

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“EFECTO DEL USO DE MELAZA Y MICROORGANISMOS
EFICIENTES SOBRE LA TASA DE DESCOMPOSICIÓN DE LA PAJA
DE TRIGO (*Triticum ssp*) EN EL BARRIO DE NICRUPAMPA, DISTRITO
DE INDEPENDENCIA, HUARAZ, 2015”**

**PRESENTADO POR:
BACH. WILDER HONORATO TORRES NOLBERTO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

HUARAZ - PERÚ

2016



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los Miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis, presentado por el Bachiller en Ciencias Agronomía **WILDER HONORATO TORRES NOLBERTO**, denominada: "EFECTO DEL USO DE MELAZA Y MICROORGANISMOS EFICIENTES SOBRE LA TASA DE DESCOMPOSICIÓN DE LA PAJA DE TRIGO (*Triticum ssp*) EN EL BARRIO DE NICRUPAMPA, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, HUARAZ, 2015". Escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

CON EL CALIFICATIVO (*) APROBADA

MUY BUENO

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el título de **INGENIERO AGRONOMO** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 25 de Mayo del 2016.


Ing. M. Sc. Guillermo CASTILLO ROMERO
PRESIDENTE


Dr. José Del Carmen RAMIREZ MALDONADO
SECRETARIO


Dr. Walter Juan VASQUEZ CRUZ
VOCAL


Dr. Francisco ESPINOZA MONTESINOS
PATROCINADOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis ésta debe ser calificada con términos de: SOBRESALIENTE, MUY BUENO, BUENO Y REGULAR.



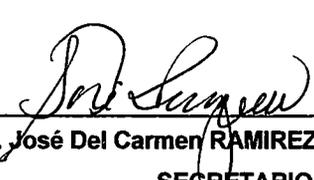
ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

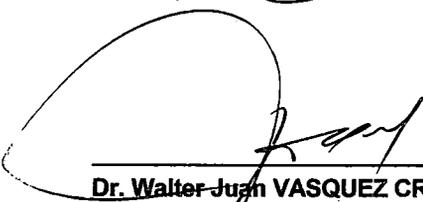
Los Miembros de Jurado de Tesis que suscriben, nombrados por Resolución N° 292-2015-UNASAM-FCA/D, se reunieron para revisar el informe de Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias Agronomía **WILDER HONORATO TORRES NOLBERTO**, denominada: "EFECTO DEL USO DE MELAZA Y MICROORGANISMOS EFICIENTES SOBRE LA TASA DE DESCOMPOSICIÓN DE LA PAJA DE TRIGO (*Triticum ssp*) EN EL BARRIO DE NICRUPAMPA, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, HUARAZ, 2015", y sustentada el día 25 de Mayo del 2016, por Resolución Decanatural N° 209-2016-UNASAM—FCA/D, lo declaramos **CONFORME**.

En consecuencia queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, 25 de Mayo del 2016.


Ing. M. Sc. Guillermo CASTILLO ROMERO
PRESIDENTE


Dr. José Del Carmen RAMIREZ MALDONADO
SECRETARIO


Dr. Walter Juan VASQUEZ CRUZ
VOCAL


Dr. Francisco ESPINOZA MONTESINOS
PATROCINADOR

DEDICATORIA

Al mejor hombre que he conocido y le debo todo lo que soy, que en vida fue mi padre Honorato Torres Álvarez; Q.E.P.D.

A las mujeres más admirables y hermosas que he conocido, mi madre la Señora Susana Nolberto Acero y mi tía Teresa Nolberto Acero, que siempre estuvieron pendientes de mí, durante mis estudios y fueron mi motivo de inspiración para seguir estudiando.

A mis hermanos el Ing. Arturo Américo Torres Nolberto, Prof. Ángel Jesús Torres Jaque, Prof. Hernán Torres Jaque, Hermes Torres Jaque, Prof. Vicente Francisco Torres Nolberto, Lenin Torres y Elmer Torres. Que siempre me apoyaron con su ayuda desinteresada y fueron pilar fundamental en mi formación profesional y personal.

A mi profesor asesor de proyecto Dr. Francisco Espinoza Montesinos, quien fue mi guía para la realización de este proyecto tan anhelado y el aporte de su experiencia en mi formación profesional.

Dios, gracias por permitirme llegar hasta este momento tan especial de mi vida y de haber logrado mis objetivos profesionales que hoy en día soy, para servir a la sociedad y en especial a mí pueblo, el Centro Poblado de Chuyas-Pomabamba.

Gracias a todos infinitamente,

Wilder Honorato Torres Nolberto

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios, mis padres y a mi familia en general que han sido incomparable ejemplo para mí, en el transcurso de mi vida y por darme la oportunidad de compartir tantas cosas.

A la universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, por permitirme desarrollar académicamente, a la Facultad de Ciencias Agrarias, a los docentes por influir en mi desarrollo profesional.

Agradezco a mis amigos, lo que se vive en la universidad queda en el corazón para siempre, nunca olvidaré lo que he aprendido en estos cinco años de amistades.

De igual forma, agradezco a las personas que han contribuido en esta investigación: a mi sobrina Yaqui Torres Nolberto, al difunto Gaitán Yoel Torres Nolberto, señorita Sonia Agurto Cerna, por su apoyo y asistencia constante para la culminación de este proyecto de investigación tan anhelado.

