

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO PRODUCTIVO DE UN ABONO
NATURAL (TAKAKURA) EN LA SIEMBRA DE ALFALFA
(*Medicago Sativa V. California 101*) EN CAJABAMBA”**

Bach: Shirley Katerine Castañeda Luza

Bach: Maximila Esther Palomino Chávez

Asesor:

Ing. M.Cs. Felipe Gutiérrez Arce

Cajamarca – Perú

Mayo– 2018

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO PRODUCTIVO DE UN ABONO
NATURAL (TAKAKURA) EN LA SIEMBRA DE ALFALFA
(*Medicago Sativa V. California101*) EN CAJABAMBA”**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para
optar el título profesional de Ingeniero Ambiental y Prevención de
Riesgos.

Bach: Shirley Katerine Castañeda Luza

Bach: Maximila Esther Palomino Chávez

Asesor: Ing. Mg. Felipe Gutiérrez Arce

Cajamarca – Perú

Mayo– 2018

COPYRIGHT © 2018 by

SHIRLEY KATERINE CASTAÑEDA LUZA

MAXIMILA ESTHER PALOMINO CHÁVEZ

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y

PREVENCIÓN DE RIESGOS

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

“EVALUACIÓN DEL EFECTO PRODUCTIVO DE UN ABONO

NATURAL (TAKAKURA) EN LA SIEMBRA DE ALFALFA

(Medicago Sativa V. California101 EN CAJABAMBA)”

PRESIDENTE

Ing. MCs. Fernando Camilo Joaquín Rodríguez

SECRETARIO

Ing. MCs. Juan Esaú Florián Alcántara

ASESOR

Ing. MCs. Felipe Baltazar Gutiérrez Arce

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedicamos a Dios por darnos salud para lograr nuestros objetivos, dotándonos de su infinita bondad, fortaleza, amor y nos guió por el buen camino, dándonos fuerzas para seguir adelante y no caer ante los problemas que se nos presentaban, enseñándonos a enfrentar las adversidades sin caer en el intento.

A nuestra familia quiénes nos apoyaron en todo momento.

A nuestros padres.

Por apoyarnos incondicionalmente en todo momento, por su comprensión, inculcándonos consejos, valores y sobre todo su amor, que nos motivó constantemente a ser personas de bien.

A nuestras hijas

Por ser el motivo de mis metas y salir adelante por su amor incondicional, esperando que mi ejemplo de perseverancia y constancia influyan en ella por siempre.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por iluminar nuestro camino y dirigirnos hasta dónde estamos ahora, dándonos fuerzas para superar cada obstáculo que se nos presente en la vida.

Agradecemos a nuestros padres por habernos brindado el apoyo que con su demostración ejemplar nos han enseñado a no desfallecer, ni a rendirnos ante nada y siempre ser perseverantes a través de sus sabios consejos, corrigiendo nuestras fallas y celebrando nuestros triunfos que damos en la vida.

A La “Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo” y a la facultad de Ingeniería Ambiental y prevención de Riesgos por formarnos íntegramente a lo largo del desarrollo académico de nuestra carrera, por darnos la mejor educación y a mis docentes que con su experiencia y conocimientos que contribuyeron al fortalecimiento de nuestras competencias como ingenieros.

Agradecemos de manera especial al Ing. MCs. Gutiérrez Arce, Felipe por su valioso apoyo incondicional y desinteresado en el asesoramiento del presente proyecto de investigación. A nuestros amigos y compañeros de nuestra facultad.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE	iii
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE ESQUEMAS.....	v
LISTA DE GRÁFICOS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRAC.....	ix
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. HIPÓTESIS	4
1.5. VARIABLES.....	4
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. TEORÍAS QUE SUSTENTAN LA INVESTIGACIÓN	5
2.2. BASES TEÓRICAS	10
2.2.1. Compostaje	10
2.2.2. Método takakura.....	16
2.2.3. Evaluación de la calidad de compost.....	20
2.2.4. Contaminación Ambiental	22
2.2.5. Problemas que atentan la sustentabilidad del suelo	25
2.2.6. Contaminación por fertilizantes	26
2.2.7. Plaguicidas	26
2.2.8. Generalidades de los Microorganismos	29

2.3. DISCUSIÓN TEÓRICA	29
2.3.1. Ubicación.....	29
2.3.2. Agricultura orgánica.....	30
2.3.3. Fertilización orgánica	34
2.3.4. Crecimiento en función a la dosis de Takakura	42
2.4. Definición de términos básicos	43
2.4.1. Takakura.....	43
2.4.2. Microorganismos Eficientes	52
2.4.3. ALFALFA CALIFORNIA 101.....	53
2.4.4. Problemas que atentan a la sustentabilidad del suelo	60
2.4.5. Fertilidad del suelo.....	60
CAPÍTULO III.....	62
3. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS	62
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	62
3.2. UNIDAD DE ANÁLISIS, UNIVERSO Y MUESTRA.....	62
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	62
3.4. PASOS DE ELABORACIÓN DE TAKAKURA	63
3.5. INDICADORES A MEDIR.....	66
3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	69
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL	70
CAPÍTULO IV	71
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
4.1.1. RESULTADOS.....	71
4.1.2. Evaluación de rendimiento de la alfalfa.....	72
4.1.3. Contenido de la materia fresca de la pastura	73
4.1.4. Contenido de materia seca de la pastura	73
4.1.5. Teoría del crecimiento de la alfalfa en función de la dosis de Takakura	73
.....	73
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
5.1. Conclusiones.....	74
5.2. Recomendaciones.....	75
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

7. ANEXOS.....	83
7.1. Presupuesto y financiamiento.....	83
7.2. Anexo 1: Análisis químico del Takakura	84
7.3. Anexo 2: Análisis químico de la materia seca de la alfalfa (Medicago Sativa).	85
7.4. Anexo 3: Panel fotográfico.....	86
7.5. Anexo 4:	98
7.6. Anexo 5: Cuadro de análisis de la varianza: Altura de la pastura	106
7.7. Anexo 6: Cuadro de análisis de la varianza: Rendimiento en base fresca (BF)	106
7.8. Anexo 7: Cuadro de análisis de la varianza: Rendimiento en base seca (BS).....	106
7.9. Anexo 8: Diagramas de procesos	107

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Resultados de los análisis evaluados en el proceso de compostaje	7
Tabla 2: Condiciones ideales para el compostaje.	12
Tabla 3: Parámetros claves para la certificación de calidad de un compost.	13
Tabla 4: Tabla meteorológica y climática de Malcas Cajabamba 2017-2018.	30
Tabla 5: Composición química de diferentes abono orgánicos.	41
Tabla 6: Composición química del takakura	71
Tabla 7: Resultados de los indicadores medidos para el rendimiento de alfalfa	72
Tabla 8: Cuadro de medidas tomadas del rendimiento de la alfalfa.....	98
Tabla 9: Cuadro de medidas tomadas de la altura de la alfalfa.....	101

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1: Metodología empleada para determinar el rendimiento (Base fresca y materia seca) por parcela	67
Esquema 2: Metodología empleada para determinar la altura de pastura por parcela.	68
Esquema 3: Diseño experimental del trabajo de investigación.....	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Representación de la solución de fermentación hasta el lecho de fermentación.....	18
Gráfico 2: El compostaje y la transición de los microorganismos.....	20
Gráfico 3: Crecimiento en función de la dosis de Takakura.	42
Gráfico 4: Evolución de la temperatura del compostaje en pilas estáticas (a) y pilas volteadas (b).	47
Gráfico 5: Variación de pH en el proceso de compostaje.....	48
Gráfico 6: Evolución característica de la relación C/N durante el proceso de	50

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto en la producción de alfalfa, utilizando el takakura como fertilizante natural, reforzando así una alternativa ecológica de fertilización agrícola, eficiente en la mejora de la producción de alfalfa, y al mismo tiempo disminuir el impacto ambiental producido por el uso de abonos químicos.

Los materiales usados para obtener el Takakura fueron: 1 lata cerveza, 50g de azúcar, 50g de sal, 100g queso, 1 cucharada de levadura, 40% cáscaras de arroz, 40% cáscaras de frutas, 30% de humus, 30% salvado de avena, 20% de cáscaras de café, 5 cucharadas de yogurt, 5 L de agua. A los 24 días de su elaboración, se cosechó el Takakura, luego se tomó una muestra para el análisis químico, y utilizar en el sembrío de alfalfa para aplicar el abono se hace una zanja alrededor de cada planta de alfalfa y se agrega el abono, se tapa con un poco de tierra. Los tratamientos en estudio fueron ubicados en 6 parcelas de alfalfa cuya extensión en cada una fue de 9 m²; el T0 fue el tratamiento testigo sin aplicación de takakura, el T1 fue el tratamiento que se le aplicó una vez por semana, T2 se aplicó 2 veces por semana.

Para la masa fresca y la masa seca se ubicaron cinco puntos al azar donde se arrojaba el metro cuadrado, luego se procedió al corte que fue al ras de toda la pastura ubicada dentro de él. Se pesaron las cinco muestras por parcela y se calculó el promedio. Luego, se tomó una muestra por tratamiento (1 kg) y se la envió al laboratorio de Suelos y Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, y para la altura se utilizó una regla graduada en cm, realizando las lecturas cada 5 pasos y caminando en zigzag 10 puntos en

total El análisis estadístico se realizó con el software Infostat versión estudiantil 2016. La evaluación de los tratamientos se inició a los 15 días de a ver aplicado las dosis de takakura. Al finalizar el último periodo de aplicación de takakura, se procedió a medir la altura de la alfalfa de los 6 tratamientos en estudio, cuyo resultado fueron, para la altura que el T0: 29.10 cm, T1: 43.81 cm, y T2: 38.16 cm. De la misma forma se procedió a medir la producción de alfalfa en base fresca (kg) y su contenido de materia seca (%), obteniéndose, para la producción en base fresca, T0: 1.09 kg, T1: 2.32 kg, y T2: 2.30 kg; y en contenido de materia seca, T0: 19.85 %, T1: 39.86 %, y T2: 38.56 %. Se concluye que la aplicación de takakura una vez por semana (T1) obtuvo mejores resultados que la aplicación de dos veces por semana (T2), reforzando la alternativa de utilizarlo como abono natural mucho más amigable para el ambiente.

Palabras claves: Alfalfa, Takakura, alternativa, ecológica, ambiental, testigo, abono natural.

ABSTRAC

The objective of this research was to evaluate the effect on the production of alfalfa, using takakura as a natural fertilizer, thus reinforcing an ecological alternative of agricultural fertilization, efficient in the improvement of the production of alfalfa, and at the same time reducing the environmental impact produced by the use of chemical fertilizers.

The materials used to obtain the Takakura were: 1 can beer, 50 g sugar, 50 g salt, 100 g cheese, 1 spoonful of yeast, 40% rice husks, 40% fruit husks, 30% humus, 30 % oat bran, 20% coffee husks, 5 spoons of yogurt, 5 l of water. After 24 days of preparation, the Takakura was harvested, then a sample was taken for the chemical analysis. The treatments under study were located in six alfalfa plots whose extension in each one was 3 x 3 m²; T0 was the control treatment without application of takakura, T1 was the treatment that was applied once a week, T2 was applied twice a week. For the fresh dough and the dry mass, five random points were located where the square meter was thrown and the flush cut of all the pasture located inside it was proceeded. The five samples were weighed by plot and the average was calculated. Then, a sample was taken by treatment (1 kg) and sent to the laboratory of Soils and Environment of the Faculty of Agricultural Sciences of the National University of Cajamarca and for the height a rule graduated in cm was used, making the readings every 5 steps and walking in zigzag 10 points in tota. The statistical analysis was carried out with the Infostat software, student version 2016. The evaluation of the treatments began 15 days after having applied the takakura doses. At the end of the last period of application of takakura, we proceeded to measure the height of the alfalfa of the 6 treatments under study,

whose results were, for the height, T0: 29.10 cm, T1: 43.81 cm, and T2: 38.16 cm. In the same way we proceeded to measure the production of alfalfa in fresh base (kg) and its content of dry matter (%), obtaining, for the production in fresh base, T0: 1.09 kg, T1: 2.32 kg, and T2: 2.30 kg; and in dry matter content, T0: 19.85%, T1: 39.86%, and T2: 38.56%. It is concluded that the application of takakura once a week (T1) obtained better results than the application of twice a week (T2), reinforcing the alternative of using it as natural fertilizer much more friendly to the environment.

Keywords: Alfalfa, Takakura, alternative, ecological, environmental, witness, natural fertilizer.

INTRODUCCIÓN

En nuestra región de Cajamarca actualmente se busca alternativas de solución en el manejo sostenible del suelo, que nos permita un desarrollo sustentable a futuro, ya que la agricultura tiene una gran importancia en la economía de nuestra región.

El método Takakura, está considerado como un abono foliar, natural que contribuye a la obtención de compost, es rápido, fácil y económico para que puedan preparar los agricultores, de esta manera mejorar los forrajes especialmente la alfalfa (*Medicago sativa*) que es un alimento principal para los rumiantes, para ello requiere como precondition el uso de microorganismos que descomponen los residuos orgánicos y lo hacen en un corto tiempo (por ejemplo los residuos de comida pueden ser descompuestos en 48 horas) (Figueroa, 2016).

En la agricultura el uso inadecuado de insumos químicos (plaguicidas y fertilizantes) ha ido dañando y empobreciendo al suelo, causando efectos negativos a la salud humana, contaminación en los ecosistemas agrícolas y en el ambiente, emitiendo gases a la atmósfera, responsables del efecto invernadero, calentamiento global (Cervantes, 2007).

Es por eso que buscamos alternativas ecológicas, reduciendo el uso de abonos químicos con la utilización de takakura como fuente de nutrimentos mucho más ricas para el suelo y la planta con el aporte de (N, P, K) y micronutrientes, asegurando una óptima nutrición y desarrollo normal de la planta, no siendo dañinas (Cervantes, 2007).

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Cajamarca la agricultura es una de las principales actividades en las zonas rurales donde también es su principal ingreso económico, por este motivo se utiliza más los abonos químicos que puede causar efectos negativos en la salud humana, contaminación en los ecosistemas agrícolas y en el ambiente, unos son bastantes conocidos mientras que los efectos a largo plazo o crónicos sobre personas, plantas, animales y ecosistemas, están poco estudiadas todavía (Cabero, 1992).

Y el uso de los abonos químicos es más marcado por los productores de alfalfa bajo el argumento de que se logran producciones mayores que con abonos naturales. Pero es sabido que los abonos naturales llegan a ser igual o hasta superior que los abonos químicos.

En este contexto, los efectos por abonos químicos pueden ser reducidos con la utilización de takakura como fuente de nutrimentos mucho más ricas para el suelo y no dañinas para el ambiente, con el uso de estos abonos se tiene además la ventaja de que los elementos nutritivos no quedan disponibles en el suelo en un solo momento para la planta; sino que, se van incorporando a lo largo de todo el ciclo vegetativo.

La aplicación de materia orgánica en forma de takakura mejora las características físicas y químicas de suelos deteriorados (FAO, 2015).

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el efecto del abono natural (Takakura) en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* v. Californiana 101), en el centro poblado Malcas-Cajabamba 2018?

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Cajamarca es una región agrícola y una parte de su economía radica en la producción de agricultura, por tal motivo, se busca alternativas en el manejo sostenible del suelo, que nos permita un desarrollo sustentable de esta actividad. En la actualidad es de gran importancia buscar alternativas sostenibles como son los abonos naturales para eliminar la utilización de los abonos químicos los cuales a lo largo de los años han ido causando la degradación de la tierra, la salinización, el exceso de extracción de agua y la reducción de la diversidad genética agropecuaria. Sin embargo, las consecuencias a largo plazo de estos procesos son difíciles de cuantificar (FAO, 2015).

En las proyecciones de cultivos para el año 2030, se supone un menor crecimiento del uso de abonos químicos que en el pasado. Si se utilizan más métodos de producción sostenible, como, el abono natural takakura en este caso ayudara atenuar los efectos de la agricultura sobre el medio ambiente. No cabe duda de que, en algunos casos, la agricultura puede desempeñar una función importante en la inversión de estos efectos, por ejemplo, almacenando carbono en los suelos, mejorando la filtración del agua y conservando los paisajes rurales y la biodiversidad (FAO, 2015).

1.3.OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la producción de alfalfa, utilizando el takakura como fertilizante natural en diferentes aplicaciones (T0: 0 aplicaciones, T1: 1 aplicación por semana, T2: 2 veces por semana).

1.3.2. Objetivos Específicos

- Comparar la altura (en cm) de la alfalfa producida, utilizando diferente número de aplicaciones.
- Comparar la producción de alfalfa (en Kg de base fresca), utilizando diferente número de aplicaciones de takakura.
- Comparar la producción de alfalfa (en % de materia seca), utilizando diferente número de aplicaciones de takakura.
- Reforzar la propuesta de uso de takakura, como una alternativa ecológica en la actividad agropecuaria.

1.4. HIPÓTESIS

- Ho: Si existe mayor número de aplicaciones de takakura, entonces hay mayor producción de alfalfa obtenida (en términos de altura, kg de base fresca, materia seca).
- Ha: El mayor número de aplicaciones de takakura, no se verá reflejado en una mayor producción de alfalfa obtenida (en términos de altura, kg de base fresca, materia seca).

1.5.VARIABLES

- Independiente: Número de aplicaciones de Takakura.
- Dependiente: Producción de alfalfa.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. TEORÍAS QUE SUSTENTAN LA INVESTIGACIÓN

Lombeida (2011) en su trabajo de investigación realizado en Ecuador titulado “Evaluación de diferentes niveles de abono orgánico sólido potencializado con thricoderma en la producción de forrajera de Alfalfa en la estación experimental Tunshi” logra evaluar diferentes niveles de abono orgánico sólido potencializado con Thricoderma (3, 5,7Tn/ha) para la producción forrajera de *Medicago Sativa* (alfalfa) en un periodo de 120 días, la misma que se evaluó bajo un diseño de bloques completamente al azar encontrándose en el primer corte los mejores resultados en aplicar el abono orgánico sólido potencializado con Thricoderma (5Tn/ha) puesto que se registró con una edad de 42 días, altura de la planta , cobertura basal, cobertura aérea, número de tallos por planta, número de hojas por tallo, producción de forraje verde y producción de materia seca de 78.33 cm, 43.58 %, 100 %, 28.33, 52.33, 11.10 Tn/ha y 2.55 Tn/ha, respectivamente. Y en el segundo corte se encontró una producción de forraje verde y materia seca de 11.27 Tn/ha y 2.59 Tn/ ha. De esta investigación se logró determinar que el mejor beneficio costo se estableció con el tratamiento en mención puesto que por cada dólar invertido se tiene un beneficio de 67 centavos.

Fernández (2014), en su trabajo de investigación realizado en Perú, titulado “Producción de compost utilizando residuos orgánicos producidos en el camal municipal y viviendas urbanas aplicando los métodos Takakura y EM-Compost en el Distrito de Chachapoyas- Región Amazonas”, recolecta residuos sólidos urbanos

de los hogares de la provincia de Chachapoyas, región Amazonas, y residuos provenientes del centro de beneficio municipal (camal municipal), por lo que se tuvo que instalar camas composteras de 1.3 x 0.8 m, en las cuales se agregaron dichos residuos y se aplicaron estos métodos juntamente con una muestra testigo, para un experimento factorial del tipo 3x3 bajo un Diseño Completamente Aleatorizado con 3 repeticiones, que permita determinar el tiempo de maduración y el rendimiento y así conocer cuál es el método más efectivo al momento de realizar un compostaje. También se sacaron muestras en días determinados (21, 45, 70 y 223 días) para determinar algunas características fisicoquímicas y lograr ver su comportamiento durante la maduración del compost. Para evaluar las diferencias entre las medias de los tratamientos, se efectuó la prueba de Dunnet al 95 % de confianza, cuyos datos se procesaron en el software SPSS 15.0 para Windows. El mejor tiempo de maduración lo obtuvo un compostaje aplicando el método Takakura con un tiempo promedio de 57.67 días, pero sin diferencia significativa, ya que con el Em-compost se obtuvo un tiempo promedio de 62 días. Además, un mejor rendimiento lo obtuvo un compostaje con el método Em-compost con un 19.90 %, siendo, por lo tanto, éste el más efectivo. Del método Em-compost se obtuvo un compost que tuvo como características fisicoquímicas materia orgánica 23.93%, carbono 13.29%, nitrógeno 1.18 %, fósforo 0.54%, relación C/N 10.12, pH 7.5, conductividad eléctrica 5.02 d S/m, humedad 53,77%, densidad aparente 468.37 kg/m³, porosidad 87.98%, espacio de aire libre (FAS) 62.59%, olor a tierra húmeda y color negrizo.

