustó la idea de elaborar abono de los residuos orgánicos en sus cultivos



Según el cuadro y la gráfica al 70% de la población encuestada le gusto la idea de elaborar abono de los residuos orgánicos y el 30% no le gustó.

2. Porqué le gustó o no les gusto la idea de elaborar abono de los residuos orgánicos.

De de las 57 familias encuestadas, 40 familias les gustó la idea de elaborar el compost de los residuos orgánicos porque esos residuos que se lo vota, se lo puede convertir en abono para sus cultivos y huertos, de esta manera mejorar su producción.

A 17 familias no les gusto la idea de elaborar abono de los residuos orgánicos, porque no cuentan con un terreno y les parece muy costoso para elaborar ya que no disponen de mucho tiempo.

3. Cuál de los dos manuales les gustaría aplicarlo para elaborar el compost orgánico.

De las 40 familias interesadas en elaborar el compost, 28 familias le gustarían aplicar el compost takakura y a 12 familias le gustaría aplicar el método tradicional.

4. Porque elije aplicar este método de compostaje

Las 28 familias que aplicarían el método takakura, elijen este método de compostaje porque es más rápido en su elaboración y se puede tener más rápido abono disponible para poder usarlo.

Las 12 familias que aplicarían el método tradicional, elijen este método de compostaje por es más barato y no lleva mucho trabajo en su elaboración.

5. Le gustaría que se le brinde mas charlas de los problemas medio ambientales que se generan en la comunidad.

A las 57 familias que recibieron los manuales, les gustaría que se les brinde más charlas de los problemas ambientales que se generan en la comunidad.

4.2 CONTROL DE LOS PARÁMETROS

Los parámetros que evaluamos en la elaboración de los dos tipos de compost se detallan a continuación:

4.3 FACTOR TIEMPO

4.3.1 Tiempo de Descomposición del Método Tradicional

A continuación se presenta el siguiente cuadro del tiempo que llevo la descomposición de los residuos orgánicos mediante este método de tratamiento.

CUADRO 9
Tiempo de Descomposición del Método Tradicional

FECHA	SEMANAS	DÍAS
21/07-27/07 INICIO	1	7
28/07-03/08	2	7
04/08-10/08	3	7
11/08-17/08	4	7
18/08-24/08	5	7
25/08-31/08	6	7
01/09-07/09	7	7
08/09-14/09	8	7
15/09-21/09 FINAL	9	7
Total	9	63

Fuente: Elaboración propia, 2016

Según el tiempo y las fechas controladas en la elaboración de este tipo de compost, podemos verificar en el cuadro que el tiempo que llevó para la transformación el total de los residuos es de 9 semanas que son 63 días.

4.3.2 Tiempo de Descomposición del Método Takakura.

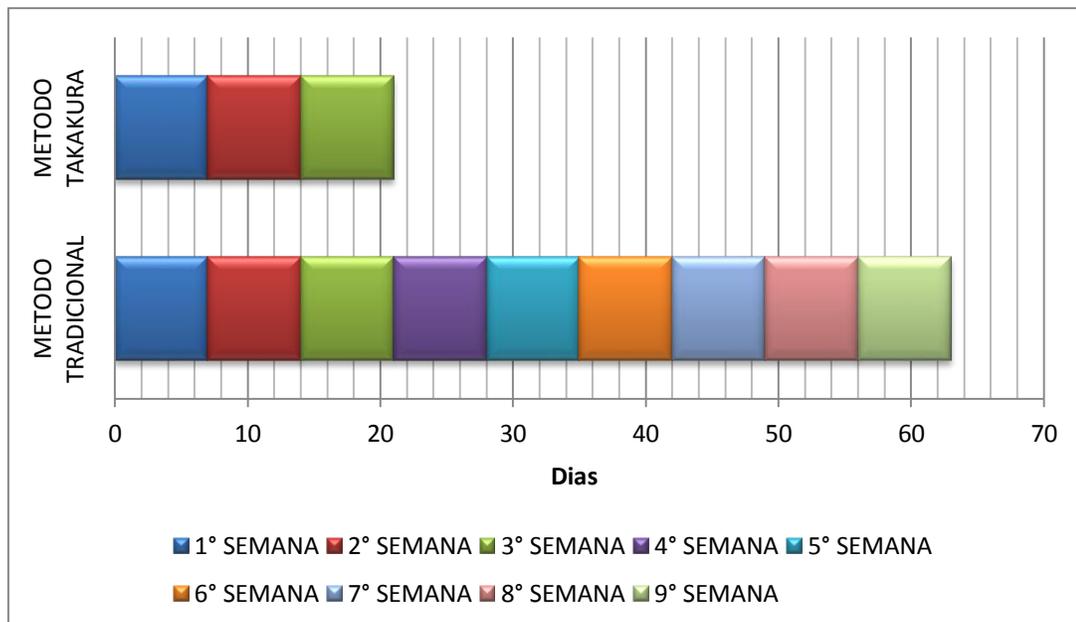
A continuación en el siguiente cuadro se detalla las fechas y el tiempo que llevó en descomponerse los residuos orgánicos con este método de tratamiento.