LISTA DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	ii
ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
RESUMEN.....	xiii

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1. Operacionalización de Variables.....	5
CUADRO N° 2. Cantidad de nutrientes presentes en 1 TM de rastrojo de trigo.....	10
CUADRO N° 3. Ventajas y desventajas de la quema de residuos.....	15
CUADRO N° 4. Constituyentes orgánicos de la paja de trigo.....	19
CUADRO N° 5. Constituyentes químicos inorgánicos encontrados en paja de trigo, avena y cebada.....	20
CUADRO N° 6. Relación C/N de sustratos típicos.....	23
CUADRO N° 7. Principales Géneros de hongos capaces de utilizar celulosa.....	30
CUADRO N° 8. Composición de la melaza de caña de azúcar.....	35
CUADRO N° 9. Aprovechamiento de la Melaza de Caña.....	37
CUADRO N° 10. Tratamientos empleados en el estudio del efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la paja de <i>Triticum ssp</i>	40
CUADRO N° 11. Randomización de los tratamientos.....	41
CUADRO N° 12. Análisis de Varianza de Tasa de descomposición.....	46
CUADRO N° 13. Prueba Estadística de Comparación Múltiple de Duncan.....	46
CUADRO N° 14. Análisis de Varianza de Porcentaje de descomposición.....	48
CUADRO N° 15. Prueba Estadística de Comparación Múltiple de Duncan.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Grafica N° 1. Croquis del Experimento.....	42
Grafica N° 2. Curva de descomposición de paja de <i>Triticum ssp</i> , (gr Materia seca), durante un periodo de 8 semanas (20 Agosto del 2015 – Octubre 21 del 2015), usando cuatro tratamientos: T0 (Testigo), T1 (Melaza), T2 (EM) y T3 (Melaza + EM).....	45
Grafica N° 3. Tasa de descomposición de paja de trigo (g/2meses), durante la investigación de 8 semanas. Tratamientos usados: T0 (Testigo), T1 (Melaza), T2 (EM) y T3 (Melaza + EM). Prueba de Duncan (0.05).....	47
Gráfica N° 4. Porcentaje de descomposición de los restos de la paja de trigo al final de las ocho semanas del experimento. Tratamientos usados: T0 (Testigo), T1 (Melaza), T2 (EM) y T3 (Melaza + EM). Prueba de Duncan (0.05).....	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Datos reales de la descomposición de la paja de trigo durante 8 semanas (Agosto 20 del 2015 – Octubre 21 del 2015), usando cuatro tratamientos: T0 (Testigo), T1 (Melaza), T2 (EM) y T3 (EM + Melaza).....	58
Anexo N° 2. Tasa de descomposición de paja de trigo (g/2meses), durante la investigación de 8 semanas. Tratamientos usados: T0 (Testigo), T1 (Melaza), T2 (EM) y T3 (Melaza + EM).....	59
Anexo N° 3. Porcentaje de descomposición de los restos de la paja de trigo al final de las ocho semanas del experimento. Tratamientos usados: T0 (Testigo), T1 (Melaza), T2 (EM) y T3 (Melaza + EM).....	60
Anexo N° 4. Bolsa de velo contenedora.....	62
Anexo N° 5. Material de paja de trigo.....	62
Anexo N° 6. Materiales e insumos para la mezcla	63
Anexo N° 7. Preparación de los tratamientos.....	63
Anexo N° 8. Instalación de las unidades experimentales.....	63
Anexo N° 9. Adición de la muestra y los tratamientos a las unidades experimentales..	64
Anexo N° 10. Secado y pesado de las muestras.....	64

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema	2
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Variables.....	4
1.5.1. Variable Independiente (X).....	4
1.5.2. Variable Dependiente (Y).....	4
1.6. Operacionalización de Variables	5
1.7. Hipótesis	5
1.7.1. Hipótesis Nula.....	5
1.7.2. Hipótesis Alternativa.....	5
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Antecedentes Bibliográficos.....	6
2.2. Marco Teórico	7
2.2.1. Importancia del Trigo.....	7
2.2.2. La Materia Orgánica	9

2.2.3. Descomposición de Residuos Vegetales.....	20
2.2.4. Factores Abióticos que Afectan la Tasa de Descomposición	25
2.2.5. Efecto de la Adición de Fuentes Nutritivas.....	27
2.2.6. Importancia de la Materia Orgánica.....	27
2.2.7. Microorganismos Asociados a la Descomposición de Residuos	28
2.2.8. La Melaza de Caña de Azúcar	35
2.2.9. Definición de Términos.....	38
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1. Ámbito de Investigación.....	39
3.2. Duración de Investigación	39
3.3. Materiales	39
3.4. Metodología.....	40
3.4.1. Tipo de Investigación.....	40
3.4.2. Diseño de la Investigación	40
3.4.3. Universo o Población	40
3.4.4. Muestra.....	40
3.4.5. Tratamientos.....	40
3.4.6. Características del Experimento.....	41
3.4.7. Randomización de Tratamientos al Azar	41
3.4.8. Croquis del Experimento.....	42
3.4.9. Método	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	45

4.1. Resultados.....	45
4.1.1. Curva de descomposición de Paja de Trigo durante un Periodo de 8 Semanas.....	45
4.1.2. Tasa de descomposición de Paja de Trigo después de 8 semanas	46
4.1.3. Porcentaje de descomposición de los restos de Paja de Trigo al final de 8 semanas.	48
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
5.1. Conclusiones.....	50
5.2. Recomendaciones	51
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS.....	58

RESUMEN

Ante la escasez de la materia orgánica de origen animal, el empleo de los restos de la cosecha marca un rubro interesante en relación con la dotación de materia orgánica al suelo. En el caso del trigo, este cultivo supone la liberación de restos como la paja. Es por ello con la finalidad de observar la velocidad de descomposición de los restos orgánicos del cultivo de trigo. El presente trabajo experimental fue conducido en el Barrio de Nicrupampa, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, desde 20 de Agosto del 2015 hasta 21 de Octubre del mismo año, teniendo como material de trabajo los restos (paja) del cultivo de trigo.