Tabla 1: Resultados de los análisis evaluados en el proceso de compostaje

Análisis	Testigo				Takakura				Em-compost			
	21 días	45 días	70 días	223 días	21 días	45 días	70 días	223 días	21 días	45 días	70 días	223 días
% Materia orgánica	36,24	24,63	23,12	19,02	22,90	22,55	21,32	-	26,00	25,56	23,93	-
% C	20,14	13,68	12,85	10,57	12,72	12,53	11,84	-	14,44	14,20	13,29	-
% N	1,13	1,15	1,19	1,02	1,02	1,07	1,07	-	1,21	1,27	1,31	-
% P	0,82	0,86	0,52	0,44	0,59	0,83	0,62	-	0,66	0,97	0,54	-
C/N	17,78	11,87	10,76	10,40	12,45	11,74	11,03	-	11,94	11,20	10,12	-
pH	9,67	9,53	9,5	7,5	8,13	7,77	7,5	-	8,43	7,9	7,5	-
Conductividad eléctrica dS/m	8,57	7,59	7,04	4,23	6,40	5,29	4,85	-	16,40	6,92	5,02	-
% Humedad	67,00	65,60	61,02	42,11	50,34	47,57	46,65	-	61,34	55,13	53,77	-
Densidad aparente kg/m ³	342,27	359,60	389,59	494,85	392,80	403,20	479,74	-	394,27	406,73	468,37	-
Porosidad %	91,30	90,84	90,05	87,29	89,97	89,70	87,68	-	89,93	89,60	87,98	-
FAS %	72,53	71,16	68,80	60,51	68,55	67,73	61,70	-	68,43	67,45	62,59	-

Fuente: Figueroa (2016).

Figueroa (2016) en su trabajo de tesis realizada en Huánuco y titulada “Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de Microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus sp.*, *Lactobacillus sp.*) en el proceso de compost en la central Hidroeléctrica Challa” señala que su tesis fue orientada a evaluar una alternativa diferente para la producción de compost a partir del 100% de los residuos orgánicos provenientes de los comedores del campamento de la Central Hidroeléctrica Chaglla por medio de la utilización de Microorganismos Eficientes (EM).

Para lograr dicho objetivo, se determinó la cantidad de residuos orgánicos generados y se realizó la caracterización de dichos residuos que van a disposición final, para establecer su posterior tratamiento en compostaje con EM. En la caracterización se hizo la distinción entre la producción de sopa y seco como

residuos orgánicos. Así mismo, se realizó el análisis del compost durante y al finalizar el proceso. Este seguimiento se hizo mediante pruebas in situ y ex situ para cada tratamiento. Se trabajó con cuatro tratamientos para producción de compost, en los cuales se utilizó la misma cantidad de residuos orgánicos y aserrín, pero se variaron las dosis de microorganismos eficientes en la conformación de los lotes de compostaje.

En el primer tratamiento (testigo), no se utilizaron microorganismos eficientes; para el segundo tratamiento se utilizaron 5 litros del caldo de inoculación (EM); en el tercer tratamiento se utilizaron 10 litros del caldo de inoculación (EM), 5 litros en cada capa del lote (dos capas) y para el cuarto tratamiento se utilizaron 20 litros del caldo de inoculación (EM), 5 litros en cada capa del lote (4 capas). Se construyeron tres lotes para cada uno de los tratamientos. Al terminar el proceso de compostaje se realizó la caracterización a cada lote y se determinó que la mejor alternativa para la producción de compost en la Central Hidroeléctrica Chaglla, teniendo en cuenta la calidad del compost, los costos de inversión y mantenimiento, fue la de del cuarto tratamiento con EM.

Por medio del seguimiento a la variación de temperatura, se evidenciaron las fases del proceso de compostaje, a saber: mesofílico, termofílica (en los que presentaron), de enfriamiento y maduración. Dado a que los lotes del proyecto eran de dimensiones relativamente grandes, se alcanzaron temperaturas extremas. Así, por ejemplo, la máxima temperatura alcanzada fue de 69.5°C. Después de 32 días se daba por terminado el proceso de compostaje. Se determinó la producción final de compost en peso y volumen, obteniendo mejores resultados en los lotes del cuarto tratamiento con EM. Finalmente se enviaron muestras al Laboratorio de Suelos de

la Universidad Nacional Agraria la Molina para determinar las características químicas finales del compost obtenido en cada tratamiento. Tales pruebas fueron C/N, Materia Orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio. Ya teniendo los resultados de análisis de las muestras, se hizo la respectiva comparación con la Norma de Calidad de Compost del Instituto Nacional de Normalización de Chile, para evaluar en que rango se encuentra (Clase A, Clase B o Inmaduro) para su posterior recomendación del uso del compost obtenido en cada tratamiento para uso hortícola.

Alva (2006) en su investigación de tesis titulado “Caracterización preliminar de la agricultura convencional y orgánica en la comunidad de Vinchos, distrito de Churubamba, provincia de Huánuco”, se llegó a la conclusión que en la comunidad de Vinchos, las aplicaciones de las técnicas agroecológicas son básicas por la mayor parte de la población (85%), pero aún falta impulso en otro tipo de técnicas agroecológicas más avanzadas para poder mejorar la producción de los campesinos. En cuanto a cultivos, se practica bastante la asociación de cultivos, dándose entre maíz y frijol, maíz y calabaza y maíz y habas. Sin embargo, no se hace ningún tipo de control ecológico de plagas, lo cual ayudaría a disminuir el uso de pesticidas. Por último, hay una escasa producción de enmiendas orgánicas (como el bocashi, takakura o biol), cuya elaboración mejoraría el aporte de nutrientes a los cultivos; teniendo en cuenta, además, que varios de los elementos para su elaboración lo pueden obtener en el mismo medio rural.

2.2.BASES TEÓRICAS

2.2.1. Compostaje

El compostaje es un proceso donde los residuos orgánicos biodegradables se descomponen mediante una oxidación bioquímica, bajo condiciones controladas, generando el efecto invernadero, energía calórica y materia orgánica estabilizada o compost (INN, 2004).

Este producto final puede ser utilizado ya sea como acondicionador de suelos, o bien, como componente base para la elaboración de sustratos especializados de uso agrícola. Sin embargo, el emplearlos sin un adecuado grado de madurez, se puede provocar efectos negativos en las plantas, debido a la presencia de metabolitos intermediarios fitotóxicos especialmente, cuando se utiliza como componente base de sustratos especializados en viveros. Los efectos fitotóxicos de un material orgánico inmaduro se deben a diversos factores, entre los cuales destacan los contenidos de amonio, de ácidos volátiles orgánicos, de metales pesados y de sales (Zucconi, 1985).

El compostaje es la descomposición o degradación de los materiales de desechos orgánicos por una población mixta de microorganismos (microbios) en un ambiente cálido, húmedo y aireado. Los desechos se amontonan juntos en una pila de manera que el calor en el proceso pueda ser conservado. Como resultado, sube la temperatura, de la pila, acelerando por tanto el proceso básico de degradación natural, que normalmente ocurre en desechos orgánicos que caen sobre la superficie del suelo. El producto final del proceso es el compost o humus que sirve en agricultura para mejorar la estructura y •las propiedades de retención de agua del

suelo, y para suministrar 15 nutrientes a las plantas a medida que el compost se descompone finalmente en materia mineral.

Es un proceso dinámico, biológico, aerobio y en consecuencia termófilo, que para llevarse a cabo necesita: materia orgánica, población microbiana inicial y las condiciones óptimas para que ésta se desarrolle con multiplicidad de funciones y sinérgicas; para ello y para que la población microbiana sea lo más variada posible debe mantener una serie de equilibrios: aire/agua, biopolímeros y nutrientes y, en el caso de aplicarse a elevadas cantidades de residuos orgánicos, un control muy estricto para conseguir: Eficiencia en el proceso. Reducción al mínimo de las emisiones y de las pérdidas de nutrientes. Un producto final de características conocidas y adecuadas para su destino. Las condiciones ambientales (físicas y químicas) en las que se desarrolla la actividad microbiana (afectando a su supervivencia, metabolismo y crecimiento) están constantemente cambiando, como resultado de la acumulación de los subproductos de su misma actividad, incluida la energía calorífica (Moreno, 2008).

Tabla 2: Condiciones ideales para el compostaje.

Condición	Rango Aceptable	Condición Máxima
R:C/N	20:1-40:1	25:1-30:1
Humedad (%)	40-65	50-60
Oxígeno (%)	+5	+8
Ph	5.5-9.0	6.5-8.0
Temperatura(°C)	55-75	65-70
Tamaño de partícula	0.5-1.0	Variable

Fuente: Moreno, 2008.

2.2.1.1. *Propiedades del compostaje*

- Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo (Figuroa, 2016).
- Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), y micronutrientes (Figuroa, 2016).
- Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. La población microbiana es un indicador de la fertilidad (Figuroa, 2016).

Tabla 3: Parámetros claves para la certificación de calidad de un compost.

	Sustrato semillero	Sustrato contenedor	Enmienda jardines	Mezcla con suelo	Mulch	Fertilizante natural
pH, humedad	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Índice maduración	✓	✓	✓	✓		
Materia orgánica	✓	✓	✓	✓	✓	
Sales solubles	✓	✓	✓	✓	✓	
Minerales	✓	✓	✓			✓
Densidad	✓	✓			✓	✓
Crecimiento cultivo	✓	✓	✓	✓		✓

Fuente: Fuente: Moreno, 2008.

2.2.1.2. *Proceso de compostaje*

El compostaje se basa en la acción de diversos microorganismos aerobios, que actúan de manera sucesiva, sobre la materia orgánica originaria, en función de la influencia de determinados factores, produciendo elevadas temperaturas, reduciendo el volumen y el peso de los residuos y provocando su humificación y oscurecimiento (Nakasaki, 2005).

Durante este proceso se controlan los distintos factores que aseguren una segura proliferación microbiana y, por consiguiente, una adecuada mineralización de la materia orgánica. Las variables más importantes que afectan a los sistemas de compostaje pueden ser clasificados en dos tipos: parámetros de seguimiento, que son aquellos que han de ser medidos, seguidos durante todo el proceso y adecuados, en caso de ser necesario, para que sus valores se encuentren en los intervalos considerados correctos para cada fase del proceso; y parámetros relativos a la naturaleza del sustrato, que son aquellos que han de ser medidos y adecuados a sus valores correctos fundamentalmente al inicio del proceso (Madejón, 2001).

Entre los parámetros de seguimiento se encuentran: temperatura, humedad, pH, aireación y espacio de aire libre. Entre los relativos a la naturaleza del sustrato: tamaño de la partícula, relaciones C/N, nutrientes, materia orgánica y conductividad eléctrica. Los valores e intervalos óptimos están influenciados por las condiciones ambientales, el tipo de residuo a tratar y el sistema de compostaje elegido (Fernández, 2014).

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

- **Mesofílico** La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad 41 metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH (Fernández, 2014).

- **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 (Fernández, 2014).

- **De estabilización.** Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente (Fernández, 2014).

- **De maduración.** Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus (Fernández, 2014).

2.2.1.3. *Materias primas del compostaje*

Para la elaboración del compostaje se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada (Figueroa, 2016).

Generalmente estas materias primas proceden de:

-**Restos de cosechas:** Los restos vegetales jóvenes como hojas, frutos, tubérculos, etc. son ricos en nitrógeno y pobres en carbono. Los restos vegetales más adultos como troncos, ramas, tallos, etc. son menos ricos en nitrógeno (Figueroa, 2016).

- **Las ramas:** de poda de los frutales. Es preciso triturarlas antes de su incorporación al compostaje, ya que con trozos grandes el tiempo de descomposición se alarga (Figueroa, 2016).

- **Restos urbanos:** Se refiere a todos aquellos restos orgánicos procedentes de las cocinas como puede ser restos de fruta y hortalizas, restos de animales de mataderos, etc (Figueroa, 2016).

- **Estiércol animal:** Se destaca el estiércol de vaca, aunque otros de gran interés son la gallinaza, conejina, estiércol de caballo, de oveja y los purines (Figueroa, 2016).

- **Complementos minerales:** Son necesarios para corregir las carencias de ciertas tierras. Destacan las enmiendas calizas y magnésicas, los fosfatos naturales, las rocas ricas en potasio y oligoelementos y las rocas silíceas trituradas en polvo (Figueroa, 2016).

- **Plantas marinas:** Anualmente se recogen en las playas grandes cantidades de fanerógamas marinas como Posidonia oceánica, que pueden emplearse como materia prima para la fabricación de compostaje ya que son compuestos ricos en nitrógeno (N), fósforo (P), carbono (C), oligoelementos y biocompuestos cuyo aprovechamiento en agricultura como fertilizante verde puede ser de gran interés (Figuroa, 2016).

- **Algas:** También pueden emplearse numerosas especies de algas marinas, ricas en agentes antibacterianos y antifúngicos y fertilizantes para la fabricación de compostaje (Figuroa, 2016).

- **Hojas:** Pueden tardar de 6 meses a dos años en descomponerse, por lo que se recomienda mezclarlas en pequeñas cantidades con otros materiales (Figuroa, 2016).

2.2.2. Método takakura

Es un procedimiento que contribuye a la obtención de compost, para ello requiere como precondition el uso de microorganismos que descomponen los residuos orgánicos y lo hacen en un corto tiempo (por ejemplo, los residuos de comida pueden ser descompuestos en 48 horas) (Honobe, 2013).

Esta alternativa reduce la cantidad de desechos orgánicos que se producen en los hogares de la ciudad y podría aprovechar los subproductos orgánicos que se genera en las labores agrícolas en el campo (Honobe, 2013) .

Este método es una herramienta para reducir residuos orgánicos y mejorar la fertilidad del suelo. De acuerdo con estimaciones hechas por la FAO debido a la desertificación, cada año dejan de ser productivas de seis a siete millones de

hectáreas en el mundo y a este ritmo, en menos de 200 años el ser humano habrá agotado todos los suelos productivos del planeta (Becerra, 1998).

En el método de Compostaje Takakura, las sustancias orgánicas son sometidas al compostaje con los medios 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 compostaje (Becerra, 1998).

Debido a que los microorganismos fermentativos que se adaptan perfectamente al compostaje existen cerca de nuestros alrededores, cualquiera puede realizar fácilmente el compostaje descubriéndolos y cultivándolos (Becerra, 1998).

El uso efectivo de los microorganismos fermentativos posibilita la producción de gran cantidad de compostaje 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. Salvo que sea tratado apropiadamente, los residuos orgánicos sufren fácilmente la putrefacción. Una forma de prevenir la putrefacción es mediante la aplicación de gran cantidad de microorganismos fermentativos e inducir el proceso de fermentación deseado. Cuando la cantidad de microorganismos fermentativos es mayor que la de la putrefacción (Becerra, 1998).

Se produce la transición hacia la etapa de una buena fermentación. En cambio, las sustancias orgánicas se pudren y emiten un olor ofensivo cuando la cantidad de microorganismos fermentativos es menor que la de la putrefacción (Fernández, 2014).

En otras palabras, ambos microorganismos luchan por su propia supervivencia compitiendo mutuamente. Para estimular la fermentación de ambos microorganismos en este forcejeo por la supervivencia, debe ser preparada plenamente y aplicada desde la etapa inicial del compostaje. Para el compostaje no se requieren microorganismos fermentativos especiales, salvo aquellos que existen en nuestra vida diaria, los cuales se denominan Microorganismos Nativos (Fernández, 2014).

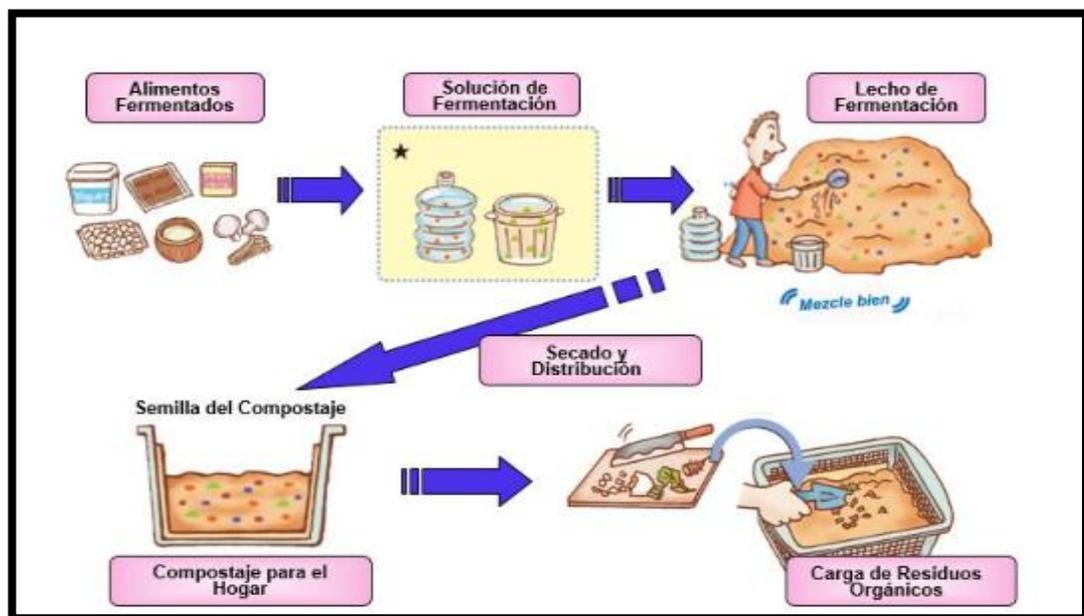


Gráfico 1: Representación de la solución de fermentación hasta el lecho de fermentación.

Fuente: (Fernández, 2014).

a) Características del Método Takakura

- Rápido:** Completa el compost en una o dos semanas.
- **Fácil:** Requisito es sólo la mezcla de los materiales

- **Barato:** Material necesario para hacer el compost es sólo picar los residuos con tijera o cuchillo. Los microorganismos fermentativos de buena calidad existen en las siguientes sustancias (o lugares) y la recolección de los mismos desde varias fuentes intensifica la efectividad (Fernández, 2014).

b) Alimentos fermentados: Yogurt, soja fermentada, salsa de soja no refinada, vino local, hongos, células de levadura, etc (Fernández, 2014).

c) Tierra vegetal: La tierra vegetal recolectada en la naturaleza es más efectiva que los comercialmente disponibles. También la tierra vegetal que se disgrega en contacto con el suelo brinda mejores resultados (Fernández, 2014).

d) Otros materiales naturales: Afrecho de arroz, cascarilla de arroz, paja, pasto, árboles podridos, etc. Según (Fernández, 2014) nos dice que los microorganismos generados en el método Takakura son:

e) Actinomicetos: Que son bacterias que se encuentran en la tierra y que sirven para la descomposición de la materia orgánica como la celulosa y hemicelulosa (Fernández, 2014).

f) Basidiomicetos: Son hongos que se originan de los alimentos fermentados y en el suelo, sirven también para la descomposición de la materia orgánica en la etapa de degradación de la lignina (Fernández, 2014).

g) Levaduras y bacterias ácido lácticas: Se obtienen de alimentos fermentados como yogurt, vino, guarapo, etc.; y además de la superficie de frutas y verduras. En el caso de frutas y verduras es indicado agregar un poco de sal para reunir a estas bacterias, ya que la sal inhibe la proliferación de gérmenes que causan la caries. Estas bacterias sirven para la descomposición de materias orgánicas fácilmente

descomponibles como azúcar, proteínas y aminoácidos. En la siguiente figura se muestra la actividad de los microorganismos en cada etapa del compostaje (Fernández, 2014).