CUADRO 10
Tiempo de Descomposición del Método Takakura

FECHA	SEMANAS	DÍAS
21/07-27/07 INICIO	1	7
28/07-03/08	2	7
04/08-10/08 FINAL	3	7
TOTAL	3	21

Fuente: Elaboración propia, 2016

GRÁFICA 11
Comparación del tiempo de descomposición de los dos métodos de compostaje



Según el tiempo y las fechas controladas, la descomposición de los residuos orgánicos se realiza en mucho menor tiempo en comparación al anterior método. Lleva solamente 3 semanas lo que equivale a 21 días de tratamiento, lo que quiere decir que la descomposición de los residuos con el método takakura es dos veces más rápida que el método tradicional.

El método tradicional necesita 63 días para transformar los residuos orgánicos a abono orgánico, mientras que con el método takakura se puede la misma cantidad en tan solamente 21 días.

En comparación con datos del Instituto de Estrategias del Medio Ambiente Global (IGES, 2010) en muchos países en vías de desarrollo recientemente viene tratando los residuos orgánicos con el método takakura y lo realiza en 1 a 2 semanas, mientras que en el presente caso se lo realizó en 3 semanas.

El compost tradicional en un estudio en la comunidad de Tarupayo provincia O'Connor (Videz Gabriela, 2014) elaboró compost tradicional en 8 semanas mientras en mi caso se tardó 9 semanas para el elaborar dicho compost.

En conclusión haciendo la comparación con los otros estudios, nuestro caso una semana más de tiempo para elaborar los tipos de compost debido al factor climático ya iniciamos la elaboración en invierno lo cual influyó en la descomposición de la materia orgánica.

En el caso del método takakura, la razón por la cual se acelera en gran manera la transformación de los residuos orgánicos, es debido a los cultivos de bacterias fermentativas que se agregan a los residuos. Estos microorganismos fermentativos aerobios realizan el trabajo de descomponer la materia orgánica alimentándose de la misma.

Al tener el alimento disponible, la oxigenación necesaria con una ventilación de dos veces por día, hace que haya una rápida proliferación de estos microorganismos. Debido a la actividad metabólica de todos estos microorganismos la temperatura aumenta hasta 75°C u 80 °C. Todos estos factores favorecen de manera directa la transformación de los residuos.

4.4 CONTROL DE LA TEMPERATURA

4.4.1 Control de la Temperatura Método Tradicional

Para el control de la temperatura se uso un termómetro digital para mayor precisión, la temperatura se tomó a las 10 am., a una profundidad de 15 cm en el núcleo de la

caja, el registro se hizo en un rango de de 1 día por medio, lo cual facilitó para diferenciar las diferentes fases que se presentan durante el tiempo de descomposición de la materia orgánica con el tratamiento tradicional.

A continuación se presenta el siguiente cuadro con las temperaturas de los 3 tratamientos con el método tradicional.

CUADRO 11
Control de Temperaturas en el Método Tradicional

SEMANA	TEMPERATURAS PROMEDIO SEMANALES EN °C			OBSERVACIONES	
	T1	T2	T3		
1	38	36	37	Fase Mesofila	
2	41	43	41	Inicio fase Termofila	
3	38	37	37	Fase Termofila	
4	30	30	31	Fase de enfriamiento	Fase de Mesofila
5	27	27	28		
6	25	26	25	Fase de Maduracion	
7	25	24	24		
8	24	24	25		
9	25	24	23		

Fuente: Elaboración propia, 2016

4.4.2 Control de la Temperatura Método Takakura

Para el control de la temperatura con este método de igual manera se uso un termómetro digital, con lo cual se registro la temperatura a las 10 am., en el interior de cada caja a 15 cm de profundidad, la lectura se lo hizo todos los días antes del volteo u oxigenación. Se controló la temperatura todos los días debido a que las bacterias que descomponen la materia orgánica pueden sobrevivir en rango de 25 °C a 85°C, salirse de este rango de temperatura haría que todas las bacterias lleguen a morir con lo cual no se lo lograría la descomposición de los residuos orgánicos.