La muestra fue establecida en base del tamaño obtenido en el proceso de la trilla producido en la era. Se trabajó bajo el método de bolsas de descomposición (Soto et al 2002, Molina et al 2002, Puertas 2008), en este método se tiene un peso inicial del material, para luego por diferencia de peso en las diferentes fechas de evaluación determinar la pérdida de peso.

Las fechas de evaluación fueron semanalmente durante 8 semanas. Los tratamientos se evaluaron estadísticamente según el diseño completamente al azar (DCA) contando con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, la comparación de los promedios obtenidos se dio mediante la prueba de Duncan con valores de probabilidad de 5%. En total se ubicaron 16 bolsas de descomposición.

En el presente trabajo de investigación se evaluó la tasa de descomposición de la paja de trigo mezclada con un abono orgánico tipo compost, usando un acelerador finito (melaza) y un acelerador infinito (Microorganismos Eficientes).

Los resultados demostraron que la melaza es un acelerador de la descomposición de los restos de paja de trigo, pues muestra una marcada influencia en la tasa de descomposición inicial de dichos restos, pero una vez consumidos los carbohidratos que la constituyen, la tasa de descomposición se disminuye ostensiblemente. Se evidencia entonces el potencial de los restos de paja de trigo como elementos para el mantenimiento y/o mejoramiento del capital biofísico en el sistema productivo del cultivo de trigo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que enfrentan los agricultores en la actualidad es el alto costo de los insumos externos como fertilizantes sintéticos y agroquímicos, que además causan serios problemas de contaminación ambiental y degradación de los suelos. Una alternativa sostenible para los agricultores y empresas es la producción de compost a partir de los restos vegetales.

La investigación tuvo como objetivo, determinar la tasa de descomposición de la paja de trigo mezclada con un abono orgánico tipo compost, usando un acelerador finito (melaza) y un acelerador infinito (Microorganismos eficientes). El cultivo de trigo en el departamento de Ancash tiene una área sembrada de 18007 has.

La productividad foliar del cultivo puede llegar a 10 TM/Ha, valor importante en términos de aportes de materia orgánica al suelo después de la cosecha.

Esta alta productividad de biomasa se debe en parte a las características fisiológicas de las plantas, que pueden ser usadas para mejorar la conservación de los suelos de esta zona del departamento, ya que en esta región en particular, la pérdida de materia orgánica es alta.

Sin embargo, hacen falta trabajos de investigación encaminados a estimar los coeficientes de descomposición, humidificación y mineralización de los restos de cosecha de trigo en el campo, para poder tener un estimativo de la cantidad de materia orgánica efectiva que se puede obtener con estas prácticas de cultivo.

Lo anterior serviría no solo para avizorar formas de manejo de los restos, sino para generar procesos de mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Una de las contribuciones más importante de la materia orgánica a la fertilidad del suelo es su capacidad de suplir nutrimentos, especialmente nitrógeno, fósforo y azufre.

Los nutrientes son secuestrados y liberados de la materia orgánica por dos procesos distintos: biológicos (N, P, S) y químicos (Ca, Mg, K). Para una mejor comprensión de estos procesos es necesario mencionar conceptos como aceleradores finitos, que son sustancias que se añaden al suelo o a los residuos orgánicos para aumentar la velocidad de la mineralización de la materia orgánica del suelo o la de la descomposición de los restos. Para el suelo, estas sustancias pueden ser la roca fosfórica, las cales o los residuos ricos en nitrógeno y azúcares. Para el compostaje, pueden ser fuentes de nitrógeno como la urea, las leguminosas y fuentes de azúcares como la miel de purga.

Se denominan aceleradores infinitos, a los inóculos microbiales especiales que se añaden al suelo o a los residuos orgánicos para acelerar la velocidad de mineralización de la materia orgánica o la de la descomposición de los restos.

1.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad la agricultura viene demostrando una crisis técnica en el aspecto de inadecuado manejo de los restos de las cosechas, esta actividad ha traído como consecuencia disminución de la fertilidad de los suelos, así mermando la economía del agricultor.

Producto del desconocimiento de los beneficios que brinda la melaza y microorganismos que ayudan en la descomposición de los restos vegetales, por parte los agricultores, no permite el adecuado aprovechamiento de este recurso.

Frente al panorama planteado nace la necesidad de realizar trabajos de investigación para dar salida a estas dificultades, ante la escasa información con la que se cuenta para obtener mayor aceleración en la descomposición de los restos de cosechas, ayudando así a que los agricultores puedan mejorar sus suelos y así obtener mayor rentabilidad en el cultivo.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál será el efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la paja de trigo (*Triticum ssp*)?

1.3. Justificación

Es necesario discutir el término “orgánico”, ya que la materia orgánica es la base de la vida. Por eso, los restos orgánicos no pueden considerarse como desechos sino un recurso valioso para continuar garantizando la fertilidad de la tierra. Con el proceso de compostaje la materia orgánica se convierte en un recurso de gran valor para frenar la desertificación y evitar la contaminación por la quema de restos de cosecha, en el Perú está asociado con su baja producción y los bajos niveles de nutrientes del suelo, la erosión, el uso de fertilizantes y la inadecuada utilización de pesticidas.