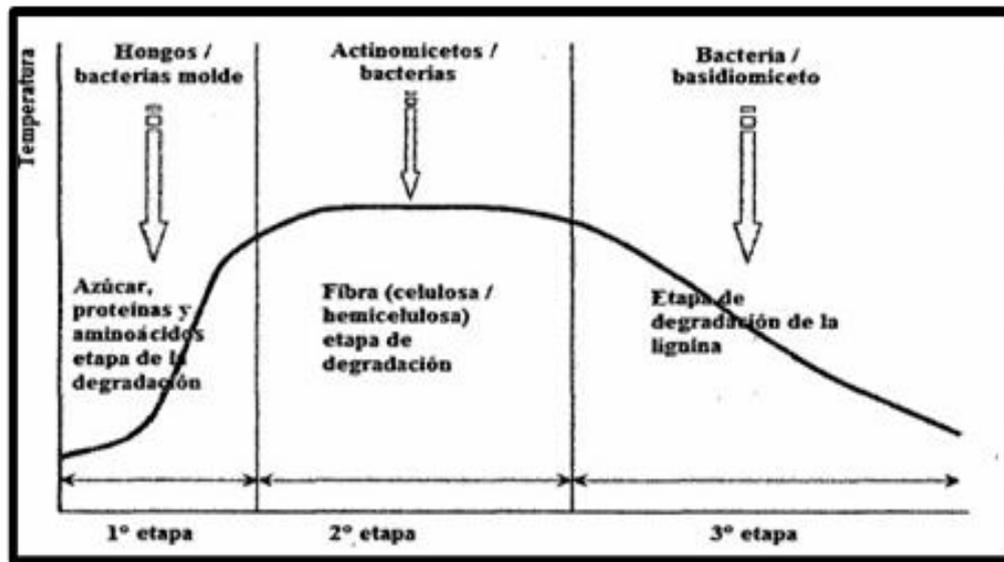


Gráfico 2: El compostaje y la transición de los microorganismos.

Fuente: (Fernández, 2014).

2.2.3. Evaluación de la calidad de compost

La evaluación de la madurez del compost ha sido reconocida como el más importante problema concerniente a su utilización agronómica, ya que la aplicación a los suelos de cultivo de un compost inmaduro es una de las causas más frecuentes de los fracasos observados en ocasiones en el rendimiento de los cultivos. Pues bien, la determinación correcta del grado de madurez de la materia orgánica (definidos en términos de estabilidad biológica y "humificación" siguiendo un criterio estrictamente operacional como se ha indicado anteriormente), constituye en la actualidad un problema pendiente en relación al control del proceso de compostaje, para la obtención de compost de alta calidad (Moreno, 2008).

La rápida descomposición en el suelo de un compost inmaduro, con un alto contenido de C lábil, induce un rápido y espectacular incremento de la actividad microbiana, lo cual provoca un aumento de la tasa de mineralización de la materia orgánica nativa del suelo, fenómeno conocido como "priming effect". Hay que decir, no obstante, que actualmente se asume en general que este fenómeno causado por la materia orgánica fresca no tiene demasiada trascendencia (en relación al carbono), al menos a medio plazo, ya que se tiende a restablecer las condiciones iniciales rápidamente (Moreno, 2008).

No se conoce bien las causas de esta reversión, pero se adscribe a lo que se ha denominado como "soil resilience" (capacidad de recuperación del suelo) (Moreno, 2008).

Sin embargo, la aplicación de un compost con un grado de madurez insuficiente provoca como efecto más sobresaliente un bloqueo biológico del nitrógeno asimilable del suelo por las poblaciones de microorganismos, lo cual puede dar lugar a graves deficiencias de N en la planta y por tanto a un efecto depresivo en el rendimiento de los cultivos (Moreno, 2008).

Por el contrario en compost altamente maduros, con compost de residuos sólidos urbanos (RSU), se produce una inmovilización parcial del N asimilable incorporado con el compost pero el resultado global es una mineralización neta positiva, pudiendo aportar cantidades importantes de N disponible a los cultivos en un periodo corto de tiempo (Moreno, 2008).

2.2.4. Contaminación Ambiental

La contaminación ambiental siempre ha existido, en parte, es inherente a las actividades del ser humano. Sin embargo, en años recientes se le ha debido prestar cada vez mayor atención, ya que han aumentado la frecuencia y la gravedad de los incidentes de contaminación en todo el mundo y cada día hay más pruebas de sus efectos adversos sobre el ambiente y la salud, aunque hasta hace relativamente poco se considera que éstos no existían, que no había pruebas suficientes de ellos, o bien que los efectos eran leves (Albert, 2004).

Los efectos más graves de la contaminación ocurren cuando la entrada de las sustancias (naturales o sintéticas) al ambiente rebasa la capacidad de los ecosistemas para asimilarlas y/o degradarlos, aunque los casos de contaminación se iniciaron a fines del siglo XVIII, durante la revolución industrial, se agravaron considerablemente después de la segunda guerra mundial, cuando en el mundo aumento el consumo de energía, así como la extracción, producción y/o uso de diversas sustancias – tanto naturales como sintéticas – para los cuales los mecanismos naturales de asimilación o degradación han sido rebasados o no existen (Albert, 2004).

Para fines prácticos, se puede considerar que es la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos, por un tiempo suficiente, y bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona (Albert, 2004).

2.2.4.1.Origen de la contaminación ambiental

La contaminación puede ser de origen natural o antropológico. A medida que aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza y aparecen nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más. El comportamiento social del hombre, que lo condujo a comunicarse por medio del lenguaje, que posteriormente formó la cultura humana, le permitió diferenciarse de los demás seres vivos. Pero mientras ellos se adaptan al medio ambiente para sobrevivir, el hombre adapta y modifica ese mismo medio según sus necesidades (Peñales, 2017).

La contaminación se convirtió en un asunto de gran importancia tras la Segunda Guerra Mundial, después de que se hiciesen evidentes las repercusiones de la lluvia radiactiva ocasionada por las guerras y ensayos nucleares. La naturaleza sin fronteras de la atmósfera y los océanos ha dado como resultado que el problema de la contaminación sea considerado a nivel mundial, especialmente cuando se trata el asunto del calentamiento global (Peñales, 2017).

2.2.4.2.Fuentes de contaminantes orgánicos

a) Actividad agroindustrial

El sector agroindustrial representa un importante aporte a la contaminación debido a que la mayoría de las industrias descargan altos volúmenes de residuos líquidos, provenientes de sus procesos productivos y del lavado de los equipos, considerados como de alta carga orgánica, con una baja relación de instalaciones para su control.

Adicionalmente, existe un importante aporte de desechos sólidos de naturaleza orgánica, generadas en los procesos productivos, así como cartón, papel y plástico en las áreas administrativas y actividades de empaque (Reinosa, 2017).

b) Actividad Agropecuaria

La actividad tiene una especial incidencia sobre la sostenibilidad de los ecosistemas. Se puede definir como un proceso de producción conjunta que genera dos tipos de bienes, en primer lugar, se produce bienes de mercado, como los alimentos y materias primas y en segundo lugar otros bienes o servicios con características de bien público, como paisaje y biodiversidad. Para ello se consumen inputs productivos y generan residuos vegetales por restos de cosechas, residuos animales como excrementos sólidos y semisólidos (estiércol) y líquidos que provocan impactos negativos sobre el medio ambiente como son la contaminación y el agotamiento de recursos (Reinosa, 2017).

c) Industria forestal

La industria forestal forma parte todas las tareas necesarias para establecer, repoblar, gestionar y proteger los bosques y aprovechar sus productos. El último paso de la cadena de producción del que nos ocupamos es el transporte de productos forestales en bruto, puesto que los procesos posteriores de transformación, como el aserrado de la madera o la fabricación de muebles o de papel (Paschen, 2000)

La industria forestal forma parte todas las tareas necesarias para establecer, repoblar, gestionar y proteger los bosques y aprovechar sus productos. El último paso de la cadena de producción del que nos ocupamos es el transporte de productos forestales en bruto, puesto que los procesos posteriores de transformación, como el

aserrado de la madera o la fabricación de muebles o de papel. Los bosques pueden ser naturales, artificiales o plantaciones de árboles (Poschen, 2000).

2.2.5. Problemas que atentan la sustentabilidad del suelo

2.2.5.1. Los agroquímicos como fuente de degradación de los suelos

La salud de los individuos y las comunidades no puede ser separada de la salud de los ecosistemas, pues suelos saludables producen cultivos saludables que fomentan la salud de los animales y las personas” (Chacón, 2011).

Los plaguicidas están diseñados para matar, reducir o repeler los insectos, hierbas, roedores, hongos y otros organismos que puedan amenazar la salud pública y las economías de las naciones. Cuando estos productos químicos se manejan o depositan inadecuadamente pueden afectar la salud humana (Chacón, 2011).

Debido a los agroquímicos perecen muchas especies de microbios, de bacterias fijadoras de nitrógeno del aire (78% del aire es nitrógeno), de hongos micorrizas que, asociados a las plantas, multiplican en 200 veces la absorción de nutrientes de la raíz. Al suelo muerto debe regársele (a costo mínimo), caldos de microbios conseguidos en los suelos vivos. Sin microbios sería imposible la vida en el planeta (Forero, 2014).

2.2.5.2. Indicadores para evaluar la calidad del suelo

La medición de la calidad del suelo es un ejercicio de identificación de las propiedades del suelo que son sensibles al manejo, que se afectan o se correlacionan con los resultados ambientales, y son capaces de ser medidos con precisión dentro de ciertas limitaciones técnicas y económicas (Forero, 2014).

Existen tres categorías principales de indicadores del suelo: químicas, físicas y biológicas. El carbono en el suelo, trasciende las tres categorías de indicadores y tiene la influencia más ampliamente reconocida en la calidad del suelo ya que está vinculado a todas sus funciones (Forero, 2014).

2.2.6. Contaminación por fertilizantes

El exceso del uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura no es un problema que afecta a la economía desde el punto de vista de adquisición de los mismos, sino también un problema que puede traer asociado desequilibrios en el suelo que perjudiquen su fertilidad además de provocar contaminación en el medio ambiente, donde las aguas utilizadas para el consumo humano, animal y vegetal pueden estar afectadas (Olga, 1999).

El problema aparece cuando son arrastrados con las lluvias o las aguas de riego hacia los ríos, lagos, etc. Entonces pueden ser contaminantes de las aguas ocasionando daños en la flora y en la fauna acuática. El daño consiste en que favorecen una excesiva proliferación de algas y maleza (lirio acuático y lentejilla), que a su vez ocasionan un aumento de la materia orgánica y proliferación de microorganismos. Estos consumen oxígeno y las algas disminuyen la iluminación del agua; ambas cosas terminan causando la muerte de la flora del fondo y el fitoplancton (Murcia, 2006)

2.2.7. Plaguicidas

Los plaguicidas son una de las familias de productos químicos más ampliamente empleadas por el hombre. Se han usado sobre todo para combatir plagas por su acción sobre las cosechas o como vectores de enfermedades transmisibles. Los

plaguicidas pueden clasificarse en función de su empleo (insecticidas, fungicidas, herbicidas, raticidas o de su familia química, organoclorados, organofosforados, carbonatos, piretoides, compuestos biperidílicos, sales inorgánicas (Massaro, 2004).

Todos ellos son biocidas lo que implica, habitualmente una alta toxicidad humana que ha sido motivo de preocupación desde mitad del siglo XX debido al amplio e indiscriminado empleo de estos productos (Massaro, 2004).

La exposición a los plaguicidas puede tener efectos agudos, crónicos y a largo plazo. Algunos compuestos organoclorados (como el DDT) fueron los primeros en ser empleado en fumigaciones masivas para combatir la malaria y han debido ser prohibidos debido a su capacidad de bioacumulación y persistencia medioambiental. El peligro representado por la generalizada presencia de estos agentes, se ha demostrado en los numerosos episodios de epidemias tóxicas humanas, productoras de alta morbi-mortalidad, descrita por casi todas las familias químicas: insecticidas y fungicidas organoclorados, insecticidas organofosforados y carbamatos, fungicidas organomercuriales y sales inorgánicas (Massaro, 2004).

Estos episodios se han producido sobre todo por vía alimentaria y en el terreno profesional. Otras causas de preocupación sanitaria son su capacidad carcinogénica y de ocasionar alteraciones reproductivas. Se presentan las principales características de algunas de las familias más relevantes (Massaro, 2004).

2.2.7.1. Efectos que causan los plaguicidas sobre la salud

Los efectos tóxicos de los plaguicidas sobre la población humana han sido motivo de preocupación por muchos años, sin embargo, los mecanismos de toxicidad de la mayoría de los plaguicidas son poco comprendidos a la fecha. Existen diversos tipos

de plaguicidas y cada uno de ellos posee un mecanismo de acción distinto (Tellechea, 2007).

Entre los plaguicidas más comúnmente utilizados se encuentran los organofosforados, los carbamatos, los organoclorados y los piretroides. Los efectos tóxicos producidos por los plaguicidas organofosforados y carbamatos se enfocan principalmente en el sistema nervioso, afectando las terminales nerviosas a nivel enzimático (Tellechea, 2007).

Los organofosforados son altamente tóxicos y se absorben rápidamente por las vías respiratorias y por la piel, así como también por medio de la ingestión. Los carbamatos también pueden ser muy tóxicos, y una vez que ingresan al cuerpo se distribuyen rápidamente por el torrente sanguíneo (Tellechea, 2007).

Por otro lado, los plaguicidas organoclorados fueron los primeros en aplicarse mundialmente de forma masiva, aunque actualmente su uso se encuentra muy restringido debido a los efectos tóxicos que pueden causar. En este grupo se incluye el insecticida DDT, uno de los plaguicidas más conocidos el mundo. (Ferrer, 2003).

Los organoclorados puede tener efectos negativos sobre el sistema endocrino, además de ser potencialmente mutagénicos y carcinogénicos, aunque también pueden afectar el sistema nervioso y acumularse en el tejido graso. Los piretroides constituyen otro grupo de plaguicidas ampliamente utilizados, tanto en la agricultura como en el hogar. La exposición a insecticidas piretroides se ha descrito desde hace ya varios años, y los efectos negativos de estos compuestos incluyen alteraciones en el sistema nervioso y en el sistema inmunológico (Ferrer, 2003).

2.2.8. Generalidades de los Microorganismos

En el planeta existen diversas clases de organismos que interactúan con la naturaleza, permitiendo un equilibrio adecuado entre todos los reinos vivientes. Sin embargo, existen algunos tipos de seres que han sido beneficiosos dentro de este proceso, los microorganismos. Estos diminutos seres están presentes en casi todos los rincones de nuestro planeta, dentro de casi todos los procesos existentes, ayudando a mantener el equilibrio de la materia y energía en el ciclo del planeta. La diversificación de estos microorganismos nos lleva a encontrar desde microorganismos parásitos y patógenos tanto de planta, animales y el hombre, hasta microorganismos llamados benéficos, por la gran ayuda que éstos brindan en diversos procesos en algunas áreas de la vida del ser humano (Figuroa, 2016).

Los microorganismos son muy importantes dentro del ciclo de transformación de la materia y energía. Se encargan de degradar los restos animales y vegetales, transformándolos en nutrientes indispensables para su propio metabolismo, además de generar sustancias y minerales que servirán como fuente de energía para otras especies dentro de otros ciclos (Figuroa, 2016).

2.3. DISCUSIÓN TEÓRICA

2.3.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en una parcela ubicada en el centro poblado de Malcas, Provincia de Cajabamba, Departamento de Cajamarca – Perú.

Se encuentra ubicada a 2.5 horas de la ciudad de Cajamarca, siguiendo un recorrido en bus por la vía que conduce Cajamarca – Cajabamba (SENAMHI, 2018).

Las principales actividades de Malcas son: la agricultura y la ganadería. El clima es cálido durante gran parte del año, según la siguiente tabla meteorológica (SENAMHI, 2018).

Tabla 4: Tabla meteorológica y climática de Malcas Cajabamba 2017-2018

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	14.8	14.3	14.3	14.1	13.3	12.5	12.7	12.8	13.5	14.2	14.1	14.4
Temperatura mín. (°C)	8.2	7.9	7.8	7.4	5.5	3.7	3.7	4.1	5.4	6.9	6.6	7
Temperatura máx. (°C)	21.5	20.8	20.9	20.8	21.2	21.4	21.7	21.5	21.7	21.6	21.7	21.8

Fuente (SENAMHI, 2017-2018)

2.3.2. Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es una visión holística de la agricultura, que toma como modelos a los procesos que ocurren de manera espontánea en la naturaleza. En ese contexto la agricultura orgánica evita la utilización química la utilización de agroquímicos para la producción (Olivera, 2005).

Manifiesta que el hombre al realizar la abonadora modifica las concentraciones de iones del suelo de forma natural, para aumentar la producción de sus cultivos. Los materiales utilizados varían desde el estiércol natural hasta los abonos de mezcla. Para definir la agricultura orgánica primero se necesita dar un significado del término orgánico. Los cultivos orgánicos se definen cómo la práctica de la agricultura de forma natural, de forma más explícita es el uso de productos naturales aplicados a las siembras como son los abonos, venenos para fumigaciones, etc (Olivera, 2005).

La agricultura orgánica rescata las prácticas tradicionales de producción, pero no descarta los avances tecnológicos no contaminantes, sino más bien los incorpora, adaptándolos a cada situación particular. La agricultura orgánica es la conjunción de prácticas ancestrales, como el uso de terrazas por los incas, con la agricultura tradicionalmente biodiversa de nuestros campesinos, vinculada a nueva tecnología apropiada (Soto, 2003).

El Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos (1997), define los cultivos orgánicos como “La agricultura apropiada para las particularidades de los Ecosistemas en los que se desarrolla y con los cuáles guarda relaciones armoniosas”. Se puede decir que los cultivos orgánicos son una forma de practicar para la agricultura acercándose en lo posible a los procesos de la naturaleza (Suquilanda, 1996).

Análisis:

En la discusión teórica sobre la agricultura orgánica, se basa en una estrategia de desarrollo que se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales, pero también un mayor valor agregado. El hombre resalta que, al realizar este tipo de agricultura, al momento de abonar va a modificar las concentraciones de iones del suelo de forma natural, para que de esta manera aumente la producción de sus cultivos y propicia la conservación de los recursos naturales principalmente al suelo y el medio ambiente contribuyendo a la salud de los productores y consumidores y con ellos al equilibrio ecológico, económico y social. El método Takakura va a actuar cómo uso efectivo de los microorganismos fermentativos el cuál posibilita la producción de gran cantidad de compostaje en un espacio pequeño y en un período corto de tiempo, las sustancias

orgánicas son sometidas al compostaje con los medios de cultivo de microorganismos que se adaptan al suelo y están comúnmente disponibles en el ambiente natural y sirven para eliminar los microorganismos indeseables, sin dañar al cultivo.