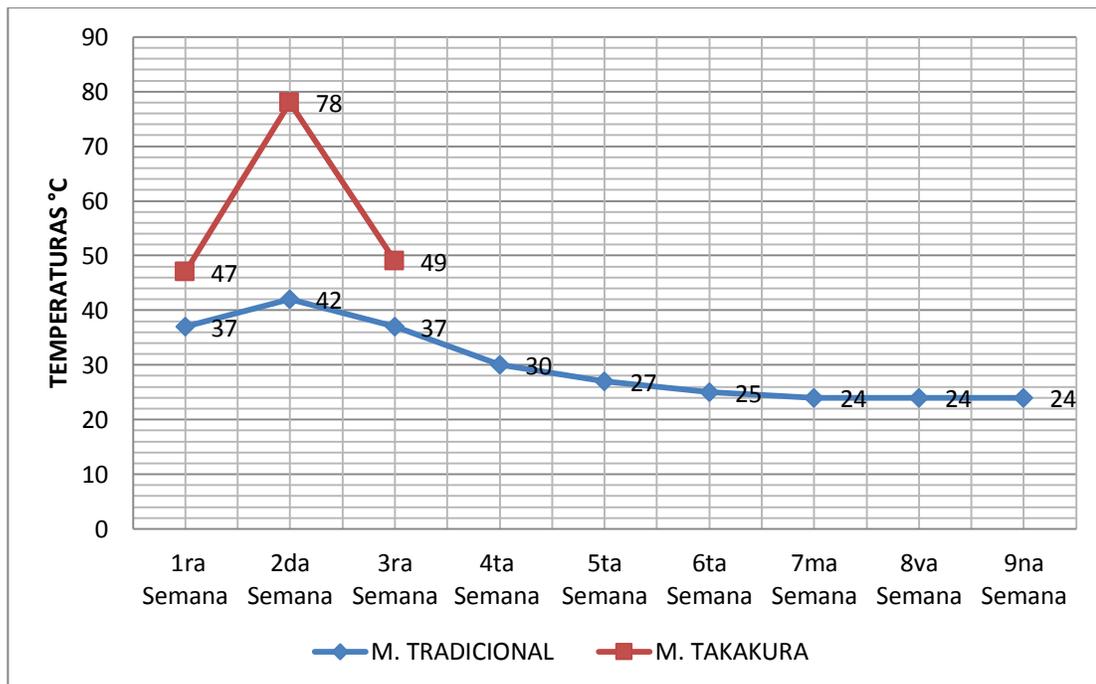
A continuación se presenta el cuadro de temperaturas en los 3 tratamientos de este método.

CUADRO 12
Control de Temperaturas en el Método Takakura

SEMANA	TEMPERATURAS PROMEDIO SEMANALES EN °C			OBSERVACIONES
	T1	T2	T3	
1	49	47	45	Fase mesofílica
2	76	73	75	Inicio fase termofílica
3	51	47	50	Fase termofílica

Fuente: Elaboración propia, 2016

GRÁFICA 12
Comparación de temperaturas de los dos métodos de compostaje



Según la grafica 8, hay mucha diferencia de temperatura entre ambos métodos.

En el método takakura se inicia la primera semana con una temperatura media de 47 °C, la segunda semana una temperatura media de 78 °C y la tercera semana baja a una temperatura media de 49°C.

En el método tradicional se inicia con una temperatura media de 37°C, la máxima temperatura media se tiene en la segunda semana con 42°C y el resto de tiempo se mantiene entre una temperatura media entre 30°C a 25°C hasta completar con el tratamiento.

Las temperaturas elevadas en el método takakura, se debe a la presencia de las bacterias mesofilas y termófilas agregadas en el cultivo de bacterias. Estas bacterias se reproducen y se proliferan muy rápidamente al tener los residuos orgánicos como alimento, la humedad y el oxígeno necesario.

Mientras que en el método tradicional no hay mucha actividad microbiana por lo que la temperatura no se eleva tan alto como el otro caso y lleva mucho más tiempo la descomposición de los residuos orgánicos.

En conclusión para acelerar la descomposición de los residuos orgánicos, se deben agregar bacterias mesofilas y termófilas, quienes son las responsables de descomponer toda la materia orgánica, mientras haya mayor actividad microbiana la temperatura se eleva. También es importante una humedad ideal y la oxigenación necesaria.

4.5 CONTROL DE LA HUMEDAD

Mantener un grado de humedad óptimo fue importante ya que los microorganismos que intervienen en la descomposición de la materia orgánica disminuyen su actividad si la humedad disminuye. Por lo cual se hizo un control riguroso de la humedad mediante el método “el de la mano”, que consiste en coger un puñado de compost y apretarlo; no tiene que ensuciar la mano sólo humedecerlo. Este procedimiento se aplico para ambos métodos de tratamientos, en caso de falta de humedad se agregaba agua en forma de rocío y de manera homogénea hasta llegar una humedad óptima.

4.6 NÚMERO DE VOLTEOS

El volteo en el método tradicional se lo realizo en tres periodos en un rango de 9, 22 y 28 días. Estos 3 volteos que nos permitieron darle una ventilación y oxigenación al compost por ende a las bacterias y microorganismos aerobios que son los encargados de transformar la materia orgánica en abono.

El volteo en el método takakura se lo realizo dos veces por día durante los 21 días que duro el tratamiento, en las mañanas se lo hizo a las 9:00 am y en las tardes 4:00 pm. Se hizo esto para maximizar la actividad microbiana y por consiguiente acelerar el proceso de descomposición en general. Todo esto también debido a que este tratamiento se realiza exclusivamente con un cultivo de bacterias fermentativas aerobias que requieren la constante presencia de oxígeno para poder proliferarse en gran manera, son los primeros en comenzar a hacer el trabajo, desempeñan el papel más destacado en la descomposición de la materia ya que poseen una amplia gama de encimas capaces de romper químicamente una gran variedad de compuestos orgánicos.

4.7 DISMINUCIÓN DE LA CANTIDAD DEL COMPOST.

De acuerdo a bibliografías consultadas de diferentes autores se hizo el control de la disminución del compost a los dos métodos de igual forma.

En el método tradicional se hizo el pesaje al inicio de elaboración, a los 28 días y a los 63 días. En el método de pesaje se tomó en cuenta la proporción de agua del compost.

A continuación se presenta el siguiente cuadro de manera detallada.