La agricultura orgánica no es algo nuevo, siempre ha existido y es la única manera de conservar el ciclo natural que existe en el mundo. Este tipo de agricultura no representa mayores gastos o menos ingresos a los agricultores, es más bien una alternativa para que cada agricultor en su propio campo vaya descubriendo y entendiendo con el pasar de los días nuevas formas de alimentar y proteger a sus cultivos. Es por eso que, esta investigación intenta aportar información que pueda aplicarse en cada una de las unidades de producción, tratando de que cada agricultor mediante la aplicación de EM o MELAZA pueda acelerar la lenta transformación de restos vegetales en condiciones controladas, donde sin contaminantes produzca alimentos sin alterar a su salud, a su familia, a la de sus consumidores y sobre todo a la salud de su madre tierra.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la paja de trigo (*Triticum ssp*).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de melaza sobre la tasa de descomposición de la paja de trigo (*Triticum ssp*).
- Estimar el efecto de microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la paja de trigo (*Triticum ssp*).
- Calcular la tasa de descomposición de la paja de trigo en el distrito de Independencia.

1.5. Variables

1.5.1. Variable Independiente (X)

X: Melaza y Microorganismos Eficientes, utilizados para medir la tasa de descomposición de la paja de trigo (*Triticum ssp*), en el barrio de Nicrupampa-Independencia-Huaraz.

Es la variable que se manipulará, comprendida por los tratamientos.

1.5.2. Variable Dependiente (Y)

Y: Tasa de descomposición de la paja de trigo en el barrio de Nicrupampa-Independencia-Huaraz

Es la variable respuesta en la cual se evaluarán los efectos de los tratamientos.

1.6. Operacionalización de Variables

La Operacionalización de variables para los factores en estudio se muestra en el cuadro N° 1.

CUADRO N° 1. Operacionalización de Variables

VARIABLE		INDICADORES	MEDICIÓN
Variable Independiente	Efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes en el barrio de Nicrupampa-Independencia-Huaraz	<ul style="list-style-type: none">• Efecto de melaza• Efecto EM	<ul style="list-style-type: none">• Grado de descomposición
Variable Dependiente	Tasa de descomposición de la paja de trigo en el barrio de Nicrupampa-Independencia-Huaraz	<ul style="list-style-type: none">• Descomposición de paja de trigo	<ul style="list-style-type: none">• Peso de la muestra• Porcentaje de la descomposición

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis Nula

La aplicación de melaza y microorganismos eficientes pueden acelerar la descomposición de la materia orgánica.

1.7.2. Hipótesis Alternativa

Al menos uno de los productos orgánicos empleados en la tasa descomposición de paja de trigo (*Triticum ssp*) es más eficiente en la descomposición de restos vegetales.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes Bibliográficos

CRUZ (2000) cita que el sistema de producción implantado bajo los argumentos de la “Revolución Verde”, fundamentada en monocultivo con alta tecnología, incitó al uso indiscriminado de químicos, causando erosión, salinidad, compactación y contaminación edáfica, reduciéndose las cosechas y calidad de los productos, destruyendo la mayoría de suelos agrícolas. La producción de compost y humus aún es doméstica, lenta y empírica, lo practican pequeños agricultores para utilizar en sus cultivos. Para su elaboración usan rastrojos, malezas, estiércol y residuos vegetales, para disponer de suelos fértiles, de textura media, con buena cantidad de materia orgánica. El suelo se volverá fértil cuando se haya restituido en sus nutrientes minerales y no minerales mediante la adición de compost o bioabono por modificación microbiana.

MAUZ (2006) menciona que el EM induce a que la materia orgánica se descomponga rápidamente por la vía de la fermentación y no de la putrefacción. Dado que las moscas prefieren esta última para desarrollarse, el empleo de EM reduce la población de moscas. El EM posee la ventaja con respecto a los insecticidas que es totalmente seguro y no tiene ningún tipo de riesgo de intoxicación, lo que lo hace especialmente conveniente para aquellos locales donde se manipulan alimentos o donde frecuentan los niños o personas irresponsables.

ARIZA y GONZÁLEZ (1997) señalan que la melaza es un medio nutritivo para muchos microorganismos, tales como levaduras, hongos y bacterias.

Se considera importante la presencia de microorganismos mesófilos y termófilos dentro de la melaza. Los organismos mesófilos se desarrollan bien durante la

dilución de las melazas. Por lo tanto las investigaciones demuestran que la melaza es un acelerador de descomposición de los restos de cosechas.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Importancia del Trigo

FAIGUENBAUM (2003) menciona que el trigo es una de las plantas que mayor importancia tiene en la vida del hombre, este grano viene adquiriendo importancia en forma lenta, por los diferentes usos que brinda tanto en la industria panadera como en la alimentación diaria, ya sea en forma natural o procesada. Se caracteriza por ser un grano muy versátil, lo cual favorece al agricultor andino principalmente para contar con alimento durante toda la campaña agrícola.

Es uno de los tres cereales más producidos globalmente junto al maíz y el arroz. Es uno de los cultivos que más se adaptan a gran diversidad de climas, pero las condiciones ideales se encuentran en las zonas templadas.

El trigo prospera en casi todos los suelos. Sin embargo, los rendimientos más altos se logran en suelos profundos, fértiles, de textura media, pendientes suaves, con buen drenaje, y con un buen contenidos de materia orgánica.