2.3.2.1. Ventajas de la agricultura orgánica

Los cultivos orgánicos proponen alimentar los microorganismos del suelo para que estos a su vez de manera indirecta favorezcan a las plantas, esto se realiza mediante la adición de ciertos desechos naturales como: Estiércol de animales, “desechos urbanos compostados” conjuntamente de polvo de rocas minerales, etc (Cervantes, 2007).

- Como las ventajas del uso de la agricultura orgánica tenemos:
- Mejora de la calidad orgánica del suelo, facilitando la penetración del agua y las raíces por los poros que se forman en el suelo (Cervantes, 2007).
- Incrementa la retención de humedad (Cervantes, 2007).
- Mejora la actividad biológica (Cervantes, 2007).
- Su propuesta tecnológica es aceptada por los pequeños productores campesinos e indígenas de nuestro país (Cervantes, 2007).
- Permitirá ubicar productos no tradicionales (frutas y vegetales secos) en los mercados internacionales (Cervantes, 2007).
- No implica riesgos para la salud del productor, de su familia como de los consumidores.
- Disminuye los precios de los abonos y el costo de producción (Cervantes, 2007).

2.3.2.2. Limitantes de la agricultura orgánica

Según (Suquilandia, 1996 – 229 p.). Los limitantes de la agricultura orgánica son:

- Hay un crecido sector de productores y profesionales del agro todavía renuentes a aceptar las bondades de las tecnologías alternativas de producción agrícola, influenciadas como es lógico por las agresivas campañas de difusión de las casas vendedoras de agroquímicos (Suquilandia, 1996).
- A nivel del país no hay todavía una difusión adecuada de información referente a tecnologías alternativas de producción agrícola (Suquilandia, 1996).
- El carácter inmediatista de muchos productores impide la implementación de cultivos orgánicos, pues no comprenden que este nuevo tipo de agricultura es un proceso natural que no responde a recetas (Suquilandia, 1996).
- Se aduce la no existencia de grandes volúmenes de materia orgánica para la realización de enmiendas en los suelos de cultivo (Suquilandia, 1996).
- No hay todavía disponibilidad de suficientes insumos biológicos (insecticidas, fungicidas, etc.) en el mercado local (Suquilandia, 1996).

2.3.2.3. La aplicación de Takakura acelera el proceso de compostaje

El método Takakura ha inventado un contenedor revolucionario en el que no solamente se evitan las bacterias pudridoras, logrando eliminar así los indeseables malos olores, sino que se acelera el proceso de fermentación y consecución del deseado fertilizante. El método es tan sencillo como revolucionario, durante el proceso de descomposición tienen lugar dos fenómenos distintos: la fermentación y la putrefacción. El mal olor proviene de la putrefacción y puede evitarse si se consigue que el número de bacterias de fermentación supere al de las bacterias de

putrefacción. Durante sus investigaciones, Takakura logró recoger y reproducir las bacterias de fermentación en su lugar de origen. Estas bacterias se recogen y encuentran en el contenedor de su invención que lleva el nombre de Método Takakura (IGES, 2009).

El Takakura, es de vital importancia involucrar a los habitantes del lugar no solamente para resolver el problema de la producción en la agricultura y de proteger los ecosistemas: para que la tecnología quede realmente enraizada en la comunidad tiene que ser aceptada con la sensación de que les pertenece, de que han sido ellos quienes la han desarrollado, y no que la han tomado prestada de otros. Gracias a las bacterias de fermentación, el Método Takakura logra que los residuos orgánicos desaparezcan en un solo día (Esteve, 2012).

En el método de Compostaje Takakura, las sustancias orgánicas son sometidas al compostaje con los medios 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 compostaje. Debido a que los microorganismos fermentativos que se adaptan perfectamente al compostaje existen cerca de nuestros alrededores, cualquiera puede realizar fácilmente el compostaje descubriéndolos y cultivándolos (IGES, 2009).

2.3.3. Fertilización orgánica

Uno de los principios básicos de la agricultura orgánica es ser un sistema orientado a fomentar y mejorar la salud del ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo. Para esto, se hace necesario implementar actividades que nos conduzcan a estos fines, que conlleven la restitución de elementos minerales y vivos

(microorganismos, bacterias benéficas y hongos) y mantener la vitalidad del suelo donde se desarrollan las plantas (Jácome, 2011).

La materia orgánica contiene nutrientes, mejora la capacidad de retención del agua y la capacidad de cambio (en suelos ligeramente arenosos o pedregosos), mejora la aireación y drenaje (en suelos pesados), mejora la estabilidad superficial, penetración del agua por alteración de la estructura, disminuye la escorrentía superficial y mejora la germinación y la emergencia de la sombra (FIDA, 2003).

Uno de los principios básicos de la agricultura orgánica es ser un sistema orientado a fomentar y mejorar la salud del agro-ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo. Para esto, se hace necesario implementar actividades que nos conduzcan a estos fines, que conlleven la restitución de elementos minerales y vivos (microorganismos, bacterias benéficas y hongos) y mantener la vitalidad del suelo donde se desarrollan las plantas (IGME, 2004).

Hasta el presente, se tienen estudiados 16 elementos esenciales para el desarrollo de las plantas. De estos, los más importantes para el cacao son: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, manganeso, boro y zinc (IGME, 2004).

En casos de deficiencias, las plantas presentan características de sintomatología de amarillamiento, defoliación, estancamiento en el crecimiento y baja producción, además de vulnerabilidad al ataque de plagas y enfermedades debido al desequilibrio nutricional de las plantas. De allí que, el manejo orgánico del suelo y un conjunto de prácticas que propicien condiciones para un desarrollo sano, son el mejor control para los problemas de plagas y enfermedades (Jácome, 2011).

La diferencia que existe entre los fertilizantes químicos-sintéticos y los abonos orgánicos es que los primeros son altamente solubles y son aprovechados por las plantas en menor tiempo, pero generan un desequilibrio del suelo (acidificación, destrucción del sustrato, etc.); mientras que los orgánicos actúan de forma indirecta y lenta. Pero con la ventaja que mejoran la textura y estructura del suelo y se incrementa su capacidad de retención de nutrientes, liberándolos progresivamente en la medida que la planta los demande (Jácome, 2011).

Análisis:

Los autores mencionan que la agricultura orgánica es un sistema orientado a fomentar y mejorar la salud del ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo, ya que la materia orgánica contiene nutrientes, mejora la capacidad de retención del agua y la capacidad de cambio (en suelos ligeramente arenosos o pedregosos), mejora la aireación y drenaje que van a beneficiar al suelo y a la planta.

2.3.3.1. Abonos orgánicos

Los abonos de origen son los que se obtienen de la degradación y mineralización de materiales orgánicos (estiércoles, desechos de la cocina, pastos incorporados al suelo en estado verde, etc.) que se utilizan en suelos agrícolas con el propósito de activar e incrementar la actividad microbiana de la tierra, el abono es rico en materia orgánica, energía y microorganismos, pero bajo en elementos inorgánicos (Soto, 2003).

La aplicación de abonos orgánicos ofrece beneficios favorables para las plantas tales como:

- Crecimiento de las plantas como es el caso de nitratos, fosfatos, sulfatos, etc (Soto, 2003).
- Aumenta la capacidad de cationes en proporciones de 5 a 10 veces más que las arcillas (Soto, 2003).
- Amortiguan los cambios rápido de acidez, salinidad del suelo y contra la acción de pesticidas y metales tóxicos pesados (Soto, 2003).
- Contrarrestan los procesos erosivos causados por el agua y por el viento (Soto, 2003).
- Proporcionan alimento a los organismos benéficos como la lombriz de tierra y las bacterias fijadoras de nitrógeno (Soto, 2003).
- Atenúan los cambios bruscos de temperatura en la superficie del suelo (Soto, 2003).

(Cruz, 2009) Expone también:

- Reducen la formación al debilitar la acción dispersante de las gotas de lluvia.
- A medida que se descomponen los residuos orgánicos, suministran a los cultivos en crecimiento cantidades pequeñas de elementos metabólicos a tiempo en armonía con las necesidades de la planta (Cruz, 2009).
- Reducen la densidad aparente del suelo aumentando la infiltración y el poder de retención de agua en el suelo (Cruz, 2009).
- Mejoran las condiciones físicas del suelo mediante la formación de agregados (Cruz, 2009).

Análisis:

Los autores mencionan que el bono orgánico se obtiene de la degradación y mineralización de materiales orgánicos (estiércoles, desechos de la cocina, pastos incorporados al suelo en estado verde, etc.) que se utilizan en suelos agrícolas, y aportan energía que se enriquecen con carbono orgánico con el propósito de activar e incrementar la actividad microbiana del suelo, trae beneficios para la planta.

2.3.3.2. Clasificación de los abonos orgánicos

Según Antiatlon (2014), Los abonos orgánicos se clasifican de diferentes maneras, pero según Cosechando Natural lo clasifica en: dos tipos, los no procesados y los procesados por algún método como descomposición, fermentación y escurrimientos.

a) Abonos no procesados

- **Estiércol:** Existen numerosas fuentes de donde obtenerlo. Vacas, borregos, caballos, burros, humanos entre otros (Antiatlon, 2014).
- **Abonos verdes:** Son cultivos realizados con la función principal de enterrarlos verdes al suelo como abono. Se usan Leguminosas para que aporten Nitrógeno. Altramuces para suelo ácido y en suelo calizo, veza, meliloto, guisante, habas, trébol y alfalfa (Antiatlon, 2014).
- **Guano de murciélago:** Excremento de murciélago, utilizado como fertilizante por su alto contenido de nitrógeno y fosforo (Antiatlon, 2014).
- **Gallinaza:** Excremento fermentado de Gallina, alto contenido de nitrógeno, fosforo y potasio (Antiatlon, 2014).

b) **Abonos Procesados**

- **Composta:** La composta es el resultado de la mezcla de varios elementos orgánicos como desechos de cocina, cascaras, ramas, hojas, excremento animal que pasa por un proceso de descomposición (Antiatlon, 2014).
- **Vermicomposta o lombricomposta:** Es el excremento de la lombriz roja californiana que consume composta o desperdicios de frutas (Antiatlon, 2014).
- **Turba negra y turba rubia:** Es el resultado de putrefacción y carbonificación parcial de la vegetación en pantanos, marismas y humedales. Su formación es relativamente lenta por la escasa actividad microbiana, ya verduras, la cual consume y como resultado se obtiene la Vermicomposta (Antiatlon, 2014).
- **Extractos húmicos y fulvicos:** Son sustancias que desbloquean minerales del suelo, fijan nutrientes para que nos e laven, activan la flora microbiana con la que aumenta la mineralización y favorecen el desarrollo radicular, etc. Son ácidos húmicos y fulvicos de sustancias orgánicas extraídas de las mejores cualidades de la materia orgánica (Antiatlon, 2014).

2.3.3.3. Propiedades de los abonos químicos

Alarcón (2007) dice que, los abonos orgánicos tienen propiedades que ejercen determinados efectos sobre el suelo, aumentando la fertilidad de éste. Básicamente, actúan en el suelo sobre tres tipos de propiedades:

a. Propiedades físicas

- El abono orgánico por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes (Alarcón ,2007).

- El abono orgánico mejora la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos (Alarcón ,2007).
- Disminuyen la erosión del suelo, tanto por el agua como el viento (Alarcón ,2007).

Los abonos orgánicos influyen favorablemente sobre las características físicas del suelo: estas características son: estructura, 34 porosidades, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración conductividad hidráulica y estabilidad de agregados. Un aumento en la porosidad aumenta la capacidad del suelo para retener el agua, incrementando simultáneamente la velocidad de infiltración de esa misma agua en el suelo. Tal efecto es de la mayor importancia en los terrenos con desnivel donde el agua por escurrir superficialmente, no es eficientemente aprovechada” (Alarcón ,2007).

Una mayor porosidad está relacionada inversamente con la densidad aparente del suelo y con aspectos de compactación del mismo. Es evidente que la aplicación de estiércoles, con el tiempo tendrá efecto positivo en las propiedades físicas de los suelos; sin embargo, habrá que estar pendientes de algún incremento en la conductividad eléctrica, relacionando con el grado de salinidad de los suelos (Alarcón, 2007)

b) Propiedades química

“Los abonos orgánicos cambian las propiedades químicas del suelo, aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste. Aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumentamos la fertilidad” comunica que: La composición química de los abonos orgánicos variará de acuerdo al origen de estos. Las plantas, residuos de cosecha,

estiércoles, etc., difieren grandemente en cuanto a los elementos que contienen. Las características químicas del suelo que cambian por efecto de la aplicación de los abonos orgánicos son obviamente el contenido de materia orgánica; derivado de esto aumenta el porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio de cationes, el pH y la concentración de sales (Cervantes, 2007).

Tabla 5: Composición química de diferentes abono orgánicos.

Abono orgánico	N-total%	P₂O₅%	K₂O%	M.O.%	C.E	pH 1:1
Estiércol	1.64	0.96	4.95	49.06	19.65	7.6
Compost	1.39	0.67	0.69	45.10	8.6	6.4
Humus	1.54	0.21	0.46	49.44	3.8	4.6
Lombriz						

Fuente: Cervantes (2007) Manual de prevención y minimización de la contaminación Industrial.

c) Propiedades Biológicas

Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios, y que constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente” (Cervantes, 2007).

“Los estiércoles contienen grandes cantidades de compuestos de fácil descomposición, cuya adición casi siempre resulta en un incremento de la actividad biológica. Los microorganismos influyen en muchas propiedades del suelo y también en efectos directos en el crecimiento de las plantas”. En la mayoría de los

casos, el resultado del incremento de la actividad biológica, repercute en el mejoramiento de la estructura del suelo, por efecto de la agregación que los productos de la descomposición caen sobre las partículas del suelo; las condiciones de fertilidad aumentan lo cual hace que el suelo tenga la capacidad de sostener un cultivo rentable. Asimismo, se logra tener un medio biológicamente activo, en donde existe una correlación positiva entre el número de microorganismos y el contenido de materia orgánica del suelo. En relación con la disponibilidad de nutrientes, la actividad biológica del suelo, juega un papel importante en la oxidación de reducción de los elementos esenciales; convirtiendo las formas no aprovechables a formas aprovechables por las plantas (Cervantes, 2007).

2.3.4. Crecimiento en función a la dosis de Takakura



Gráfico 3: Crecimiento en función de la dosis de Takakura.

Fuente: Elaboración propia

Efecto positivo: En este efecto encontramos un crecimiento de la planta que se ha sembrado, el cual indica que hay un desarrollo adecuado.

Efecto óptimo: Este efecto nos indica que es el crecimiento adecuado de la planta, la cual viene a ser la alfalfa, expresa lo que se debe lograr, para obtener buenos resultados y significa que la dosis de Takakura es la adecuada.

Efecto negativo: Este efecto nos expresa el decaimiento del crecimiento de la planta que es la alfalfa, y nos indica que se debe disminuir la dosis de Takakura.

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1. Takakura

Este método se caracteriza por su rapidez y por su sencillez para realizarla, ya que se trabaja con materiales propios de la zona, generando menores costos de producción. En el método de Compostaje Takakura, las sustancias orgánicas son sometidas al compostaje con los medios 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 compostaje. Debido a que los microorganismos fermentativos que se adaptan perfectamente al compostaje existen cerca de nuestros alrededores, cualquiera puede realizar fácilmente el compostaje descubriéndolos y cultivándolos (IGES, 2009).

2.4.1.1. Ventajas del Takakura

- Es fácil de hacer, ya que para su elaboración requiere de residuos orgánicos que se tiene en casa, y de otros materiales que están al alcance de toda persona.
- Su preparación es muy fácil de realizar.

- Mejora la Producción del cultivo, ya que proporciona nutrientes ricos para el suelo y así mismo a la planta durante todo el ciclo vegetativo.
- Es barato (IGES, 2009).

2.4.1.2. Desventajas de Takakura

- El mal olor por la descomposición de la materia orgánica (IGES, 2009).

2.4.1.3. Procedimiento para la elaboración de Takakura

El método Takakura se inicia elaborando dos soluciones una salada en la que se incluye sal, residuos de las ferias libres y se mezcla con agua, simultáneamente se elabora la solución dulce en la que se coloca levadura, yogurt, melaza y agua. Estas dos soluciones se las dejó reposar durante 7 días con relación al recipiente de la solución dulce no se ajusta la tapa del envase, porque la fermentación produce gases que puede provocar que esta explote. Para crear la semilla del compost, se colocó la base del compost (cascarilla de arroz) y se mezcló con la harina, para que los microorganismos eficaces puedan alimentarse y desarrollarse de mejor manera. Además, se agregó hojarasca, hongos y moho, recolectados en el bosque al que se colocó las soluciones de sal y de dulce, que actuaron durante ocho días, propiciando la destrucción de microorganismos patógenos y la multiplicación de microorganismos benéficos encargados de la descomposición de los residuos (Hernández, 2015).

Cuando se trabaja con residuos orgánicos con el propósito de obtener enmiendas para el suelo, el proceso de compostaje tiene como objetivo la destrucción o eliminación de microorganismos patógenos, así como la eliminación de sustancias

orgánicas que puedan ser tóxicas para las plantas que se encuentran en el material de partida o que se generan en las primeras etapas del proceso (Campitelli ,2014).

Luego de realizada la mezcla de todos los componentes, se ajustó el nivel de humedad recomendado en el Método Takakura, esto es entre el 40 y 60% y que de forma práctica se lo hace apretando la semilla con la mano, si esta se mantiene compacta significa que tiene la humedad adecuada (Campitelli ,2014).

Con esta semilla se realizó una pila y se la cubrió con tela con la finalidad de que las moscas no depositen sus huevos y contaminen el compost, luego se lo dejo reposar durante siete días. Esta pila se recomienda que deba estar ubicada en un lugar en la que pueda respirar. Durante los siete días se mezcló de manera diaria la semilla; cuando se la encontró que estaba seca, se añadió agua, verificando de manera permanente el estado de la semilla (Campitelli ,2014).

Al obtener el compost maduro y luego de cinco días, se envió una muestra al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Loja, en la que se realizaron los análisis químicos para la obtención de parámetros que permitan verificar la calidad del compost (Campitelli ,2014).

2.4.1.4. Factores que intervienen en el proceso de Takakura

La calidad de un compost es usualmente determinada por parámetros químicos los cuales dan una determinación exacta de cada sustancia y los parámetros biológicos los cuales permiten evaluar la estabilidad del producto fin (Madejón, 2001).

El proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica (Madejón, 2001).

Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación. Son muchos y 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 (Madejón, 2001).

Los factores más importantes son:

- **Temperatura:** Se define como la unidad de calor y se expresa en °C dada por un valor variable en tiempo y espacio. La temperatura del suelo tiene importancia fundamental en relación con la actividad del micro y mesoorganismos, la descomposición de la materia orgánica, la germinación de semillas. Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malezas (Madejón, 2001).

A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esperados (Madejón, 2001).