CUADRO 13
Control de la Disminución del Compost “Método Tradicional”

ESTADO DE LA MATERIA ORGÁNICA		INICIO: MATERIA ORGÁNICA FRESCA	COMPOST SEMIMADURO	COMPOST MADURO
T1	Fecha de control	21/07/2016	17/08/2016	21/09/2016
	Peso aproximado	90 kg.	54 kg.	36 kg.
	Proporción de agua	70-85%	20-30%	>20%
T2	Fecha de control	21/07/2016	17/08/2016	21/09/2016
	Peso aproximado	90 kg.	51 kg.	34 kg.
	Proporción de agua	70-85%	20-30%	>20%
T3	Fecha de control	21/07/2016	17/08/2016	21/09/2016
	Peso aproximado	90 kg.	53 kg.	36 kg.
	Proporción de agua	70-85%	20-30%	>20%
TOTAL		270 kg.	158 kg.	106 kg.

Fuente: Elaboración propia, 2016

En el método takakura se aplicó el mismo procedimiento que el anterior método para controlar la disminución del compost.

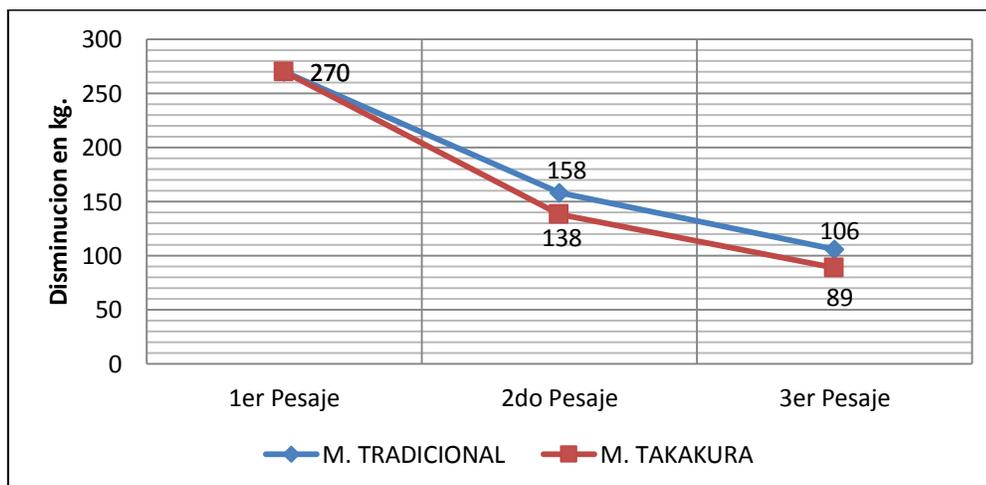
Se hizo el pesaje al inicio, a los 9 días y a los 21 días. A continuación se presenta el siguiente cuadro de manera detallada.

CUADRO 14
Control de la Disminución del Compost “Método Takakura”

ESTADO DE LA MATERIA ORGÁNICA		INICIO: MATERIA ORGÁNICA FRESCA	COMPOST SEMIMADURO	COMPOST MADURO
T1	Fecha de control	21/07/2016	29/07/2016	10/08/2016
	Peso aproximado	90 kg.	45 kg.	28 kg.
	Proporción de agua	70-85%	20-30%	>20%
T2	Fecha de control	21/07/2016	29/07/2016	10/08/2016
	Peso aproximado	90 kg.	46 kg.	30 kg.
	Proporción de agua	70-85%	20-30%	>20%
T3	Fecha de control	21/07/2016	29/07/2016	10/08/2016
	Peso aproximado	90 kg.	47 kg.	31 kg.
	Proporción de agua	70-85%	20-30%	>20%
TOTAL		270 kg.	138 kg.	89 kg.

Fuente: Elaboración propia, 2016

GRÁFICA 13
Comparación de la Disminución del Compost en los dos métodos



Fuente: Elaboración propia, 2016 H₂O

De acuerdo al cuadro 14 se hace una comparación de la disminución de la cantidad de compost. Se inicia con 270 kg en ambos métodos con una proporción de agua entre un 70 a 85 %, en el segundo pesaje a los 28 días del inicio con el método tradicional se tuvo un peso de 158 kg. Con una proporción de agua entre un 20 a 30 %, mientras que en el método takakura se hizo el pesaje a los 9 días del inicio con un peso 138 kg.

El tercer pesaje se lo realizó al finalizar cada tratamiento, en el método tradicional se obtuvo un peso de 106 kg. Con una proporción de agua >20%, mientras que en el método takakura fue de 89 kg de igual manera con una proporción de agua >20%.

Se puede verificar que la cantidad de compost tradicional al final del tratamiento es mayor esto debido a que al inicio del tratamiento se le agregan catalizadores como carbón molido, ceniza y estiércol de cabra. Estos compuestos se mantienen en peso hasta el final del tratamiento y hace que se tenga un mayor peso.

El compost takakura, tiene una menor cantidad en peso con relación al otro tratamiento, esto debido a que el 100% de la materia prima son residuos orgánicos y no se usa otros compuestos como el otro tratamiento.

4.8 ANÁLISIS QUÍMICO DE LABORATORIO

Los análisis de los compost para determinar el contenido de macro nutrientes, fueron realizados en los laboratorios de agua y suelo del SEDAG, donde se obtienen los siguientes resultados.