2.2.1.1. Taxonomía y Morfología

ALTAMIRANO (2003) clasifica de la siguiente manera:

A. Taxonomía

Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Clase : Liliopsida
Subclase : Commelinidae
Orden : Poales
Familia : Poaceae
Género : *Triticum*

Nombre científico: *Triticum ssp*

B. Morfología

Es una planta herbácea. Su sistema radical es adventicio. El tallo o caña es verde, rígido, formado por nudos y entrenudos. Las hojas son envainadoras que nacen de los nudos, sin peciolo, que poseen la vaina, parte que sobresale del tallo. El limbo es una lámina verde, angosta y con nervaduras longitudinales. La inflorescencia es la espiga conformada por el raquis; es un adelgazamiento del tallo conformado por nudos y entrenudos y la espiguilla, que se compone de un grupo de flores, no todas fértiles.

El fruto es una cariósida con un solo grano, que es la semilla caracterizada por una hendidura longitudinal en la parte central, compuesta por el embrión y el endospermo.

2.2.1.2. Producción de Trigo en Perú

MINAGRI (2014) manifiesta que el trigo, es el más cultivado en el mundo, con un promedio de 215 millones de hectáreas (Ha) anuales.

En Perú la superficie sembrada, producción y rendimientos han ido variando a través de los años. En términos de volumen, superficie y valor económico de producción, el trigo es un cultivo muy importante para el país.

El trigo se cultiva actualmente en casi todo los climas desde el nivel del mar hasta los 4000 metros de altitud. El 97% de la superficie cultivada se encuentra ubicada en la sierra y el 3% en la costa.

Los departamentos de mayor área sembrada son: Ancash, La Libertad, Cajamarca y Arequipa.

En la actualidad, el Perú no alcanza a cubrir la demanda interna, por lo que importamos más de un millón de toneladas anuales.

2.2.2. La Materia Orgánica

FAMA (s/f) manifiesta que la materia orgánica del suelo está constituida por todo tipo de residuos orgánicos (vegetal o animal) que es incorporado al suelo. Para la productividad.

La materia orgánica, considerada como una mezcla compleja y variada de sustancias orgánicas, desempeña un importante papel en los suelos agrícolas. A pesar de que la misma constituye solo una pequeña fracción de la mayoría de los suelos, es un componente dinámico que ejerce una influencia dominante en muchas propiedades y procesos del suelo. Frecuentemente un efecto lleva a otro, de modo que de la adición de materia orgánica a los suelos, resulta una cadena compleja de múltiples beneficios.

2.2.2.1. Residuos Agrícolas

MARTINEZ (2002) y **ACEVEDO (2003)** afirman que, cuando se habla de restos agrícolas o restos de cosecha se refiere a la fracción o fracciones de un cultivo que no forman parte de la cosecha propiamente tal (parte aérea y subterránea de las plantas que permanecen en el suelo después de una cosecha), mas aquella parte de ésta que no cumple con otros requisitos de calidad mínima para su comercialización. Estos restos se caracterizan por una marcada estacionalidad, tanto por razón del momento de su producción como por la necesidad de retirarlos del campo en el menor tiempo posible para no interferir en otras tareas agrícolas y evitar la propagación de plagas e incendios.

ACEVEDO (2003) indica que los restos vegetales tienen importancia en los microorganismos ya que influye de forma positiva en cuanto a número y actividad, si estos son incorporados al suelo (proceso de descomposición), además estos microorganismos tienen participación en las propiedades físico-químicas del suelo. Por esta razón se recomienda incorporar los restos del cultivo al suelo

para evitar erosión, deterioro del suelo y principalmente pérdidas de nutrientes importantes para las plantas.

GOH y KUMAR (2000) consideran que anualmente se producen en el mundo 2962 millones de toneladas de restos agrícolas, de los cuales la cantidad de los principales nutrientes (N, P, K) que podrían ser recuperados de estos residuos serían 74 millones de toneladas anuales en el mundo.

CUADRO N° 2. Cantidad de nutrientes presentes en 1 TM de rastrojo de trigo.

NUTRIENTES	Kg/TM rastrojo
Nitrógeno (N)	5.800
Fósforo (P)	0.400
Potasio (K)	11.400
Calcio (Ca)	5.100
Magnesio (Mg)	0.900
Azufre (S)	1.200
Zinc (Zn)	0.005
Boro (B)	0.007
Hierro (Fe)	0.040
Manganeso (Mn)	0.020
Cobre (Cu)	0.009

FUENTE: **MATURANA y ACEVEDO (2003)**

MATURANA y ACEVEDO (2003) indican que en general, los principales elementos que contienen los diferentes cultivos son: Potasio, N y Ca. Los cereales se destacan por un mayor contenido de elementos monovalentes como K.

Una cantidad de rastrojos de trigo equivalentes a 10 Tm/Ha, reciclaría al suelo en un año una cantidad de macronutrientes de 58 Kg de N, 4 Kg de P, 114 Kg de K, 12 Kg de S, 51 Kg de Ca y 9 Kg de Mg. A demás de alrededor de 400 Kg de carbono por tonelada de rastrojo.

2.2.2.2. Componentes de los Residuos

RODRIGUEZ (1993) plantea que en los residuos vegetales se pueden diferenciar dos componentes; uno estructural y uno metabólico.

El primero está definido por estructuras celulósicas, lignificas, paredes celulares y polisacáridos estructurales; y los componentes metabólicos o citoplasmáticos, están definidos por proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, almidones, etc. entre las cuales se encuentran la mayor proporción del nitrógeno de los tejidos vegetales.

2.2.2.3. Volumen de los Residuos de Cosecha de Trigo

MINAG (2013) indica que los departamentos con mayor superficie sembrado son Cajamarca, La Libertad, Ancash y Arequipa, si bien estos departamentos tiene una importancia posición en la escala de producción nacional, también es cierto que gran parte de la masa cosechada de este cultivo corresponden a restos agrícolas que quedan en el campo después de la cosecha, estorbando así las labores para el próximo cultivo.