Los microorganismos que pululan en un sistema de compostaje dependen de las temperaturas y pueden ser de tres clases (Stofella, 2001):

Criófilos y psicrófilos..... 0 - 25°C

Mesófilos..... 25 - 45°C

Termófilos..... > 45°C

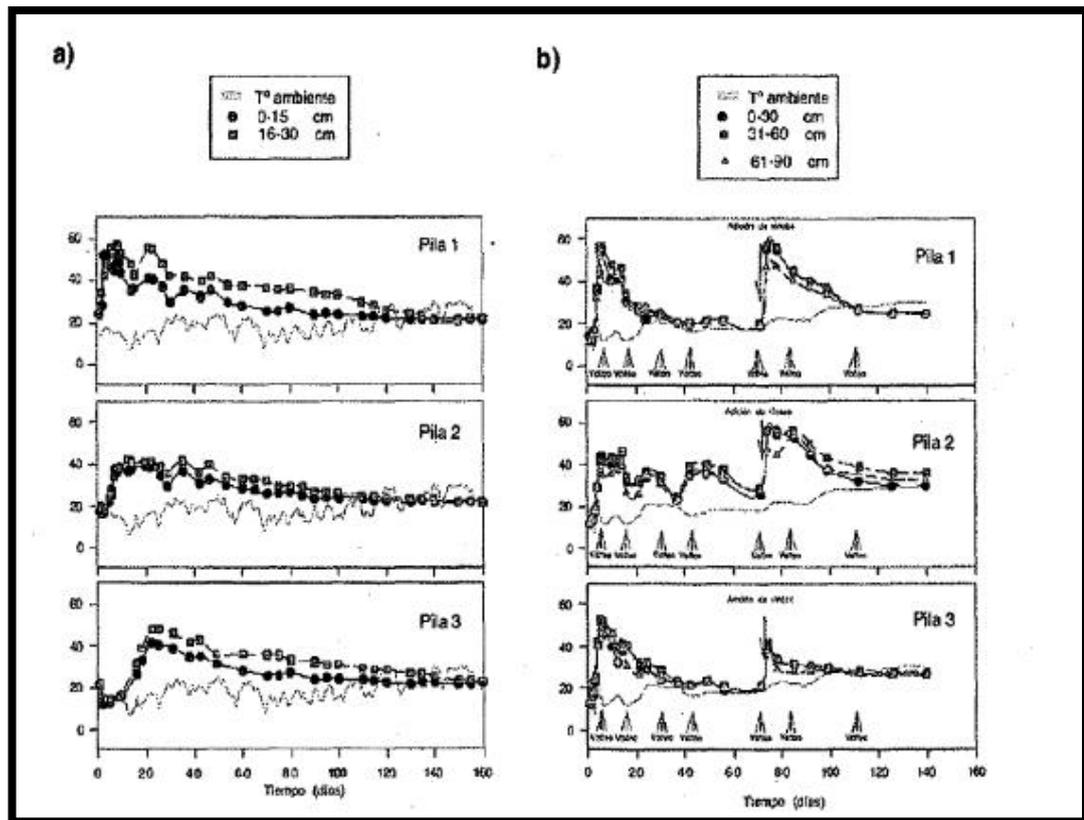


Gráfico 4: Evolución de la temperatura del compostaje en pilas estáticas (a) y pilas volteadas (b).

Fuente: Stofella (2001).

- **Humedad:** En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 400%. 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 75-85% mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50 - 60% (Madejón, 2001).

- **pH:** El compostaje se puede desarrollar en un amplio rango de pH 3.0 - 11.0. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5). Generalmente el pH decrece al principio por la producción de ácidos orgánicos de cadena corta y lentamente va incrementándose posteriormente, debido a la degradación de las proteínas y la liberación del amoníaco de los aminoácidos (Madejón, 2001).

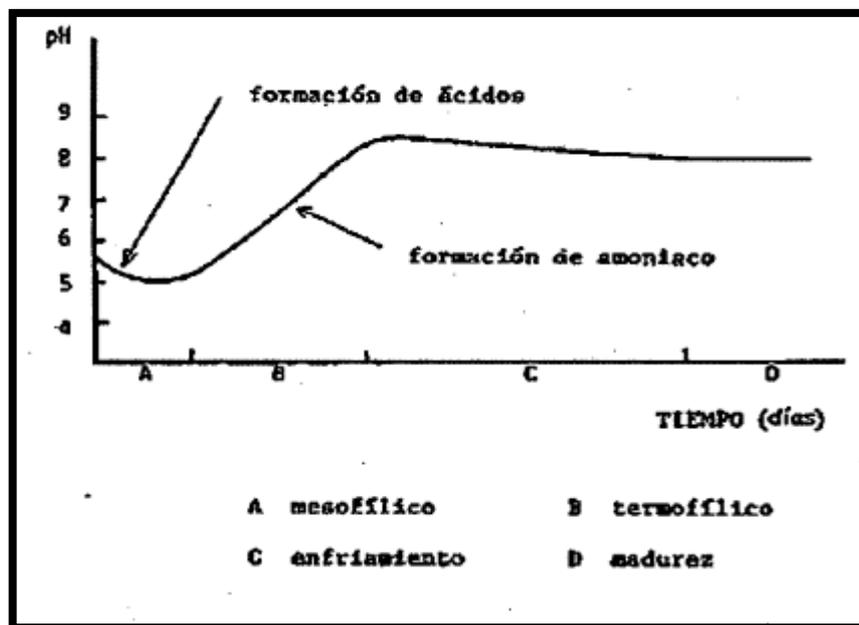


Gráfico 5: Variación de pH en el proceso de compostaje.

Fuente: Madejón (2001).

- **Oxígeno:** 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 (Madejón, 2001).

Es necesario para que se dé un proceso de descomposición aeróbica, la actividad de los microorganismos y para oxidar determinadas moléculas orgánicas del sustrato.

En el sistema de compostaje se incrementan los niveles de CO₂ mientras que el oxígeno disminuye; el consumo de éste está relacionado con la actividad microbiana de acuerdo a los cambios de temperatura y humedad (Madejón, 2001).

- **Relación C/N equilibrada:** Es un factor importante dentro del proceso, por la necesidad de carbono por parte de los microorganismos como fuente de energía y el nitrógeno es un factor importante como elemento básico en la formación de proteínas y otros constituyentes del protoplasma celular. El carbono (C) y el nitrógeno (N) son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compostaje de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos (Madejón, 2001).

Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el compostaje. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N muy baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compostaje equilibrado. Los materiales orgánicos ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba y el aserrín. Los pobres en carbono y ricos en nitrógeno son los vegetales jóvenes, las defecaciones animales y los residuos de matadero (Madejón, 2001).

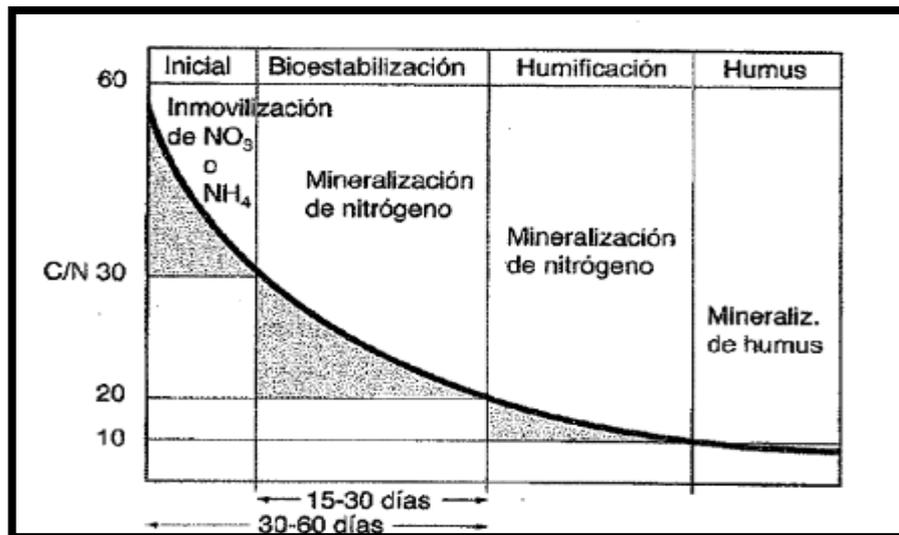


Gráfico 6: Evolución característica de la relación C/N durante el proceso de Compostaje

Fuente: Madejón (2001).

2.4.1.5. Clasificación y función de los nutrientes

A. Macro elementos

Según Moreno (2008) Las operaciones auxiliares en el control de agentes causantes de plagas y enfermedades a las plantas forestales.

- **Nitrógeno (N):** Aumenta el crecimiento y desarrollo vegetal de todos los tejidos vivos (Moreno, 2008).
- **Fosforo (P):** Desarrollo de raíces y floración y cuajado de los frutos (Moreno, 2008).
- **Magnesio (Mg):** Esencial para la fotosíntesis. Forma parte de la clorofila, enzimas y vitaminas de la planta (Moreno, 2008).
- **Calcio (Ca):** Elemento estructural de paredes y membranas celulares (Moreno, 2008).

2.4.1.6.Población microbiana

Los principales microorganismos degradadores del petróleo son: las bacterias, las levaduras y en menor cantidad los hongos oxidantes de los hidrocarburos. Entre los organismos degradadores del petróleo destacan: *Pseudomonas putida* y *Yersinia enterocolitica*, la levadura del género *Candida* y diversos géneros de hongos tales como *Aspergillus* y *Fusarium* (Fernando,1990).

También agrega que estos organismos existen en residuos orgánicos de forma natural, aunque en pequeñas cantidades y mediante el proceso de compostaje en condiciones óptimas, éstas se reproducen aumentando la actividad microbiana y descomponiendo materia orgánica (Fernando,1990).

2.4.1.7.Generalidades de Microorganismos

En el planeta existen diversas clases de organismos que interactúan con la naturaleza, permitiendo un equilibrio adecuado entre todos los reinos vivientes. Sin embargo, existen algunos tipos de seres que han sido beneficiosos dentro de este proceso, los microorganismos. Estos diminutos seres están presentes en casi todos los rincones de nuestro planeta, dentro de todos los procesos existentes, ayudando a mantener el equilibrio de la materia y energía en el ciclo del planeta. La diversificación de estos microorganismos nos lleva a encontrar desde microorganismos parásitos y patógenos tanto de planta, animales y el hombre, hasta microorganismos llamados benéficos, por la gran ayuda que éstos brindan en diversos procesos en algunas áreas de la vida del ser humano (Figuerola, 2016).

Los microorganismos son muy importantes dentro del ciclo de transformación de la materia y energía. Se encargan de degradar los restos animales y vegetales,

transformándolos en nutrientes indispensables para su propio metabolismo, además de generar sustancias y minerales que servirán como fuente de energía para otras especies dentro de otros ciclos (Figueroa, 2016).

2.4.1.8. Tipos de microorganismos que conforman el caldo Microbiano

Los E.M. son una combinación de varios microorganismos agrupados en 4 grandes géneros: bacterias Foto tróficas, bacterias ácido lácticas, levaduras y actinomicetos.

a) Las bacterias ácido-lácticas, producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias foto trófica y levaduras; también aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa (Figueroa, 2016).

b) Las levaduras, sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias foto trófica, materia orgánica y raíces de las plantas (Figueroa, 2016).

c) Los actinomicetos, actúan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (Figueroa, 2016).

d) Las bacterias foto tróficas, son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles como aminoácidos, ácidos nucleicos y azúcares, a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía (Figueroa, 2016).

2.4.2. Microorganismos Eficientes

Los E.M. (Effective Microorganisms) o Microorganismos Eficientes, son una combinación de varios microorganismos benéficos (caldo microbiano), de origen natural, que unidas producen a temperaturas favorables un aprovechamiento de los

componentes de la materia a compostar para optimizar el proceso de compostaje (Guevara, 2009).

Son utilizados en diferentes aplicaciones en más de 110 países del mundo, brindando soluciones a diferentes problemas de la agricultura, el medio ambiente, la acuicultura, entre otras áreas. Teóricamente este producto se encuentra conformado esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias acidolácticas y bacterias fotosintéticas, las cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería, según sus promotores. Inicialmente este producto fue desarrollado para el mejoramiento de suelos y el tratamiento de residuos Agropecuarios (Guevara, 2009).

2.4.3. ALFALFA CALIFORNIA 101.

La alfalfa es uno de los cultivos forrajeros más utilizados debido a que produce grandes cantidades de materia seca de alta calidad. El destino del cultivo es la producción de forraje, que puede aprovecharse mediante pastoreo directo o conservarse en forma de heno mediante la confección de rollos, fardos o megafardos (Guevara, 2009).

2.4.3.1. Cultivo de Alfalfa California 101

La alfalfa tiene su área de origen en Asia Menor y sur del Cáucaso, abarcando países como Turquía, Irak, Irán, Siria, Afganistán y Pakistán. Los persas introdujeron la alfalfa en Grecia y de ahí pasó a Italia en el siglo IV A. C. La gran difusión de su cultivo fue llevada a cabo por los árabes a través del norte de África, llegando a España donde se extendió a toda Europa. Pozo (1983), menciona que es una planta perenne, de raíz gruesa y tallo leñoso, foliolos aovados u oblongos dentados en el

ápice, estípulas semilanceoladas, largamente acuminadas en la base. Flores grandes, de 8 – 10mm, en racimos oblongos multifloros sobre dunculo no aristado. Semillas de 1,5 por 2,5 mm ovaes (INFOAGRO, 2017).

La alfalfa es una leguminosa y como consecuencia tiene capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de sus raíces. Esta capacidad hace que los suelos donde crece esta planta son mejores por lo que muchas veces se planta como, una manera de fertilizante natural a los terrenos. El uso principal de esta planta es como planta forrajera para la alimentación del ganado, resulta muy nutritivo para los animales al mismo tiempo que es una de las especies con producción más elevada de las cultivadas por el hombre. Aguanta con facilidad las sequías aprovechándose de sus largas raíces que son capaces de hundirse hasta capas profundas del suelo (se han encontrado ejemplares cuyas raíces alcanzan los 10m de profundidad) (Botanical, 2010).

2.4.3.2. Características Alfalfa CALIFORNIA 101 (Medicago Sativa)

Orgánico. Literalmente se refiere a algún material derivado de plantas o animales. Incluye cualquier cosa derivada de un organismo vivo o excretado por este. El término orgánico se aplica a la filosofía de trabajar dentro de las leyes y sistemas existentes en la naturaleza, para lograr así un medio ambiente saludable, en equilibrio y generosamente productivo por muchos años. Esta palabra se emplea cuando se hace referencia a la fabricación de compost (Botanical, 2010).

Aspectos para el cultivo de alfalfa CALIFORNIA 101(siembra)

a) Elección del suelo

Hay requisitos básicos que debe cumplir el suelo para que tenga aptitud para el cultivo de la alfalfa:

Profundidad, drenaje y textura. La característica de la planta de alfalfa, con un arraigamiento más profundo que el resto de las forrajeras comúnmente usadas en los suelos de riego, determina que deba elegirse un suelo profundo, es decir, en lo posible de más de un metro de profundidad. Es imprescindible la ausencia de capas impermeables de tosca que impiden la penetración de las raíces y que, por otra parte, dificultan el drenaje interno manteniendo el nivel freático en invierno a menos de 60 cm desde la superficie (INFOAGRO, 2017).

- La mayor profundidad radicular que alcance la alfalfa, al no tener impedimentos para su desarrollo, le permitirá explorar un mayor volumen de suelo para obtener los nutrientes necesarios para su desarrollo y mantener niveles altos de producción. Una napa freática a nivel de las raíces produce asfixia de éstas, provocando muerte por pudriciones, lo que se traduce en bajo rendimiento y debilitamiento de las plantas y, por ende, una mayor susceptibilidad a enfermedades radiculares y foliares (INFOAGRO, 2017).
- El agua estancada sobre la superficie, debido a una lenta penetración en el perfil del suelo, común en texturas pesadas (arcillosos o franco arcilloso), es otra situación no deseable para la alfalfa (INFOAGRO, 2017).
- En este sentido son más convenientes aquellos suelos de texturas livianas, que no mantienen agua estancada sobre la superficie durante el periodo invernal. Estas características se encuentran en aquellos suelos de terrazas de río, con cierta proporción de arena y subsuelo ripioso, y en los suelos de

truncos profundos. En suelos de textura franco arcillosa, con pendiente suave, que permita un escurrimiento superficial del agua en forma relativamente rápida, también se presentan condiciones adecuadas, siempre y cuando reúnan otras características deseables para el desarrollo de la alfalfa. La salida rápida del agua del perfil de suelo se mejora a través de una conveniente red de drenes superficiales, los que deben mantenerse limpios a través de todo el año para que cumplan satisfactoriamente con este objetivo (INFOAGRO, 2017).

- La salida rápida del agua del perfil de suelo se mejora a través de una conveniente red de drenes superficiales, los que deben mantenerse limpios a través de todo el año para que cumplan satisfactoriamente con este objetivo (INFOAGRO, 2017).

b) Acidez del suelo

- La acidez del suelo es otro de los problemas básicos para el buen establecimiento y comportamiento posterior de una pradera de alfalfa. Esta se determina mediante un análisis de laboratorio que indica el pH del suelo, cuyos valores normales para la zona son de orden de 5,8 a 6,2, es decir, son ligeramente ácidos (INFOAGRO, 2017).
- La acidez del suelo no favorece la nodulación de la raíz de la alfalfa. La bacteria específica (*Rhizobium meliloti*), responsable de la fijación del nitrógeno, es muy sensible a la acidez del suelo. Por lo tanto, la siembra de alfalfa sin tomar las medidas necesarias para dar un ambiente adecuado a la sobrevivencia de esta bacteria será un fracaso (INFOAGRO, 2017).

- Como pauta general deberá descartarse la siembra de alfalfa en suelos con un pH inferior a 5,6. La cantidad de carbonato de calcio requerida para variar el pH en un suelo trumao en 0,5 unidades (pH 5,5 a 6,0) es alrededor de 8 toneladas/ha, cifra antieconómica y difícil de aplicar, lo que puede además causar problemas con la disponibilidad de otros nutrientes en el suelo (INFOAGRO, 2017).
- La efectividad del carbonato de calcio depende de la época de aplicación y de la forma de su distribución en el suelo. Generalmente se incorpora con un lapso muy corto a la siembra a través de la rotura o de un rastraje. La aplicación anticipada en 3 meses a la siembra implica mayor tiempo y varias labores posteriores que permiten mejorar su distribución en el perfil del suelo (INFOAGRO, 2017).

c) Nutriente del suelo

- Uno de los elementos que la alfalfa utiliza en mayor cantidad es el nitrógeno. Sin embargo, la obtención de una adecuada nodulación en sus raíces aporta suficiente nitrógeno para su desarrollo, e incluso deja una cantidad residual substancial para el cultivo siguiente. La aplicación de fertilizante nitrogenado disminuye la actividad de las bacterias que fijan el nitrógeno, y por otra parte puede forzar el desarrollo de la planta cuando necesita entrar en latencia, con resultados perjudiciales para su comportamiento posterior (INFOAGRO, 2017).
- El fósforo es uno de los elementos indispensables para esta especie. Su aplicación a la siembra no se puede obviar y es necesario una dosis relativamente alta, puesto que su baja movilidad y el alto poder de fijación de

los suelos de la zona no permiten tener un buen aprovechamiento de este fertilizante, salvo en los cuatro primeros meses siguientes a la siembra (INFOAGRO, 2017).

- La movilidad del potasio en el suelo es mayor que la del fósforo. Por lo tanto, su aplicación en cobertera determina un adecuado aprovechamiento. La cantidad de K disponible en el suelo puede determinarse con un análisis de suelo, práctica que deberá adoptarse desde la primera temporada de producción. La época de aplicación más conveniente es en primavera (septiembre, octubre), usando para este objetivo sulfato de potasio en dosis de 100-200 kg/ha, o lo que determine el análisis químico. Existen otros elementos necesarios para la alfalfa, como son el magnesio, azufre, boro y molibdeno, cuya disponibilidad no es crítica en la zona para preocuparnos mayormente de ellos, salvo en casos muy específicos (INFOAGRO, 2017).

d) Época de siembra

- En el caso de siembra de alfalfa existen 2 alternativas para época de siembra: otoño (marzo-abril) y primavera (agosto-septiembre) (INFOAGRO, 2017).
- La siembra de otoño deberá realizarse de preferencia en el mes de marzo con el objeto de permitir a lo menos 6 a 8 semanas para germinar y crecer antes de que se hagan presente las primeras heladas. En esta época es difícil obtener una humedad óptima y, por lo tanto, conseguir una adecuada compactación de la cama de semilla. El riego de presiembra puede mejorar esta condición. Sin embargo, las altas temperaturas y los vientos de la época secan rápidamente la superficie del suelo. Por consiguiente, muchas semillas se

hinchon y al no tener la humedad suficiente para germinar puede haber una pérdida importante de población. Además, la siembra sobre suelo seco demora la germinación perjudicando la nodulación de la alfalfa, puesto que las bacterias mueren por sequía antes de la emergencia de las raíces (INFOAGRO, 2017).