4.8.1 Resultados de los Análisis Químicos de Laboratorio

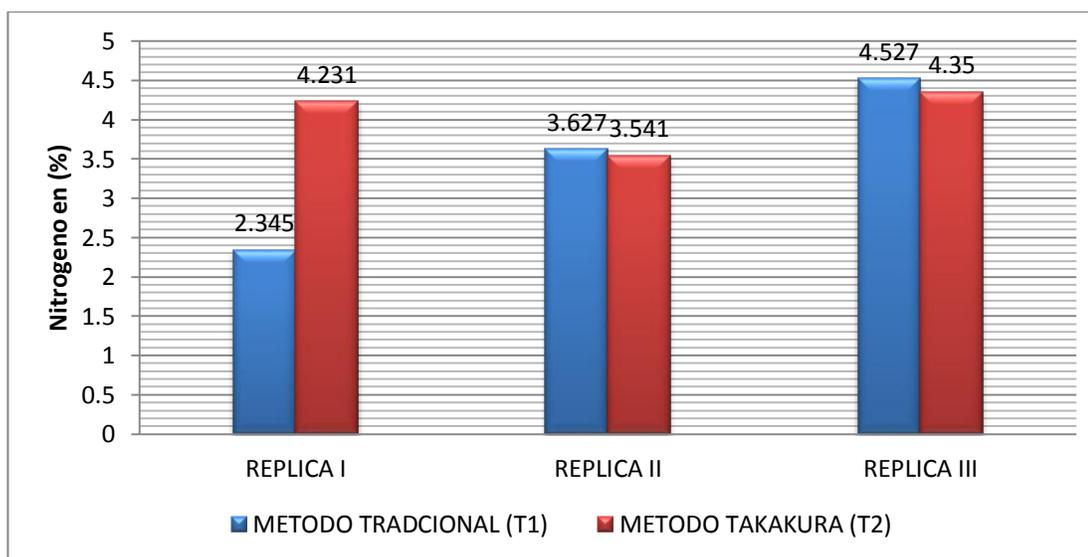
En función a los resultados del análisis químico de laboratorio de las diferentes muestras de compost para determinar el contenido de macro nutrientes se resumen en los siguientes cuadros.

CUADRO 15
Resultados de los Análisis Químico de laboratorio del Nitrógeno (N) %

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				×
	I	II	III	Σ	
T1 TRADICIONAL	2,345	3,627	4,527	10,499	3,49966667
T2 TAKAKURA	4,231	3,541	4,35	12,122	4,04066667
Σ	6,576	7,168	8,877	22,621	7,54033334
×	3,288	3,584	4,4385	11,3105	3,77016667

Fuente: Laboratorio de suelos y aguas SEDAG, 2016

GRÁFICA 14
Comparación del contenido de nitrógeno (%) de los dos métodos de compostaje



De acuerdo al cuadro 15 y gráfica 14 en el T1 y repetición III, se cuenta con el valor más elevado de 4,52% y en la repetición I presenta el nivel más bajo en nitrógeno 2,34 %. Mientras que en el T2 y repetición III, se cuenta con el valor más elevado 4,35% y en la repetición II se cuenta con el valor más bajo 3,54% de nitrógeno.

En promedio el T2 con sus repeticiones I, II y III presenta los valores más altos de nitrógeno 4,04%. Mientras que el T1 en promedio con sus repeticiones I, II y III presenta un valor menor de 3.49% de nitrógeno.

El T2, presenta los niveles más altos de nitrógeno, esto se le atribuye al contenido de la materia orgánica utilizada, ya que se uso residuos orgánicos de todo tipo incluyendo cítricos, restos de comida. También la rápida descomposición de la materia orgánica ayudó a que el nitrógeno no se volatizara ni se perdiera en el ambiente.

En promedio el T1 se puede evidenciar un leve descenso en comparación con el valor del T2, a pesar del uso de estiércol de cabra rico en nitrógeno en su elaboración, el valor fue menor y esto se le atribuye al largo tiempo que tardo la descomposición de la materia orgánica haciendo que se pierda el nitrógeno en forma de nitrógeno amoniacal (NH₃).

En conclusión podemos decir que el Tratamiento 2 es más rico en nitrógeno en comparación con el tratamiento 1.

CUADRO 16
Resumen del Análisis de Varianza para el Nitrógeno (%)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft _{0,5}
Tratamientos	1	0,43	0,43	0,64	18,51
Bloques	2	1,42	0,71	1,05	19
Error	2	1,35	0,67		
Total	5	3,22			

Fuente: Elaboración propia, 2016

El cuadro 16, nos presenta el análisis de varianza al 5%.

Como Fc 0,6 es < que 18,5, se concluye que no hay diferencias entre tratamientos.