ACEVEDO (2002) señala que existen problemas locales de manejo de los rastrojos, y especialmente de trigo. Dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura fundamentalmente, la tasa de acumulación de los rastrojos puede ser superior a su tasa de descomposición, por lo que al momento de la siembra es común encontrar en los campos sobre 6 Tm/Ha de rastrojo de trigo.

MATURANA y ACEVEDO (2003) consideran que la cantidad de residuos dependen del rendimiento obtenido. Un rendimiento de 7 Tm/Ha corresponderían a una cantidad de rastrojos de trigo equivalentes a 10 Tm/Ha.

2.2.2.4. Destino de los Residuos de Cosecha de Trigo

MARTINEZ (2002) afirma que una vez efectuada la cosecha, los residuos deben ser retirados. Existen distintos procedimientos, más o menos factibles, según las diversas situaciones. Uno de ellos consistiría en enfardar la paja, labor que es útil en predios que cuentan con ganado.

AVILÉS (2004) y **CROVETTO (1992)** consideran que el otro procedimiento para retirar la paja, sería mediante el empleo de un chopper, que picaría la paja, la paja picada y dejada sobre la chacra, para ser enterrada con las próximas labores, también es otra posibilidad. La incorporación al suelo, para su compostaje en el suelo debe ser superficial. Este procedimiento podría ser el más recomendable de todos, debido a que se devuelve al suelo una importante cantidad de materia orgánica.

GARCIA (2003) menciona que la otra alternativa es quemar el rastrojo, el menos recomendable de todos los procedimientos, por efecto sobre el suelo y porque se priva a este de una restitución valiosa de materia orgánica, un recurso que siempre escasea en él.

La quema es una eficiencia muy alta, ya que más del 97% de la materia orgánica se consume y aproximadamente 92% del P es depositado en suelo como cenizas.

CORMA (2005) indica que la práctica de la quema provoca grandes problemas ambientales, ya que se generan en la combustión sustancias muy tóxicas que son liberados al aire.

HALTENHOFF (2005) y **GARCÍA (2003)** afirman que la quema de rastrojos produce numerosos efectos indeseables especialmente sobre el suelo (incremento de la erosión y pérdida de la fertilidad a largo plazo), la atmosfera (gases invernadero), la vegetación, la fauna el paisaje. La que también lo priva de materia orgánica, que es

importante para mejorar la estructura del suelo y proporciona vida a la tierra actuando como un sustrato para varios microorganismos.

ACEVEDO (2003) afirma que la quema de rastrojos produce efectos negativos tales como destrucción de materia orgánica, el N orgánico y S se pierden por volatilización, se reduce parte importante de la actividad biológica del suelo, se pierden cenizas ricas en K, se desprende C causando efecto invernadero y se incrementa la pérdida de agua.

MARTINEZ (2002) señala que los aspectos favorables de la quema, se puede mencionar: destrucción de propágulos de malas hierbas, reducción de parásitos y patógenos, restitución de minerales al suelo, eliminación rápida del residuo.

En casos en que la quema sea inevitable, es importante evaluar posibles soluciones para asegurar un uso sustentable del suelo, por ejemplo la quema debería hacerse después de un periodo de lluvia, para minimizar pérdidas por lixiviación de los nutrientes liberados.

ACEVEDO (2003) señala que el diferente contenido de materia orgánica hace que el suelo quemado retenga menos agua y esté menos aireado. En cuanto a la fertilidad potencial del suelo, luego de años de análisis, se puede decir que la quema tiende a incrementar las cosechas en los primeros años, pero tiende a disminuirlas más a largo plazo.

La quema de rastrojos antes del próximo cultivo es una práctica habitual, debido a lo costoso y complejo de la extracción de estos residuos, el productor prefiere ir por el camino más fácil y menos costoso.

CROVETTO (1992) y **MARTINEZ (2002)** manifiestan que se estima alrededor de 12 billones de toneladas de celulosa provenientes de paja de trigo estarían disponibles como posibles fuentes de combustible, obtención de papel paja, obtención de

glucosa, componente en la fabricación de tableros, aislante y material de relleno en materiales de construcción, cultivo del champiñón, obtención de estiércol artificial, agente de aireación y/o fuente de carbono para el compostaje de residuos pastosos o excesivamente ricos en nitrógeno, como para fines químicos, sin embargo, la aislación resulta difícil porque forma parte del complejo lignina-celulosa-hemicelulosa.

2.2.2.5. Incidencia de la Quema Sobre la Microfauna

ALEXANDER (1961) menciona que la población microbial del suelo está constituida por bacterias, hongos, algas y protozoos de gran importancia, tanto agrícola como ecológica y bioquímica.

La mayoría de las bacterias y hongos del suelo originan diversos beneficios a las plantas:

- Degradación de la materia orgánica, lo que conduce simultáneamente a la formación de humus y mineralización de elementos nutrientes que proporciona a los vegetales.
- Fijación de nitrógeno. Los rizobios son el grupo más importante para la captura de nitrógeno atmosférico en suelos agrícolas, pero también existen actinomicetos que fijan grandes cantidades de N en ecosistemas forestales, y las cianobacterias son importantes en el cultivo de arroz.
- Transformación inorgánica. Existen formas orgánicas en el suelo de N, P y S no disponibles, que gracias a la acción de microorganismos, pasan a ser disponibles para las plantas, además de otros elementos esenciales como el fierro y manganeso.
- Productores. Ciertos organismos del suelo atacan a las plantas, mientras otros actúan como protectores de las raíces de las mismas, evitando la invasión de patógenos y parásitos del suelo.