2.4.3.3.Clima

Considera que la temperatura óptima para la geminación de la semilla de alfalfa es 18°C a 25°C La temperatura media anual para la producción de la alfalfa está en torno a los 15° C. Siendo el rango óptimo de temperaturas, según las variedades de 18-28° C, con un mínimo de días nublados y frescos. Días largos con un mínimo de 12 horas de luz (INFOAGRO, 2017).

2.4.3.4.Condiciones edafo-climáticas

- Áreas ecológicas: Región Pampeana semiárida, subhúmeda y húmeda (restricciones) (INFOAGRO, 2017).
- Suelos. Bien profundos, aireados, buen drenaje (INFOAGRO, 2017).
- No resiste anegamiento a nivel radicular (INFOAGRO, 2017).
- Se adapta a déficit hídrico (INFOAGRO, 2017).
- Requiere pH mayores a 6.5 Rhizobium (INFOAGRO, 2017).
- Exige niveles considerables de P, Ca, Mg, y K (INFOAGRO, 2017).

2.4.4. Problemas que atentan a la sustentabilidad del suelo

2.4.4.1. Los agroquímicos como fuente de degradación de los suelos

La salud de los individuos y las comunidades no pueden ser separadas de la salud de los ecosistemas, pues suelos saludables producen cultivos saludables que fomentan la salud de los animales y las personas (Suquilanda, 2016).

Los plaguicidas están diseñados para matar, reducir o repeler los insectos, hierbas, hongos y otros organismos que puedan amenazar a la salud pública y la economía de las naciones. Cuando estos productos químicos se manejan o depositan inadecuadamente pueden afectar a la salud humana (Suquilanda, 2016).

Debido a los agroquímicos perecen muchas especies de microbios, de bacterias fijadoras de nitrógeno del aire (78% del aire es nitrógeno), de hongos micorrizas que asociadas a la planta, multiplican en 200 veces, la absorción de nutrientes de la raíz. Al suelo muerto debe regársela a (costo mínimo), caldos de microbios conseguidos en los suelos vivos. Sin microbios sería imposible la vida en el planeta (Suquilanda, 2016).

2.4.5. Fertilidad del suelo

Para crecer las plantas precisan agua y determinados minerales. Los absorben del suelo por medio de las raíces. Un suelo es fértil cuando tiene los nutrientes necesarios, es decir, las sustancias indispensables para que las plantas se desarrollen bien. Las plantas consiguen del aire y del agua algunos elementos que necesitan, como el carbono, el hidrógeno y el oxígeno. Otros nutrientes esenciales están en el suelo, aquellos que los vegetales requieren en grandes cantidades se llaman nutrientes principales. Son el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio y el

magnesio. Proceden de las rocas que dieron origen al suelo y de la materia orgánica descompuesta por los microorganismos (Suquilanda, 2016).

Los nutrientes deben estar siempre presentes en las cantidades y proporciones adecuadas (Suquilanda, 2016).

Según la FAO (2015) indica que el suelo es fértil cuándo:

- Su consistencia y profundidad permiten un buen desarrollo y fijación de raíces.
- Contiene los nutrientes que la vegetación necesita.
- Es capaz de absorber y retener el agua, conservándola para que las plantas lo utilicen.
- Está suficientemente aireado.
- No contiene sustancias tóxicas.

CAPÍTULO III

3. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para la realización de la presente investigación y lograr los objetivos, se ha planteado la investigación de tipo cuantitativa, cualitativa y experimental porque las variables a evaluarse son medidas mediante la toma de datos y además se determinó las características de calidad del takakura. Se realizó con análisis de varianza entre tres tratamientos con sus respectivas repeticiones. Para el análisis estadístico, utilizamos el estadístico Infostat versión estudiantil 2016, y permitió expresar las diferencias de los resultados de los tratamientos en estudio.

3.2. UNIDAD DE ANÁLISIS, UNIVERSO Y MUESTRA

- **Unidad de Análisis:** Cada parcela del experimento (9 m²)
- **Universo:** Toda la extensión del terreno utilizado (1.8 ha).
- **Muestra:** 6 parcelas de 9 m² cada: dos parcelas para cada tratamiento.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Se trabajó en una pastura sembrada (alfalfa Vs *California* 101) donde se muestreo mensualmente, durante los tres meses de ejecución del proyecto (desde enero hasta marzo de 2018).

Para el desarrollo de esta investigación se evaluó tres tratamientos: El tratamiento T0 (testigo) fue una siembra de alfalfa sin dosis de takakura, el tratamiento T1, donde se aplicó takakura 4 veces al mes, el tratamiento T2, donde se aplicó takakura 8 veces al mes. A cada tratamiento se le asignó su respectiva repetición.

3.4. PASOS DE ELABORACIÓN DE TAKAKURA

- **Primer Paso:** Se realiza el proceso de elección del terreno, luego se preparó el terreno sin pendiente y limpio, fuera del alcance de los niños y animales.

- **Segundo Paso:** Se elabora el Takakura, en un bidón de 7 litros con agua, se le mezcla 50g de azúcar, 5 cucharas de yogurt (la cuchara de 15 ml), queso 100 gr, media lata de cerveza (250ml) y levadura una cucharada. Luego en otro bidón se mezcla agua con sal (0.5 kg), materia orgánica (3kg) y hortalizas (2kg) se deja madurar por 5 días.

- **Tercer Paso:** Se elabora la cama para los microorganismos, colocando en la caja de cartón una tela en el interior del recipiente. Los materiales deben tener una buena aireación, para que los microorganismos respiren. Se Mantiene caliente cubriendo el recipiente con un paño después se mezcla con el lecho.

- **Cuarto paso:** Se prepara el lecho para fermentar y se utilizará 40 % de cáscaras de arroz, 30 % de humus y 30 % de avena esto se mezcla con los procedimientos anteriores y se dejará fermentar por 7 días.

- **Quinto paso:** En este paso se genera la descomposición de los residuos, utilizando materia orgánica cáscaras de frutas verduras las cuales se picarán en pequeños pedazos luego se coloca en la cama los cuales servirán de alimentación para los microorganismos esto se repetirá de 6 veces y se esperará 12 días.

- **Sexto Paso:** Cosecha del takakura, en este último paso se cosechó y se utilizó el abono, después de trascurrir los 24 días, tomó un color medio marrón claro y olor de descomposición de la materia orgánica pero suave, este fue el momento en que se cosechó. Posterior a la elaboración del takakura, se tomó una muestra de 15g de la caja de plástico (tratamiento), que fue enviada al Laboratorio para el respectivo

análisis y determinar las concentraciones de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y K (Potasio) del takakura. Después se aplicó a las parcelas de alfalfa las respectivas dosis por semana.

- **Séptimo paso:** Se elaboró 100kg de Takakura, de los cuáles se utilizó 60kg de Takakura en el período de crecimiento de la alfalfa en 3 meses, por parcela se utilizaron 3,3 kg de Takakura en las 6 parcelas de terreno.

3.4.1. INSTRUMENTOS

- 2 Bidones de agua de 7 litros.
- 1 Caja de Cartón.
- 1 Guincha.
- 1 Hoz.

a) Material Biológico

- Alfalfa.

b) Ingredientes del tratamiento

- 1 lata cerveza (250ml).
- Azúcar (50g).
- Sal (0.5 kg).
- Queso (100g).
- Yogurt (15ml).
- Levadura (1 cucharada).
- Cáscaras de arroz (40%).
- Cáscaras de frutas (3kg).

- Humus (30%).
- Hortalizas (30%).
- Cáscaras de café (3kg).
- Salvado de avena (30%).

3.4.2. MATERIALES

a. Materiales de campo

- Informe sobre la elaboración de Takakura.
- Libreta de apuntes.
- Cámara fotográfica digital.
- Bolígrafos.
- Hojas de registro.
- Centímetro
- Rafia.
- Balanza de pesar.
- Estacas.
- Tijeras.
- Machete.
- Cinta aislante.
- Bolsas de papel.

b) Material y equipo de Gabinete

- Computadora portátil.
- Impresora.
- Memoria USB.
- Papel bond A4.
- Libreta de apuntes.
- Bolígrafos.
- Fotos.

3.5. INDICADORES A MEDIR

Composición química del takakura

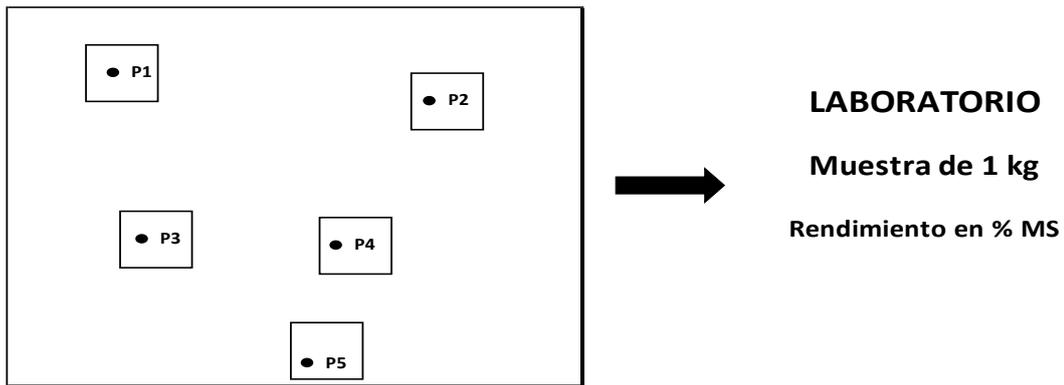
El takakura fue elaborado el 08 de enero de 2018 y estuvo listo para su utilización el 1 de febrero (24 días). A esta fecha, se tomó una muestra de takakura que se envió al laboratorio CERPER S.A. (Lima, Perú) para el análisis químico.

Contenido de materia seca (%) y producción de forraje verde (kg) por m²

La pastura fue sembrada el 24 de diciembre de 2018 y se tomaron muestras al finalizar el mes (desde el primero hasta el tercero). Posterior al registro de la producción de alfalfa en base fresca, se realiza la aplicación de takakura. Para ello, en cada parcela de cada tratamiento se ubicaron cinco puntos al azar donde se arrojaba el metro cuadrado y se procedió al corte al ras de toda la pastura ubicada dentro de él. Se pesaron las cinco muestras por parcela y se calculó el

promedio. Luego, se tomó una muestra por tratamiento (1 kg) y se la envió al laboratorio de Suelos y Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, para determinar el porcentaje de materia seca.

Esquema 1: Metodología empleada para determinar el rendimiento (Base fresca y materia seca) por parcela

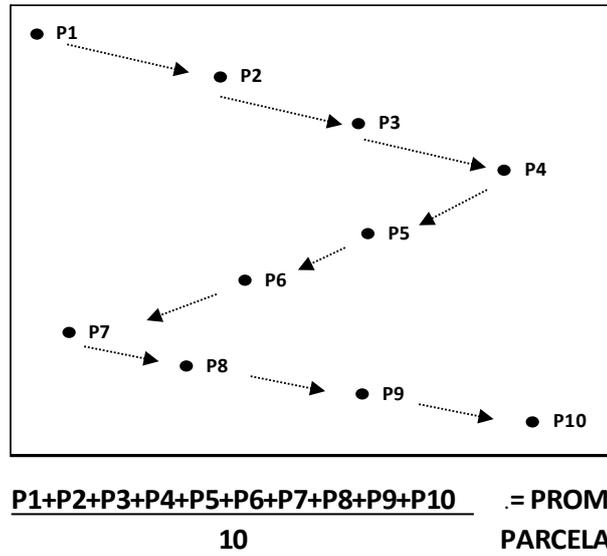


$$\frac{P1+P2+P3+P4+P5}{5} = \text{PROM PARCELA (Rend. BF)}$$

Altura de la alfalfa

Para esto se utilizó una regla graduada en cm, realizando las lecturas cada 5 pasos y caminando en zigzag (10 puntos en total), siendo el criterio empleado para el registro de la altura, el toque de la regla con la hoja más alta, sin perturbar la pastura (Barthram, 1986). Se tomó la altura promedio por parcela por tratamiento.

Esquema 2: Metodología empleada para determinar la altura de pastura por parcela.



3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables		Concepto	Indicador	Instrumentos
Dependiente	Producción de alfalfa	PRODUCCIÓN DE ALFALFA: La alfalfa es uno de los cultivos forrajeros más utilizados debido a que produce grandes cantidades de materia seca de alta calidad. (Valle, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Kilogramos de pastura en base fresca por metro cuadrado (KgBF/m²). • Porcentaje de material seca por kilogramo de pasture en base fresca (%MS/Kg de BF). • Cm de altura/ parcela. 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Estufa. <p>Regla graduada..</p>
Independiente	Número de aplicaciones de takakura	ABONO TAKAKURA: es un procedimiento que contribuye a la obtención de compost, para ello requiere como precondition el uso de microorganismos que descomponen los residuos orgánicos y lo hacen en un corto tiempo (Honobe, 2013).	Aplicaciones semanales.	Guantes Quirúrgicos.

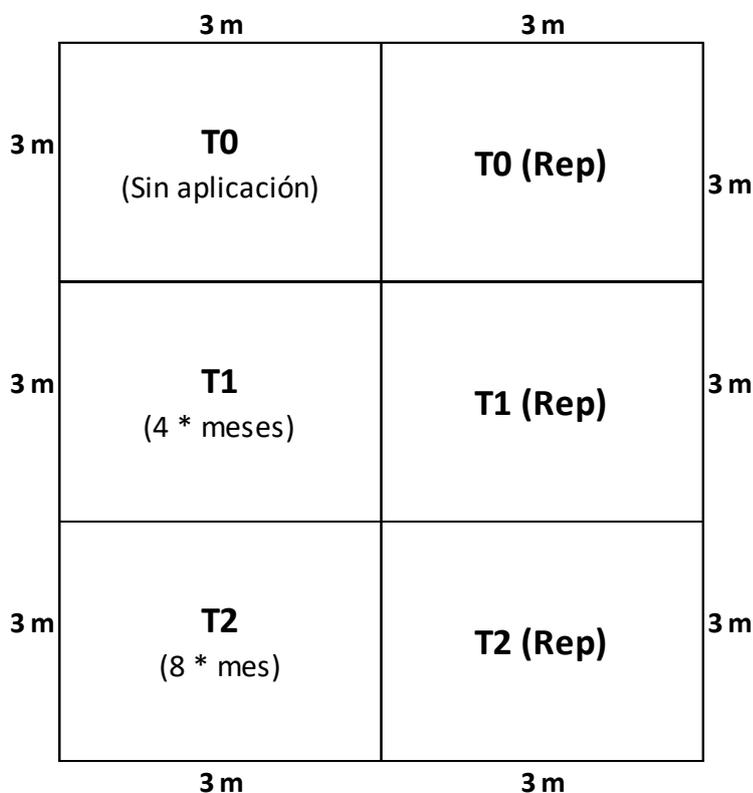
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) donde se aplicaron tres tratamientos que consistían en distinto número de aplicación de takakura, considerando un T0 que era el tratamiento testigo (T0: sin aplicación; T1: 4 veces por mes; T2: 8 veces por mes). Las aplicaciones fueron realizadas semanalmente.

Los tratamientos fueron aplicados en parcelas de 9 m², con sus respectivas repeticiones. El takakura fue suministrado desde la primera semana posterior a la siembra, y durante todo el período de ejecución (tres meses). La dosis de takaura fue de 20 gr/m² a cada parcela. Los datos fueron analizados con software estadístico Infostat versión estudiantil 2016.

La ecuación estadística utilizada fue la siguiente:

Esquema 3: Diseño experimental del trabajo de investigación.



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. RESULTADOS

Tabla 6: Composición química del takakura

Minerales	Contenido
Nitrógeno (%)	1.20
Potasio (%)	0.60
Humedad (%)	60.11
Conductividad Eléctrica	16.00
Materia Orgánica (%)	25.47
pH*	7.60

En la Tabla 5, se puede apreciar que las composiciones químicas son similares en nutrientes y pH, a los resultados de Fernández (2014), el cual obtuvo porcentaje de Nitrógeno 1.18 % y un pH de 7.5. Esto debido a que se utilizaron los mismos componentes en similares condiciones.

4.1.2. Evaluación de rendimiento de la alfalfa

Tabla 7: Resultados de los indicadores medidos para el rendimiento de alfalfa

Tratamiento	Aplicaciones de takakura	Altura pastura (cm)	Rendimiento Base	Rendimiento Base	Rendimiento
			Fresca (BF) (kg/m ²)	Seca (BS) (%) (kg/m ²)	Base Seca (BS) (kg/m ²)
T0	0	29.10 <i>a</i>	1.09 <i>a</i>	19.85 <i>a</i>	0.216
T1	4 * mes	43.81 <i>b</i>	2.32 <i>b</i>	39.86 <i>c</i>	0.924
T2	8 * mes	38.16 <i>ab</i>	2.30 <i>b</i>	38.56 <i>b</i>	0.894
p – valor		0.0704	0.0006	0.0001	-----
C.V.		41.70	1.34	0.46	-----

C.V.: Coeficiente de variabilidad

p<0.05: Letras distintas muestran diferencias significativas entre c.

Como se puede observar en la tabla 6 y el análisis de varianza (anexo 5), existió una tendencia a que los tratamientos sean diferentes (p=0.0704) para esta variable, el T1 (43.81 cm) presenta cierta tendencia a ser superior en comparación a los otros tratamientos (T0: 29.10 cm; T2: 38.16 cm). Al comparar nuestros resultados con los reportados por Lombeida (2011), quien reporta una altura de 49,55 cm, se observa que los nuestros son inferiores debido a que el autor utilizó más aplicaciones por mes durante un tiempo más prolongado (8 aplicaciones por mes durante medio año).

4.1.3. Contenido de la materia fresca de la pastura

Consecuente al resultado anterior, el T1 (2.32 kg) fue significativamente superior a los otros tratamientos (T0: 1.09 kg; T2: 2.30 kg). Estos resultados se pueden observar en la tabla 6, y en el análisis de varianza (anexo 6) con un p valor igual a 0.0006. Este resultado se atribuye a la menor concentración de takakura que permitió un mayor follaje expresado en mayor número de hojas y tallo, como menciona Ramírez (2016), que utilizó Takakura en cuatro tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones, sembrando plantas de lechugas Verónica. El autor reporta que a menor dosis de Takakura se consigue un mayor rendimiento, el cual generó las mejores lechugas en cuanto a masa y diámetro.

4.1.4. Contenido de materia seca de la pastura

Como se puede observar en el cuadro 6, el análisis de varianza (anexo 7) dejó ver una diferencia significativa entre los tratamientos ($p=0.0001$) para esta variable. El T1 (39.86 %) presenta una superioridad significativa en comparación a los otros tratamientos (T0: 19.85 %; T2: 38.56 %). Estos resultados son consecuentes por el resultado anterior (Lombeida, 2016), dado que la producción de materia seca está positivamente relacionada con la producción de materia fresca de la pastura. Al ser el T1, el de mayor producción de materia fresca, es evidente que iba a ser similar en la producción de materia seca.