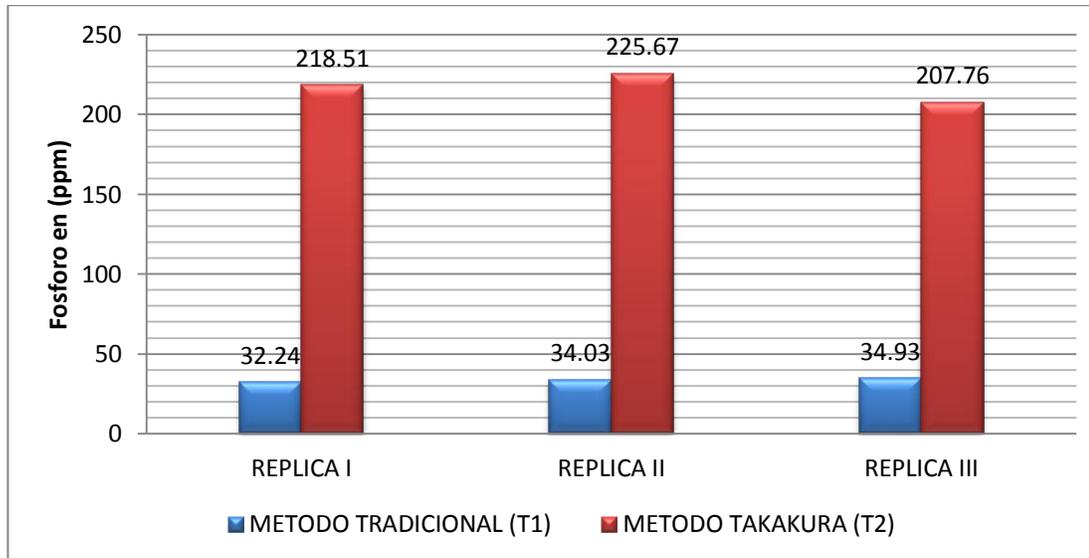
Como Fc 1,05 es < que 19, se concluye que no hay diferencia entre bloques.

CUADRO 17
Resultados de los Análisis Químico de Laboratorio del Fosforo (P) ppm

TRATAMIENTO	REPETICIONES				×
	I	II	III	Σ	
T1 TRADICIONAL	32,24	34,93	34,93	102,1	34,0333333
T2 TAKAKURA	218,51	225,67	207,76	651,94	217,313333
Σ	250,75	260,6	242,69	754,04	251,346667
×	125,375	130,3	121,345	377,02	125,673333

Fuente: Laboratorio de suelos y aguas SEDAG, 2016

GRÁFICA 15
Comparación del contenido de fosforo (ppm) de los dos métodos de compostaje



De acuerdo al cuadro 17 y gráfica 15, el T1 en la repetición II y III cuenta con el valor más elevado 102,1 ppm de fósforo, y en la repetición I presenta el valor más bajo 32,24 ppm de fosforo. Mientras que el T2 en la repetición II se cuenta con el

valor más elevado de 225,67 ppm, y en la repetición III se cuenta con el valor más bajo de 225,67 ppm de fósforo.

En promedio el (T2) en sus repeticiones I, II y III presenta el valor más alto promedio de 217,31 ppm de fósforo. Mientras que el T1 en sus repeticiones I, II y III presenta los valores más bajos promedios 34,03 ppm de fósforo.

Según la bibliografía consultada (Vargas Ramires, 2012). Nos dice que hay géneros de bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico.

Entre los principales géneros más efectivos tenemos como: *pseudomonas*, *bacillus* y *Rhizubium* se caracterizan por tener mayor potencial de solubilización de fosfato y fósforo. Todos estos géneros tienen la capacidad de solubilizar fosfatos en forma inorgánica y también fósforo inorgánico.

Estos microorganismos se caracterizan por ser aerobios, también existen algunos microorganismos mesófilos heterótrofos y facultativos con esta capacidad de solubilización de fosfatos. Estos géneros de bacterias presentes en la descomposición de la materia orgánica del compost han hecho de que haya un elevado porcentaje de fósforo asimilable en este método de compostaje. Otro factor al que también se le atribuye el alto porcentaje de fósforo asimilable en este método de compostaje, es el PH. Pues valores entre 6.5 y 7 se consideran benéficos para la presencia de fósforo asimilable.

En el tratamiento (T1) se nota una disminución considerable, según (Videz Gabriela, 2014), el descenso de fósforo en este método de tratamiento se debe a la presencia de PH alcalino presente, ya que el fósforo asimilable se encuentra disponible en un rango 6,5 a 7 de PH.

También debido al tiempo que se tarda en descomponerse la materia orgánica, existe pérdidas de fósforo por lixiviación.

En conclusión, el tratamiento takakura es más rico en fósforo en comparación al tratamiento tradicional.

CUADRO 18
Resumen del Análisis de Varianza para el Fosforo (ppm)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F _{t0,5}
Tratamientos	1	50387,3376	50387,3376	1159,70125	18,51
Bloques	2	80,4590333	40,2295167	0,92591161	19
Error	2	86,8971	43,44855		
Total	5	50554,6937			

Fuente: Elaboración propia, 2016

El cuadro 18, nos presenta el análisis de varianza al 5%.

Como Fc 1159,7 es > que 18,5 se concluye que hay una diferencia muy elevada en el contenido de Fosforo entre ambos tratamientos.