- Secreción de sustancias complejas como vitaminas, antibióticos, enzimas, hormonas, etc., que participan en la nutrición de los vegetales y en la lucha contra los parásitos.

CUADRO N° 3. Ventajas y desventajas de la quema de residuos

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Eliminación rápida del residuo	Se destruye la Materia Orgánica
Preparación del suelo para regeneración natural	Se produce Erosión por la desnudez de la tierra
Control de enfermedades y plagas	Contaminación de recursos de agua por cenizas y carbones
Limpieza de caminos, canales o cercos	Se afecta el aire por gases y partículas contaminantes
Mejoramiento de pastos para la alimentación del ganado	Eliminación de la microflora y microfauna

FUENTE: **CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL (1998).**

2.2.2.6. Paja de Trigo

MINAGRI (2013) indica que el trigo en Perú en 2013 fue sembrada aproximadamente 138'155 Has.

RODRÍGUEZ (1993) manifiesta que el cultivo de trigo se cosecha en forma efectiva aproximadamente el 42% del total de la planta en forma de grano, la cantidad de residuos varía según el rendimiento del sistema.

LINDH (2004) afirma que la paja de trigo es uno de los residuos rurales más importante, llegando a ser después de la cosecha del grano de 2 y 4 TM/Ha, ésta se caracteriza por tener un bajo contenido de N, P, Ca y Mg pero son ricos en celulosa, lignina y

pobre en proteínas, siendo la celulosa el principal constituyente de la paja de trigo representando un 40 a un 50% del total de peso seco de la paja de trigo, en donde el 25% de la celulosa y Hemicelulosa de la paja están disponibles para las celulosas. El resto está inaccesible por la presencia de lignina y éste cuyos valores promedios van desde el 18% a 28.48% del total del peso seco de la paja de trigo.

La celulosa se degrada con mayor facilidad que la lignina, sin embargo la disponibilidad de N es un factor limitante en la actividad de los microorganismos.

En forma resumida se puede decir que la tasa de degradación depende del crecimiento y desarrollo de microorganismos que participan en la transformación de la celulosa y lignina, además normalmente el nitrógeno es bajo y la tasa de degradación es lenta, en algunos casos si la temperatura es baja la tasa de degradación es aún más lenta.

2.2.2.7. Composición Química de los Residuos

WAGNER y WOLF (1999) plantean que en la mayoría de los residuos vegetales, la mayor cantidad de carbono se presenta como carbohidratos complejos, tales como polisacáridos estructurales.

FLAIG et al. (1977) indican que la celulosa, lignina y proteínas son los mayores constituyentes de la materia orgánica muerta de residuos vegetales que ingresan al suelo.

ALEXANDER (1980) señala que en conjunto representan alrededor del 75% del total de los compuestos orgánicos de los residuos y son transformados a sus unidades básicas por la degradación que realizan los microorganismos. Estos las utilizarían como fuente de carbono y energía.

RODRIGUEZ (1993) afirma que en los residuos vegetales se pueden diferenciar dos componentes; uno estructural, definido por

estructuras celulósicas, lignínicas, paredes celulares y polisacáridos estructurales; y los componentes citoplasmáticos o metabólicos, definidos por proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, almidones, y otras entre las cuales se encuentran la mayor proporción del nitrógeno de los tejidos vegetales.

2.2.2.7.1. Celulosa

FLAIN et al. (1977) mencionan que la celulosa es el mayor polisacárido estructural de las plantas.

FOGARTY y KELLY (1990) señala que la más abundante macromolécula presente sobre la tierra.

HOSENEY (1986) manifiesta que la celulosa es el mayor componente de pajas y forrajes; y puede constituir sobre el 40-50% de estas.

WAGNER y WOLF (1999) consideran que la celulosa contenida en el material vegetal generalmente se incrementa a medida que la planta madura; y puede ser bajo, 15% base materia seca en plantas jóvenes, pero puede llegar hasta 50%, en maderas, pajas y hojas.

2.2.2.7.2. Hemicelulosa

SYLVIA et al. (1999) plantea que es el segundo mayor carbohidrato constituyente de los residuos vegetales. La hemicelulosa constituye un diverso grupo de polisacáridos estructurales, los cuales generalmente se incluyen dentro de la celulosa (holocelulosa).

2.2.2.7.3. Lignina

KIRK et al. (1997) manifiestan que la lignina es un polímero heterogéneo formado por grupos fenil-propano

sustituídos que derivan básicamente del coniferol, sinapol y cumarol.

WAGNER y WOLF (1999) afirman que la lignina es generalmente el tercer componente más común en los residuos de plantas. Este es especialmente abundante en los tejidos leñosos, el cual es importante en los residuos vegetales de los sistemas forestales.

La lignina es un componente estructural presente en las paredes de las células vegetales, y su contenido se va incrementando con la edad. La lignina contenida en plantas jóvenes, es a menudo menor que un 5% de la masa; en cuanto en plantas maduras puede contener un 15% y en los tejidos leñosos y en la madera de los árboles puede tener niveles cercanos al 35%. La molécula de lignina contiene solo tres elementos, carbono, oxígeno e hidrógeno.

GOH y KUMAR (2000) manifiestan que en general los residuos con alto contenido de lignina y otros polifenoles son más resistentes a la degradación que los materiales pobres en estos compuestos. Existen relativamente pocos organismos capaces de degradar la lignina y son, además, exclusivamente aerobios.