4.1.5. Teoría del crecimiento de la alfalfa en función de la dosis de Takakura

Según la teoría que se encuentra en el marco teórico pág.42, llegamos a obtener con nuestra investigación, efectos positivos, óptimos y negativos, dónde el T0 se encuentra en un efecto positivo, el cual expresa que hubo un desarrollo adecuado

de la alfalfa, el T1 y T2 se encuentran en un efecto óptimo que nos indica que la dosis de Takakura es la necesaria para obtener una buena producción de alfalfa.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se comparó el efecto en la altura de la alfalfa California 101 producida, utilizando takakura como fertilizante natural en diferentes aplicaciones durante tres meses, obteniéndose mayores alturas en el tratamiento 1 (4 veces por mes).
- Se comparó el efecto en la producción de alfalfa California 101 (kg de base fresca), utilizando takakura como fertilizante natural en diferentes aplicaciones durante tres meses, obteniéndose mayores rendimientos en kg de base fresca, en el tratamiento 1 (4 veces por mes).
- Se logró concluir que nuestra hipótesis no fue lo que estimábamos, todo lo contrario, se obtuvo un efecto en la producción de alfalfa califonia 101(kg de materia seca), y utilizando menos takakura como fertilizante natural en diferentes aplicaciones durante tres meses, obteniéndose mayores rendimientos en kg de materia seca, en el tratamiento 1 (4 veces por mes).
- Se propone al takakura como una alternativa ecológica para mitigar los efectos contaminantes de la actividad agropecuaria.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a los agricultores que usen el Takakura, ya que es un abono ecológico que aporta nutrientes al suelo, planta, y es menos contaminante para el medio ambiente.
- Se recomienda que para una investigación futura se realice un análisis del tipo de suelo del lugar en dónde se abonará con Takakura, de la misma manera analizar en laboratorio de 2 a 3 veces el Takakura para determinar los posibles cambios químicos.
- Se recomienda realizar investigaciones en función de la producción óptima empleando el compost como sustrato en plantones, viveros y semilleros, para poder ver los efectos que el compost puede tener sobre estas plantas. También se puede estudiar la dosificación, gestión agronómica y el manejo del compost aplicado en parcelas demostrativas de diversos cultivos.
- Se recomienda, continuar con este tipo de investigación para la producción de forrajes y otros cultivos. Realizar métodos de análisis de calidad de compost más específicos como: respirometría (consumo de O₂ y emisión de CO₂), parámetros bioquímicos de actividad microbiana y fitotoxicidad; para tener datos que puedan reafirmar la seguridad del producto para su aplicación en la agricultura.
- Se recomienda elaborar un proyecto productivo, que enmarque el aspecto técnico y económico para la elaboración de una planta de compostaje, generando así un producto orgánico sostenible y sustentable, y sobre todo de calidad, que permita la producción y comercialización de esta materia al sector agrícola.

- Se recomienda realizar nuevas investigaciones similares a mayor escala, para poder sostener y fortalecer la propuesta y poder hacerla más cercana a la dimensión de tierra con la que se suele trabajar en la región (con la hectárea como unidad de investigación).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, Z. (2007). Producción de forraje verde para ganado de bovino en invierno en México.D.F.Profr editorial.
- Albert, L. (2004). Contaminación ambiental, origen, clases, fuentes y efectos. (En línea). consultado el 20 de Enero de 2018. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-01a4.pdf>
- Alva. (2006). Caracterización preliminar de la agricultura convencional y orgánica en la comunidad de Vinchos, distrito de Churubamba, provincia de Huánuco”(Tesis de pregrado),Huánuco.Recuperado de [https://www.google.com.pe/search?q=+Alva.++\(2006\).+Caracterizaci%C3%B3n+preliminar+de+la+agricultura+convencional+y+org%C3%A1nica+en+la+comunidad+de+Vinchos%2C+distrito+de+Churubamba%2C+provincia+de+Hu%C3%A1nuco%E2%80%9D&aqs=chrome..69i57j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com.pe/search?q=+Alva.++(2006).+Caracterizaci%C3%B3n+preliminar+de+la+agricultura+convencional+y+org%C3%A1nica+en+la+comunidad+de+Vinchos%2C+distrito+de+Churubamba%2C+provincia+de+Hu%C3%A1nuco%E2%80%9D&aqs=chrome..69i57j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- Antiatlon, C. (2014). Abonos orgánicos.(En línea) consultado el:23 de Febrero del 2018 . Recuperado de Abonos orgánicos en línea: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf5/abonos-organicos/abonos-organicos.shtml>.
- Barthram, G. (1986). Experimental Techniques; the HFRO Sward Stick. En: Hill Farming Research Organization. Biennial Report 1984-1985. Penicuik, UK. pp. 29-30.

- Becerra, M. (1998). Conservación del suelo y desarrollo sustentable. En México. Editorial EDUCO.
- Botanical. (2010). Beneficios de la alfalfa. (En línea). Consultado el: 16 - marzo-2018. Recuperado de <http://www.botanical-online.com/medicinalsalfalfa.htm>
- Cabero, M.(1992). Los efectos de la contaminación por abonos químicos. Costa Rica. Editorial tecnológica de Costa Rica.
- Campitelli, J.(2010). Obtención de abonos de calidad para las plantas. Argentina. Editorial Feriva S.A.
- Castillo, M.(2001). Comparación de los procedimientos de Tunkey, Duncan, Dunnett, HSU y Bechhofer BECHHOfer para la selección de medias. México. Editorial Trillas.
- Cervantes, M. (2007). Abonos orgánicos. Argentina. Editorial Brujas.
- Chacón, D. (2011). Evaluación de diferentes niveles de abono foliar en la producción de forraje de medicago sativa en la estación experimental Tunshi. Ecuador. Editorial Arquetipo S.A.
- Cruz, B. (2009). Micorrización en en la conservsciión de bosques. México. Editorial Limusa.
- Devine. (2008). La Agricultura De Cajamarca . Perú. Editorial Peisa.
- Esteve, J. (2012). El método Takakura o cómo acelerar el proceso de compostaje. Ecuador. Editorial Universitaria de Loja Ecuador.
- FAO. (2015). Perspectivas para el Medio Ambiente. Lima. Editotial Gedisa.
- Fernández, R. (2014). Producción de compost utilizando residuos orgánicos producidos en el camal municipal y viviendas urbanas aplicando los métodos

Takakura y EM- compost en el distrito de Chachapoyas- Amazonas. Editorial INTEC.

- Fernando , M. (1990). Concepto sobre la Materia Orgánica y el Nitrógeno del suelo relacionadas con la interpretación de análisis Químicos. Bogotá- Editorial Hispano América 3ra Ed.
- Ferrer, A. (2003). Pesticide poisoning. Lima. Editorial Acribia.
- FIDA. (2003). Agricultura orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza en Costa Rica. Editorial Costa Rica S.A.
- Figueroa, S. (2016). Optimización del Manejo de residuos orgánicos por medio de utilización de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae* , *aspergillus* sp, *lactobacilius* sp) en el proceso de compostaje en la central hidroeléctrica Chaglla. Huánuco-Perú. Editorial Perú Waste Innovation.
- Forero. (2014). Producción de compost a base de Lechugín utilizando en tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A. y su efecto en el cultivo de lechuga” en Ecuador. Editorial Corporación.
- Guevara, C. (2009). Efecto de tres tipos de abonos orgánicos aplicados foliarmente en la producción de forraje del *Lolium perenne*. En C. Guevara, Efecto de tres tipos de abonos orgánicos aplicados foliarmente en la producción de forraje del *Lolium perenne* en Riobamba. Ecuador. Editorial Continental S.A.
- Hernández, O. (2015). Implementación del método de compostaje Takakura para el reciclaje de desechos en la ciudad de Loja, Ecuador. Obtenido de Implementación del método de compostaje Takakura para el reciclaje de desechos en la ciudad de Loja, Ecuador- Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Roldan_Torres_Gutierrez/publication/295

254069_IMPLEMENTING_TAKAKURA_COMPOSTING_METHOD_FOR
_WASTE_RECYCLING_IN_LOJA_CITY_ECUADOR/links/56c888c108ae1
10637077b31/IMPLEMENTING-TAKAKURA-COMPOSTING-METHOD-
FOR-WASTE-RECYCLING-

- Honobe, Y. (2013). Manual para reducir desechos orgánicos, fondo para la protección del agua. En Y. Honobe. Loja-Ecuador. Editorial FONAG.
- IGES. (2009). Programa de reducción de residuos mediante la promoción del compostaje de residuos orgánicos por el sistema Kitag. En IGES, Programa de reducción de residuos mediante la promoción del compostaje de residuos orgánicos por el sistema Kitag (págs. 35-40p). Japón. Editorial Jica.
- IGME. (2004). Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. España. Editorial Madrid.
- INFOAGRO. (2017). El cultivo de alfalfa. (En línea). Consultado el: 27 - marzo-2017Recuperado de:
<http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.htm>
- INN. (2004). Índices de fitotoxicidad en residuos orgánico durante el proceso de compostaje. Obtenido de ndices de fitotoxicidad en residuos orgánico durante el proceso de compostaje.
- Jácome, V. (2011). Fertilización orgánica. Bogotá. Editorial VERDLTA.
- Lombeida,S. (2011). Evaluación de diferentes niveles de abono orgánico sólido potencializado con trichoderma en la producción de forrajera de medicago sativa (Alfalfa) en la estación experimental Tunshi. Riobamba. Ecuador. Editorial Océano Cetrum.

- Madejón, E. (2001). compostaje de vinaza de remolacha azucarera: Influencia de la naturaleza de la materia orgánica de los agentes de carga utilizados por el carbono . Perú.
- Massaro, A. (2004). Tecnología para la aplicación de fungicidas foliares en soja con equipos terrestres. Obtenido de Tecnología para la aplicación de fungicidas foliares en soja con equipos terrestres.
- Moreno, J. (2008). Compostaje en la ciudad de España.
- Murcia, A. (2006). Contaminación por pesticidas, plaguicidas y fungicidas en . Sevilla-Madrid.
- Nakasaki, K. . (2005). Sucesión microbiana asociada con la descomposición de la materia orgánica durante el compostaje termofílico de residuos orgánicos. Amazonas.
- Olga, Y.(1999). La contaminación ambiental por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de tomate. Obtenido de La contaminación ambiental por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de tomate. Argentina. Editorial Martínez Roca.
- Olivera, J. (2005). Humus y el abono orgánico en Costa Rica.
- Paschen, P. (2000). Industria Forestal en Lima . Perú. Editorial Series.
- Peñales, P. (2017). Desarrollo Sostenible en Lima. Perú. Editorial San Marcos-
- Ramírez, F. (2016). Evaluación técnica ambiental y económica de tres tipos de tratamiento para cultivo de lechuga en huertas caseras de Huácimo de Limón en Costa Rica. Editorial de Costa Rica.
- Reinoso.(2017). La agroindustria y el cumplimiento de la legislación ambiental en Perú.

- SENAMHI. (2018). Meteorología y Climatología de Malcas. Recuperado en <https://senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle&localidad=0274->
- Soto, G. (2003). Agricultura Orgánica. Obtenido de Agricultura Orgánica. Ecuador.
- Stofella, P. (2001). Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola-España.
- Suquilanda, M. (1996). Serie de Agricultura orgánica. En M. Suquilanda, Serie de Agricultura orgánica en España.
- Tellechea, P. (2007). Riesgos a la salud causados por plaguicidas. El científico frente a la sociedad en Perú.
- Zucconi, F. (1985). Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el proceso de compostaje en España. Editorial McGrawHill

7. ANEXOS

7.1. Presupuesto y financiamiento

RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	COSTO
			UNITARIO S/	TOTAL S/
BIENES				
Semilla de alfalfa	Unidad	25kg	35	875
Lata de cerveza	Unidad	2	5	10
Yogurth	Unidad	2	5	10
Cáscaras de café	Unidad	2kg	15	30
Salvado de avena	Unidad	1 bolsa	35	35
Queso	Unidad	1	5	5
Sal	Unidad	1	1	1
Levadura	Unidad	1	2	2
TOTAL GENERAL				S/ 968

7.2. Anexo 1: Análisis químico del Takakura



Visto bueno a la calidad

Divisionagricola@cerpert.com

Telf. :(51-1)319.9000

Fax.: (51-1)420.4128

Muestra: Takakura

Análisis solicitado: Composición química

Solicitante: Castañeda Luza Shirley, Palomino Chávez Esther.

Fecha: 15 de diciembre del 2017

RESULTADOS

PH : 7.6
C.e : 16.0
M.o : 25.47
N : 1.20
P : 0.66
K : 0.60
Cao :

% de humedad: 60.11


SHIRLEY CASTAÑEDA LUZA
EMPRESA AGRICOLA CERPER S.A.
S.A. 151671


ESTHER PALOMINO CHAVEZ
C.E.P.A. 11457

7.3. Anexo 2: Análisis químico de la materia seca de la alfalfa (Medicago Sativa).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE SUELOS Y MEDIO AMBIENTE
CIUDAD UNIVERSITARIA A.V. ATAHUALPA N°1050

INFORME DEL ANÁLISIS PROXIMAL: BROMATOLÓGICO (2018)

SOLICITANTE: SRTA(S). MAXIMILA ESTHER PALOMINO CHÁVEZ - TESISISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS-UPAGU - CAJAMARCA.

SHIRLEY KATHERINE CASTAÑEDA LUZA- TESISISTA DE LA FACULTAD INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS-UPAGU - CAJAMARCA.

PRODUCTOS: CINCO MUESTRAS DE ALFALFA FRESCA – DENOMINACIÓN RESPONSABILIDAD DE LAS TESISISTAS.

PROCEDENCIA: DISTRITO DE MALCAS-PROVINCIA DE CAJABAMBA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.

PRESENTACIÓN: BOLSAS PLÁSTICAS DE COLOR AMARILLO TIPO CHEQUERA, CONTENIENDO LOS PRODUCTOS PARA ANALIZAR.

CÓDIGO DE REGISTRO SANITARIO : SIN REGISTRO.

FECHA DE PRODUCCIÓN : SIN FECHA

FECHA DE VENCIMIENTO : SIN FECHA.

RESPONSABLES DEL MUESTREO: LAS SOLICITANTES, MUESTRAS PROPORCIONADAS POR LAS TESISISTAS.

TAMAÑO DE LOTE :

FECHA DE RECEPCIÓN EN LABORATORIO : 11/03/2018.

FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS : 11/03/2018.

FECHA DE FINALIZACIÓN DE ANÁLISIS : 13/03/2018.

EXAMEN SOLICITADO BROMATOLÓGICO- MÉTODO OFICIAL DE ANÁLISIS "ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMIST – AOAC 1997"

RESULTADOS:

PARÁMETROS EVALUADOS (%)	ALFALFA FRESCA (MEDICAGO SATIVA) T0	ALFALFA FRESCA (MEDICAGO SATIVA) T0	ALFALFA FRESCA (MEDICAGO SATIVA) T1	ALFALFA FRESCA (MEDICAGO SATIVA) T1	ALFALFA FRESCA (MEDICAGO SATIVA) T2	ALFALFA FRESCA (MEDICAGO SATIVA) T2
MATERIA SECA	20,00	19,7	40,04	39,67	38,54	38,57

Dr. Guillermo A. Chavez Santa Cruz
CIP 28030

7.4. Anexo 3: Panel fotográfico

FOTO 1: Terreno preparado para la siembra de la alfalfa California 101.



DESCRIPCIÓN: El terreno preparado, para proceder a la siembra de la alfalfa California 101, en las parcelas seleccionadas

FOTO 2: Tipo de alfalfa que se sembró en el terreno.



DESCRIPCIÓN: La alfalfa que se siembran en Malcas es de tipo California 101, es una alfalfa de buena calidad, y su crecimiento es rápido, genera una buena producción.

FOTO 3: Siembra de la alfalfa California 101.



DESCRIPCIÓN: Siembra de la alfalfa California 101, en las parcelas seleccionadas.

FOTO 4: Aplicando Takakura desde la siembra de la alfalfa.



DESCRIPCIÓN: La aplicación de Takakura se realizó desde diciembre que se sembró la alfalfa, hasta marzo, en las fotos se observa el primer mes de crecimiento de la alfalfa.

FOTO 5: División de parcelas



Descripción: Colocando los letreros para las parcelas a las que se le ha ido colocando el abono Takakura, desde que se realizó la siembra, se dividió colocando estacas.

FOTO 6: Bidones en los que se realizó la mezcla para elaboración de Takakura.



DESCRIPCIÓN: En un bidón con agua se le mezcla 50g de azúcar, 5 cucharas de yogurt, queso 100 g, media lata de cerveza y levadura una cucharada. Luego en otro bidón se mezcla agua con sal y materia orgánica y hortalizas se deja madurar por 5 días.

FOTO 7: Residuos Orgánicos



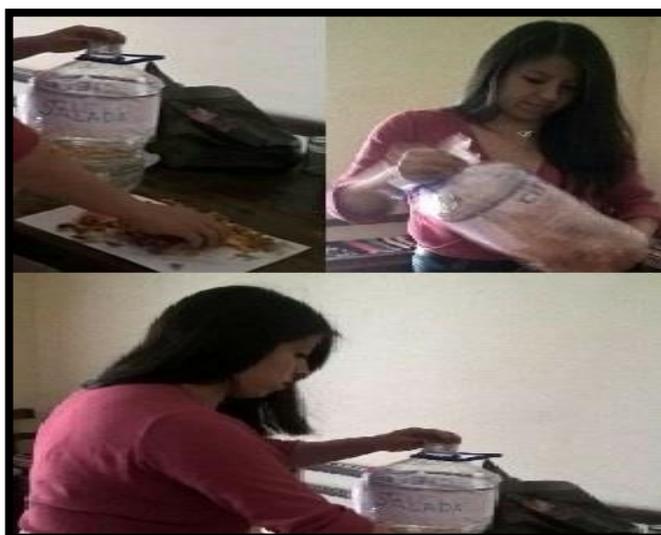
DESCRIPCIÓN: Alimentos para la fermentación para el proceso de la elaboración de Takakura.

FOTO 8: Preparación de Takakura.



DESCRIPCIÓN: Aquí tenemos los materiales que se emplearon para la realización del compost Takakura que luego se colocará en la alfalfa California 102, en el terreno de Malcas ubicado en la Provincia de Cajabamba.

FOTO 9: Elaboración de la mezcla salada de Takakura



DESCRIPCIÓN: En un bidón se mezcla agua con sal y materia orgánica y hortalizas se deja madurar por 5 días.

FOTO 10: Elaboración de la mezcla dulce de Takakura



DESCRIPCIÓN: Se elabora el Takakura, en un bidón con agua se le mezcla 50g de azúcar, 5 cucharas de yogurt, queso 100 g, media lata de cerveza y levadura una cucharada.

FOTO 11: Elaboración de la cama para los microorganismos



DESCRIPCIÓN: Se coloca en la caja de cartón una tela en el interior del recipiente. Los materiales deben tener una buena aireación, para que los microorganismos respiren.

FOTO 12: Se prepara el lecho



DESCRIPCIÓN: Se prepara el lecho para fermentar y se utilizará 40 % de cáscaras de arroz, 30% de humus y 30 % de avena esto se mezcla con los procedimientos anteriores y se dejará fermentar por 7 días.

FOTO 13: Descomposición de los residuos



DESCRIPCIÓN: Se genera la descomposición de los residuos, utilizando materia orgánica cáscaras de frutas verduras las cuales se picarán en pequeños pedazos se pondrá, en la cama los cuales servirán de alimentación para los microorganismos.

FOTO 14: Cosecha de Takakura.



DESCRIPCIÓN: Último paso se cosechó y se utilizó el abono, después de transcurrir los 24 días, tomó un color medio marrón claro y olor de descomposición de la materia orgánica pero suave.

FOTO 15: Takakura que se aplicó a las parcelas de alfalfa.