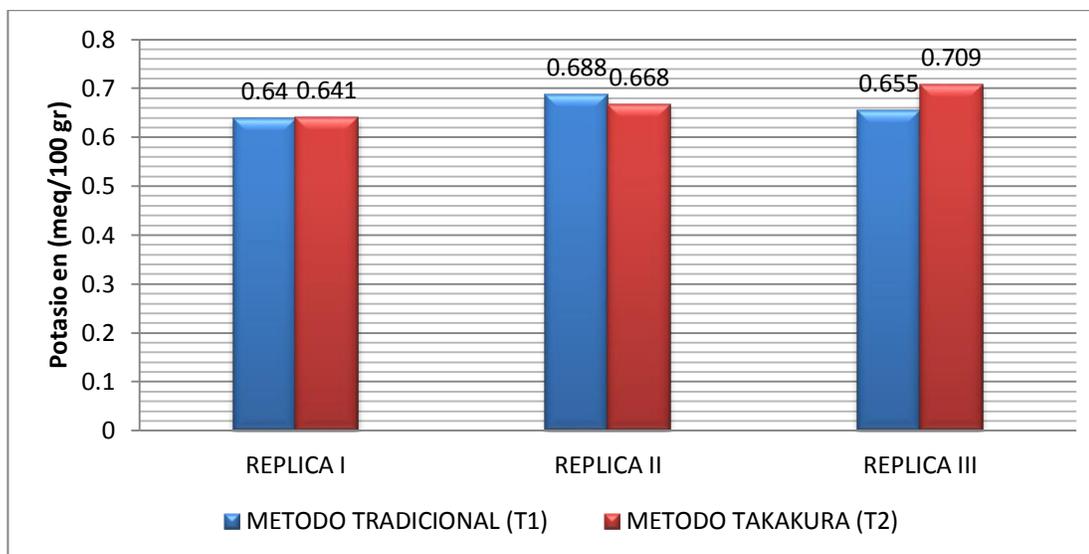
Como Fc 0,92 es < que 19, se concluye que no hay diferencia entre bloques.

CUADRO 19
Resultados de los Análisis Químico de Laboratorio del Potasio (P) meq/100 gr

TRATAMIENTO	REPETICIONES				×
	I	II	III	Σ	
T1 TRADICIONAL	0,64	0,688	0,655	1,983	0,661
T2 TAKAKURA	0,641	0,668	0,709	2,018	0,67266667
Σ	1,281	1,356	1,364	4,001	1,33366667
×	0,6405	0,678	0,682	2,0005	0,66683333

Fuente: Laboratorio de suelos y aguas SEDAG, 2016

GRÁFICA 16
Comparación del contenido de potasio (meq/100 gr) de los dos métodos de compostaje



De acuerdo al cuadro 19 y gráfica 16, se puede observar que en el T1 repetición II cuenta con el valor más elevado 0,68 meq/100 gr de potasio y la repetición I cuenta con el valor más bajo 0,64 meq/100 gr de potasio.

En promedio el tratamiento 2 y sus réplicas I, II y III presenta los niveles promedios más altos en potasio con un valor 0,67 meq/100 gr. Mientras que el tratamiento 1 y sus réplicas I, II y III presenta valores más bajos 0,67 meq/100 gr. de potasio.

Con respecto al contenido de potasio en el tratamiento 2 no se observa una gran diferencia entre ambos tratamientos, esto debido a que el potasio presente en el compost, es potasio orgánico proveniente de la descomposición de la materia orgánica. Este trabajo es realizado especialmente por los microorganismos. Estos microorganismos al ya no contar con alimento mueren incorporándose de igual manera al compost haciendo que haya una mayor fijación de potasio.

En conclusión, el tratamiento takakura tiene una leve diferencia mayor con respecto al otro tratamiento en cuanto al contenido de potasio.

CUADRO 20
Resumen del Análisis de Varianza para el Potasio

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F _{t0,5}
Tratamientos	1	0,00020417	0,0002041	0,28077011	18,5
Bloques	2	0,00209633	0,0010481	1,4414393	19
Error	2	0,00145433	0,0007271		
Total	5	0,00375483			

Fuente: Elaboración propia, 2016

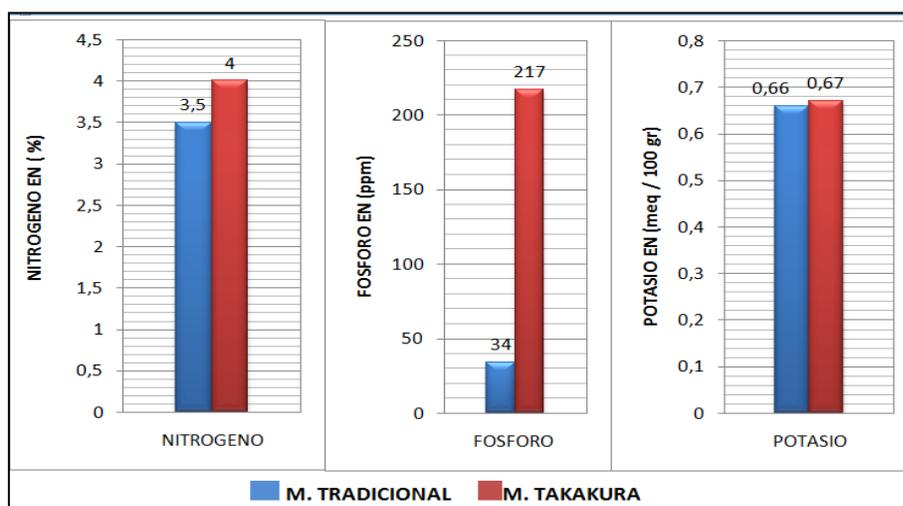
El cuadro 20, nos presenta el análisis de varianza al 5%.

Como Fc 0,28 es < que 18,5, se concluye que no hay una diferencia entre ambos tratamientos.

Como Fc 1,44 es < que 19, se concluye que no hay una diferencia entre ambos bloques.

GRÁFICA 17

Comparación del contenido de macronutrientes (N, P y K) de los dos métodos de compostaje



Según la gráfica 17, se puede ver los resultados de la comparación del contenido de macronutrientes de los dos tratamientos de compostaje, donde el compost takakura tiene un mayor contenido de macronutrientes: Nitrógeno 4%, Fósforo 217 ppm y

Potasio 0,67 meq/100 gr. con respecto al compost tradicional se tienen valores más bajos en los tres macronutrientes: Nitrógeno 3,5%, Fósforo 34 ppm y potasio 0,66 meq/100gr.

(Paul y Clark, 1996) proponen como aceptable un porcentaje superior a 2% para N, el compost takakura tiene un valor de 4 % y el compost tradicional un porcentaje de 3,5 % de Nitrógeno. Los tipos de compost elaborados en este estudio son muy excelentes por el alto contenido de nitrógeno.

(Paul y Clark, 1996) de igual manera propone un valor de 1500 ppm de P como óptimo, y en el compost takakura se tiene un valor de 217 ppm y en el compost tradicional un valor mucho menor, se lo calificaría como bajo en fósforo al compost takakura y tradicional.

En cuanto al contenido de potasio (Videz Gabriela, 2014) nos muestra el contenido promedio de dos tipos de compost con un valor de 0,82 meq / 100 gr. En el caso nuestro el compost takakura presenta un valor de 0.66 y el compost tradicional presenta un valor de 0.67 meq/100gr. En conclusión no hay diferencia en el contenido de potasio en los dos tipos de compost.

4.9 ELABORACIÓN DEL MANUAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS DOS MÉTODOS DE COMPOSTAJE.

Se elaboró un manual en formato de tríptico, el mismo fue dotado a toda la población interesada, el mismo que contiene la siguiente información básica:

- ✓ Introducción
- ✓ Importancia del compostaje
- ✓ La materia prima a usar.
- ✓ Los materiales e insumos necesarios para su elaboración de los dos métodos de compostaje.
- ✓ Procedimientos de elaboración y cuidados que se debe tener al elaborar los compost.
- ✓ El tiempo necesario para elaborar los dos tipos de compost.
- ✓ El contenido de macro nutrientes de cada uno y su importancia del mismo.

Para verificar el manual ver Anexo 8

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ✓ Aproximadamente el 97% de la población desconocen el tratamiento adecuado que deben recibir estos residuos. El 76% de la población estuvo de acuerdo a recibir un manual con información sobre el tratamiento de los residuos orgánicos mediante los dos métodos de compostaje.
- ✓ Una vez elaborado el compost mediante los dos métodos de compostaje, se llegó a conclusión que el método takakura resulta mucho más eficiente, debido al corto tiempo de elaboración.
- ✓ Como resultado de la interpretación y análisis de los resultados obtenidos en laboratorio tratamiento takakura (T2), tiene los valores más elevados en el contenido de los macronutrientes: 4% de Nitrógeno, 217 ppm de Fósforo y 0,67 meq/100 gr de potasio. Mientras que en el tratamiento tradicional (T1) se tuvo valores más bajos. Un valor 3,5 % de Nitrógeno, 34 ppm de Fósforo y 0,66 meq/100 gr de Potasio. Se puede verificar de que el compost takakura tiene un muy buen contenido de macronutrientes, ya que tiene los valores más altos en comparación con el otro método. Para considerarse un compost aceptable se necesita un 2% de Nitrógeno y en nuestro caso se tiene un valor de 4% Nitrógeno.
- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos en la aplicación de los dos métodos de compostaje, se tuvo una gran diferencia entre ambos métodos en el tiempo de elaboración. Con el método takakura se tardó 21 días para elaborar el compost, mientras que con el método tradicional tardó 63 días, lo que significa que el compost takakura es dos veces más rápido en descomponer la materia orgánica con respecto al otro método.

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda para el caso del compost tradicional, elaborarlo en la estación de verano donde se tiene altas temperaturas que permitirán acelerar su descomposición.
- ✓ Para análisis de macronutrientes en compost y suelos no sólo hacer el análisis del total de macronutrientes como en este caso, sino también hacer el análisis de los macronutrientes disponibles quienes son realmente los que pueden ser aprovechados por las plantas.
- ✓ Para el caso del compost takakura realizar experimentos en distintas especies de plantas agrícolas, para ver los beneficios que se tiene al usar este tipo de abono.
- ✓ Se recomienda para otro investigador implementar el compostaje takakura en la comunidad de Timboy y cuantificar la reducción de la contaminación por residuos orgánicos.