DESCRIPCIÓN: Se tomó una muestra de 15g de la caja de plástico (tratamiento), que fue enviada al Laboratorio para el respectivo análisis y determinar las concentraciones de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y K (Potasio) del takakura.

FOTO 16: Promedio de la altura de la alfalfa en cm, de las 6 parcelas.



DESCRIPCIÓN: Se procedió a medir la altura de alfalfa en cm, de las 6 parcelas seleccionadas T0,T1,T2,Y t0, t1,t2, antes y después de aplicar el Takakura, desde que se sembró al alfalfa en dónde una fue el T0, que no se aplicó Takakura, y en las otras parcelas si se aplicó el Takakura.

FOTO 17: Se cortó la hierba que se sembró en el terreno.



DESCRIPCIÓN: En la siembra que realizamos de alfalfa, luego de aplicar el Takakura y de obtener el tamaño adecuado, se procedió a cortar la alfalfa con la hoz, ya luego vuelve a crecer nuevamente, en el terreno dónde se realizó la siembra.

FOTO 18: Toma de las 5 muestras en base fresca, que posteriormente se llevó al laboratorio de suelos y Medio Ambiente de la UNC.



DESCRIPCIÓN: Se recogió las 5 muestras del terreno, para luego traerlas al laboratorio de suelos y medio ambiente de la facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Cajamarca y que puedan ser pesadas.

FOTO 19: Peso de muestras en Materia seca.



DESCRIPCIÓN: Las 5 muestras de alfalfa fueron colocadas a la estufa, para luego ver la producción que tiene con el abono Takakura de acuerdo al número de dosis de aplicaciones, y fueron pesadas para poder obtener los resultados.

7.5. Anexo 4:

Tabla 8: Cuadro de medidas tomadas del rendimiento de la alfalfa.

TRATAMIENTO	FECHA	RENDIMIENTO	
T0	08-ene	0.5	T1
T0	08-ene	0.4	T1
T0	08-ene	0.8	T1
T0	08-ene	0.7	T2
T0	08-ene	0.7	T3
T0	08-ene	0.6	T2
T0	08-ene	0.6	T3
T0	08-ene	0.5	T4
T0	08-ene	0.5	T1
T0	08-ene	0.7	T2
T0	23-ene	0.8	T3
T0	23-ene	0.7	T4
T0	23-ene	1.1	T1
T0	23-ene	1.0	T2
T0	23-ene	1.0	T3
T0	23-ene	0.8	T4
T0	23-ene	0.8	T1
T0	23-ene	0.7	T2
T0	23-ene	0.7	T3
T0	23-ene	0.9	T4
T0	07-feb	1.1	T1
T0	07-feb	1.2	T2
T0	07-feb	1.7	T3
T0	07-feb	0.8	T4
T0	07-feb	0.7	T1
T0	07-feb	1.7	T2
T0	07-feb	0.5	T3
T0	07-feb	1.0	T4
T0	07-feb	0.9	T1
T0	07-feb	1.0	T2
T0	22-feb	1.1	T3
T0	22-feb	1.0	T4
T0	22-feb	1.4	T1
T0	22-feb	0.7	T2
T0	22-feb	0.7	T3
T0	22-feb	1.2	T4
T0	22-feb	1.3	T1
T0	22-feb	1.0	T2
T0	22-feb	0.8	T3
T0	22-feb	1.8	T4
T0	09-mar	1.3	T1
T0	09-mar	1.2	T2
T0	09-mar	1.6	T3
T0	09-mar	0.9	T4
T0	09-mar	0.9	T1
T0	09-mar	1.5	T2
T0	09-mar	1.6	T3
T0	09-mar	1.3	T4
T0	09-mar	1.1	T1
T0	09-mar	2.1	T2
T0	24-mar	1.4	T3
T0	24-mar	1.3	T4
T0	24-mar	1.7	T1
T0	24-mar	1.0	T2
T0	24-mar	1.0	T3
T0	24-mar	1.4	T4
T0	24-mar	1.5	T1
T0	24-mar	1.2	T2
T0	24-mar	1.0	T3
T0	24-mar	2.0	T4
T1	08-ene	1.1	
T1	08-ene	1.2	
T1	08-ene	1.5	

T1	08-ene	1.4	
T1	08-ene	1.1	
T1	08-ene	1.3	
T1	08-ene	1.3	
T1	08-ene	1.4	
T1	08-ene	1.5	
T1	08-ene	1.5	
T1	23-ene	1.9	
T1	23-ene	1.7	
T1	23-ene	2.0	
T1	23-ene	1.9	
T1	23-ene	1.6	
T1	23-ene	1.8	
T1	23-ene	1.9	
T1	23-ene	2.0	
T1	23-ene	2.1	
T1	23-ene	1.6	
T1	07-feb	2.3	
T1	07-feb	2.2	
T1	07-feb	2.5	
T1	07-feb	2.5	
T1	07-feb	2.4	
T1	07-feb	2.5	
T1	07-feb	2.3	
T1	07-feb	2.4	
T1	07-feb	2.3	
T1	07-feb	2.3	
T1	22-feb	2.5	
T1	22-feb	2.6	
T1	22-feb	2.5	
T1	22-feb	2.7	
T1	22-feb	2.5	
T1	22-feb	2.9	
T1	22-feb	2.7	
T1	22-feb	2.5	

T1	22-feb	2.5	
T1	22-feb	2.5	
T1	09-mar	2.9	
T1	09-mar	3.0	
T1	09-mar	2.9	
T1	09-mar	2.7	
T1	09-mar	2.7	
T1	09-mar	2.9	
T1	09-mar	3.0	
T1	09-mar	3.0	
T1	09-mar	2.8	
T1	09-mar	2.8	
T1	24-mar	2.8	
T1	24-mar	2.9	
T1	24-mar	2.8	
T1	24-mar	3.0	
T1	24-mar	2.8	
T1	24-mar	3.0	
T1	24-mar	3.1	
T1	24-mar	2.9	
T1	24-mar	3.0	
T1	24-mar	2.9	
T2	08-ene	1.3	
T2	08-ene	1.4	
T2	08-ene	1.7	
T2	08-ene	1.6	
T2	08-ene	1.3	
T2	08-ene	1.5	
T2	08-ene	1.5	
T2	08-ene	1.6	
T2	08-ene	1.7	
T2	08-ene	1.7	
T2	23-ene	2.1	
T2	23-ene	1.9	
T2	23-ene	2.2	

T2	23-ene	2.1	
T2	23-ene	1.8	
T2	23-ene	2.0	
T2	23-ene	2.1	
T2	23-ene	2.2	
T2	23-ene	2.3	
T2	23-ene	1.8	
T2	07-feb	2.5	
T2	07-feb	2.4	
T2	07-feb	2.7	
T2	07-feb	2.7	
T2	07-feb	2.6	
T2	07-feb	2.7	
T2	07-feb	2.5	
T2	07-feb	2.6	
T2	07-feb	2.5	
T2	07-feb	2.5	
T2	22-feb	2.3	
T2	22-feb	2.4	
T2	22-feb	2.3	
T2	22-feb	2.5	
T2	22-feb	2.3	
T2	22-feb	2.7	
T2	22-feb	2.5	

T2	22-feb	2.3	
T2	22-feb	2.3	
T2	22-feb	2.3	
T2	09-mar	2.7	
T2	09-mar	2.8	
T2	09-mar	2.7	
T2	09-mar	2.5	
T2	09-mar	2.5	
T2	09-mar	2.7	
T2	09-mar	2.8	
T2	09-mar	2.8	
T2	09-mar	2.6	
T2	09-mar	2.6	
T2	24-mar	2.6	
T2	24-mar	2.7	
T2	24-mar	2.6	
T2	24-mar	2.8	
T2	24-mar	2.6	
T2	24-mar	2.8	
T2	24-mar	2.9	
T2	24-mar	2.7	
T2	24-mar	2.8	
T2	24-mar	2.7	

Tabla 9: Cuadro de medidas tomadas de la altura de la alfalfa.

TRATAMIENTO	FECHA	ALTURA
TO	08-ene	3.0
TO	08-ene	2.7
TO	08-ene	3.3
TO	08-ene	3.8
TO	08-ene	1.9
TO	08-ene	1.8
TO	08-ene	2.5
TO	08-ene	2.6
TO	08-ene	3.0
TO	08-ene	3.5
TO	08-ene	3.2
TO	08-ene	2.9
TO	08-ene	3.5
TO	08-ene	4.0
TO	08-ene	2.1
TO	08-ene	1.6
TO	08-ene	2.3
TO	08-ene	2.4
TO	08-ene	2.8
TO	08-ene	3.3
TO	23-ene	14.5
TO	23-ene	15.8
TO	23-ene	12.4
TO	23-ene	15.9
TO	23-ene	14.6
TO	23-ene	14.5
TO	23-ene	14.6
TO	23-ene	15.6
TO	23-ene	15.8
TO	23-ene	13.1
TO	23-ene	14.8
TO	23-ene	16.1
TO	23-ene	16.5
TO	23-ene	16.2
TO	23-ene	14.9
TO	23-ene	16.5
TO	23-ene	15.4
TO	23-ene	16.4
TO	23-ene	16.6
TO	23-ene	13.9
TO	07-feb	20.4
TO	07-feb	21.8
TO	07-feb	23.5
TO	07-feb	22.5
TO	07-feb	21.5
TO	07-feb	23.7
TO	07-feb	23.5
TO	07-feb	23.7
TO	07-feb	19.8
TO	07-feb	22.8
TO	07-feb	23.9
TO	07-feb	22.0
TO	07-feb	23.7
TO	07-feb	22.7
TO	07-feb	21.7
TO	07-feb	23.4
TO	07-feb	23.2
TO	07-feb	23.5
TO	07-feb	23.6
TO	07-feb	22.5
TO	22-feb	32.0
TO	22-feb	34.5
TO	22-feb	30.7
TO	22-feb	34.8
TO	22-feb	30.1
TO	22-feb	33.2
TO	22-feb	34.9
TO	22-feb	33.2
TO	22-feb	32.4
TO	22-feb	30.2
TO	22-feb	32.3
TO	22-feb	34.8
TO	22-feb	31.0

T0	22-feb	36.5
T0	22-feb	30.5
T0	22-feb	33.6
T0	22-feb	35.3
T0	22-feb	33.2
T0	22-feb	32.4
T0	22-feb	30.2
T0	09-mar	44.5
T0	09-mar	40.2
T0	09-mar	45.8
T0	09-mar	41.9
T0	09-mar	44.9
T0	09-mar	42.0
T0	09-mar	42.8
T0	09-mar	43.0
T0	09-mar	42.6
T0	09-mar	43.8
T0	09-mar	45.4
T0	09-mar	45.6
T0	09-mar	44.9
T0	09-mar	42.8
T0	09-mar	44.8
T0	09-mar	42.9
T0	09-mar	43.7
T0	09-mar	42.7
T0	09-mar	42.3
T0	09-mar	43.5
T0	24-mar	58.1
T0	24-mar	56.0
T0	24-mar	54.0
T0	24-mar	58.9
T0	24-mar	58.6
T0	24-mar	57.1
T0	24-mar	58.9
T0	24-mar	54.6
T0	24-mar	58.2
T0	24-mar	58.9
T0	24-mar	58.6

T0	24-mar	56.5
T0	24-mar	59.1
T0	24-mar	59.4
T0	24-mar	59.1
T0	24-mar	56.6
T0	24-mar	57.9
T0	24-mar	54.1
T0	24-mar	58.5
T0	24-mar	58.4
T1	08-ene	10.8
T1	08-ene	12.5
T1	08-ene	9.8
T1	08-ene	11.7
T1	08-ene	11.9
T1	08-ene	9.2
T1	08-ene	9.4
T1	08-ene	11.0
T1	08-ene	11.4
T1	08-ene	12.1
T1	08-ene	11.1
T1	08-ene	12.8
T1	08-ene	10.1
T1	08-ene	12.0
T1	08-ene	12.2
T1	08-ene	8.8
T1	08-ene	9.0
T1	08-ene	10.6
T1	08-ene	11.0
T1	08-ene	11.7
T1	23-ene	19.9
T1	23-ene	21.0
T1	23-ene	20.8
T1	23-ene	18.4
T1	23-ene	17.5
T1	23-ene	19.1
T1	23-ene	20.2
T1	23-ene	18.7
T1	23-ene	19.4

T1	23-ene	20.0
T1	23-ene	20.2
T1	23-ene	21.3
T1	23-ene	21.1
T1	23-ene	18.7
T1	23-ene	17.8
T1	23-ene	18.7
T1	23-ene	19.8
T1	23-ene	18.3
T1	23-ene	19.0
T1	23-ene	19.6
T1	07-feb	26.2
T1	07-feb	24.9
T1	07-feb	25.5
T1	07-feb	23.7
T1	07-feb	26.8
T1	07-feb	25.9
T1	07-feb	26.0
T1	07-feb	25.7
T1	07-feb	24.7
T1	07-feb	27.0
T1	07-feb	26.5
T1	07-feb	25.2
T1	07-feb	25.8
T1	07-feb	24.0
T1	07-feb	24.5
T1	07-feb	25.5
T1	07-feb	25.6
T1	07-feb	25.3
T1	07-feb	24.3
T1	07-feb	26.6
T1	22-feb	48.5
T1	22-feb	46.8
T1	22-feb	46.2
T1	22-feb	47.0
T1	22-feb	47.9
T1	22-feb	48.9
T1	22-feb	49.0

T1	22-feb	48.1
T1	22-feb	47.8
T1	22-feb	48.0
T1	22-feb	48.8
T1	22-feb	47.1
T1	22-feb	46.5
T1	22-feb	47.3
T1	22-feb	46.0
T1	22-feb	48.5
T1	22-feb	48.6
T1	22-feb	47.7
T1	22-feb	47.4
T1	22-feb	47.6
T1	09-mar	62.6
T1	09-mar	64.7
T1	09-mar	64.1
T1	09-mar	58.5
T1	09-mar	59.0
T1	09-mar	61.4
T1	09-mar	61.7
T1	09-mar	62.7
T1	09-mar	61.0
T1	09-mar	61.5
T1	09-mar	62.9
T1	09-mar	65.0
T1	09-mar	64.4
T1	09-mar	58.8
T1	09-mar	56.0
T1	09-mar	61.0
T1	09-mar	61.3
T1	09-mar	62.3
T1	09-mar	60.6
T1	09-mar	61.1
T1	24-mar	98.0
T1	24-mar	100.1
T1	24-mar	97.4
T1	24-mar	96.5
T1	24-mar	101.7

T1	24-mar	101.0
T1	24-mar	98.7
T1	24-mar	96.8
T1	24-mar	97.2
T1	24-mar	96.9
T1	24-mar	98.3
T1	24-mar	100.4
T1	24-mar	97.7
T1	24-mar	96.8
T1	24-mar	96.4
T1	24-mar	96.1
T1	24-mar	98.3
T1	24-mar	96.4
T1	24-mar	96.8
T1	24-mar	96.5
T2	08-ene	8.0
T2	08-ene	10.8
T2	08-ene	9.7
T2	08-ene	9.0
T2	08-ene	8.7
T2	08-ene	7.0
T2	08-ene	9.8
T2	08-ene	7.9
T2	08-ene	7.6
T2	08-ene	9.0
T2	08-ene	8.3
T2	08-ene	11.1
T2	08-ene	10.0
T2	08-ene	9.3
T2	08-ene	9.0
T2	08-ene	7.3
T2	08-ene	10.1
T2	08-ene	8.2
T2	08-ene	7.9
T2	08-ene	9.3
T2	23-ene	16.0
T2	23-ene	15.8
T2	23-ene	15.9

T2	23-ene	17.0
T2	23-ene	17.5
T2	23-ene	14.8
T2	23-ene	18.0
T2	23-ene	16.7
T2	23-ene	16.2
T2	23-ene	16.0
T2	23-ene	19.4
T2	23-ene	19.8
T2	23-ene	16.2
T2	23-ene	17.3
T2	23-ene	17.8
T2	23-ene	15.1
T2	23-ene	18.3
T2	23-ene	17.0
T2	23-ene	16.5
T2	23-ene	16.3
T2	07-feb	23.3
T2	07-feb	23.0
T2	07-feb	23.7
T2	07-feb	22.4
T2	07-feb	21.8
T2	07-feb	24.0
T2	07-feb	23.7
T2	07-feb	24.7
T2	07-feb	21.0
T2	07-feb	24.0
T2	07-feb	23.6
T2	07-feb	23.3
T2	07-feb	24.0
T2	07-feb	22.7
T2	07-feb	22.1
T2	07-feb	25.8
T2	07-feb	24.0
T2	07-feb	25.0
T2	07-feb	21.3
T2	07-feb	24.3
T2	22-feb	33.20

T2	22-feb	33.0
T2	22-feb	31.0
T2	22-feb	31.7
T2	22-feb	32.5
T2	22-feb	32.0
T2	22-feb	31.9
T2	22-feb	33.7
T2	22-feb	32.0
T2	22-feb	32.0
T2	22-feb	33.5
T2	22-feb	33.3
T2	22-feb	31.3
T2	22-feb	32.0
T2	22-feb	32.8
T2	22-feb	32.3
T2	22-feb	32.2
T2	22-feb	34.0
T2	22-feb	32.3
T2	22-feb	32.3
T2	09-mar	55.7
T2	09-mar	57.0
T2	09-mar	56.8
T2	09-mar	55.9
T2	09-mar	56.3
T2	09-mar	56.9
T2	09-mar	55.0
T2	09-mar	54.7
T2	09-mar	56.0
T2	09-mar	55.7
T2	09-mar	56.0
T2	09-mar	57.3
T2	09-mar	57.1
T2	09-mar	56.2

T2	09-mar	56.6
T2	09-mar	57.2
T2	09-mar	58.1
T2	09-mar	55.0
T2	09-mar	56.3
T2	09-mar	56.0
T2	24-mar	89.3
T2	24-mar	89.0
T2	24-mar	88.5
T2	24-mar	87.9
T2	24-mar	93.7
T2	24-mar	92.5
T2	24-mar	91.0
T2	24-mar	91.4
T2	24-mar	93.7
T2	24-mar	93.6
T2	24-mar	89.6
T2	24-mar	89.3
T2	24-mar	88.8
T2	24-mar	88.2
T2	24-mar	94.0
T2	24-mar	92.8
T2	24-mar	91.3
T2	24-mar	91.7
T2	24-mar	94.0
T2	24-mar	93.7

7.6. Anexo 5: Cuadro de análisis de la varianza: Altura de la pastura

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	501.25	3	167.08	7322.81	0.0001
<u>Tto</u>	501.18	2	250.59	10982.72	0.0001
<u>Repeticion</u>	0.07	1	0.07	2.99	0.2258
Error	0.05	2	0.02		
Total	501.29	5			

7.7. Anexo 6: Cuadro de análisis de la varianza: Rendimiento en base

fresca (BF)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.00	3	0.67	1026.35	0.0010
<u>Tto</u>	2.00	2	1.00	1539.41	0.0006
<u>Repeticion</u>	1.5E-04	1	1.5E-04	0.23	0.6784
Error	1.3E-03	2	6.5E-04		
Total	2.00	5			

7.8. Anexo 7: Cuadro de análisis de la varianza: Rendimiento en base seca

(BS)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18588.53	6	3098.09	13.64	<0.0001
<u>Tto</u>	1322.83	2	661.41	2.91	0.0704
Mes	4972.22	2	2486.11	10.94	0.0003
<u>Repeticion</u>	9644.67	1	9644.67	42.45	<0.0001
Tiempo	2648.82	1	2648.82	11.66	0.0019
Error	6588.58	29	227.19		
Total	25177.11	35			

7.9. Anexo 8: Diagramas de procesos