ALEXANDER (1980) señala que además, en la molécula de lignina los mismos enlaces no se repiten a intervalos regulares en el polímero y esta estructura acoplada con los fuertes enlaces entre los monómeros hace a ésta notablemente resistente tanto a la degradación microbiana como química.

En los residuos vegetales como la paja de trigo, los constituyentes orgánicos, tales como, celulosa y lignina

son variables. En el cuadro 1, se muestran los constituyentes orgánicos para paja de trigo.

CUADRO N° 4. Constituyentes orgánicos de la paja de trigo.

Componente	g/100g materia seca
Celulosa	36.1 - 50
Lignina	14.1 - 21
Componentes solubles	28.8

FUENTE: HOSENEY (1986), PAUL y CLARK (1996)

2.2.2.7.4. Otros Componentes Orgánicos de los Residuos

FENGEL y WEGENER (1983) mencionan que los otros constituyentes orgánicos de bajo peso molecular tales como almidón, pectinas, proteínas, taninos, y otros compuestos, que son denominados bajo el nombre de extraíbles. También, se encuentran constituyentes químicos inorgánicos en la paja, como minerales, los cuales pueden variar dependiendo de la fertilidad de los suelos y se expresan en el contenido de cenizas.

CUADRO N° 5. Constituyentes químicos inorgánicos encontrados en paja de trigo, avena y cebada.

Contenido aproximado (g/Kg)			
Componente	Trigo	Avena	Cebada
Nitrógeno	0.69 – 0.77	0.59	0.46
Fosforo	0.08	0.06	0.04
Carbono	41.4 – 42.7	-	-
Cenizas	10.7	-	-

FUENTE: COLLINS et al. (1990) y KUMAR y GOH (2000).

2.2.3. Descomposición de Residuos Vegetales

SINGH y GUPTA (1977) consideran que la descomposición es un proceso prolongado y complejo, en donde las tasas de degradación varían con la naturaleza del sustrato y las características del medio ambiente.

2.2.3.1. El Proceso de Compostaje

SZTERN y PRAVIA (2004) mencionan que las fases para la elaboración del compost son: Primera fase de latencia o crecimiento, llamada también mesolítica o mesófitas, en que los microbios se hallan adaptándose al medio putrefacto y comienza a multiplicarse. Dura de 2 a 4 días y se desenvuelven bien a temperaturas que pueden superar los 50°C. Los microorganismos *oomicetos*, *zigomicetos*, *ascomicetos*, *basidiomicetos* y hongos imperfectos se multiplican rápidamente por la actividad metabólica, que eleva la temperatura, produciendo ácidos orgánicos los que hacen bajar el pH. En este periodo son atacadas las sustancias carbonadas fácilmente oxidables como los glúcidos, almidón, aminoácidos y proteínas solubles.

RAMÍREZ y RESTREPO (2007) sitúan que la segunda fase termófila, aquí las poblaciones mesófilas son sustituidas por las termófilas en ambiente entre 50-70°C, aquí los patógenos, larvas, e inclusive semillas de malezas crecen de estrés térmico. El proceso tarda de una a ocho semanas según el ritmo de fermentación acelerado o lento, dependiendo de los especímenes que entran del medio, se hace una verdadera pasteurización y excesiva mineralización. Además transforma el nitrógeno en amoníaco y el pH alcalino. A 60°C los hongos termófilos desaparecen y surgen bacterias esporíferas y *actinomicetos* que descomponen las ceras, proteínas y hemicelulosas, la temperatura desciende a 40°C, hábitat en que reinician su actividad y desciende el pH.

La de maduración se caracteriza por mantener una fermentación lenta, los microorganismos termófilos disminuye, pero aparecen otros como los *basidiomicetos* que degradan la lignina y los *actinomicetos* la celulosa, en esta etapa es el momento de la síntesis coloidal, húmico, hormonal, vitamínico, de antibióticos y otros compuestos.

2.2.3.2. Importancia de la Relación C/N en la Descomposición

URBANO (1989) indica que la relación C/N cobra importancia cuando los residuos poseen una baja cantidad de nitrógeno, lo que influye en una lenta descomposición del residuo y un aumento de la inmovilización del elemento por los microorganismos.

A la vez indica que las necesidades de nitrógeno son elevadas cuando la relación C/N del residuo es alta, aumentando intensamente la actividad microbial.

SMITH (1982) señala que uno de los índices usados para caracterizar la materia orgánica es la relación C/N (cuadro 6). Sustratos bajos en N y altos en C eventualmente presentan una limitada actividad microbial presentándose una degradación lenta.

En cambio, si la relación es inversa la degradación se lleva a cabo rápidamente.

SCHINTZER y KHAN (1978) mencionan que la relación C/N en los materiales biodegradables es una variable que nos indica la cantidad de carbono con respecto a la cantidad de nitrógeno presente en la muestra.

La relación más recomendable en los abonos orgánicos va de 30 a 40 partes de carbono por cada parte de nitrógeno ya que en condiciones demasiadas altas (mayores a 40:1) creará problemas en la utilización del material orgánico reduciendo la velocidad de descomposición. Esta relación puede ser afectada por la actividad microbiana.

Según un estudio realizado en la Universidad de Washington (2000) los microorganismos usan el carbono de la materia orgánica para incorporarlo a la estructura de sus células y lo emplean también como fuente de energía, mientras que el nitrógeno es utilizado en la síntesis de proteína. Por esta razón cuando la relación es demasiada alta, los microorganismos demorarán mucho tiempo en desdoblar los residuos por carecer de nitrógeno y si es demasiada baja, se generan pérdidas de nitrógeno en forma amoniacal debido a elevaciones considerables de temperatura.

Por otra parte, son muchos los nutrientes utilizados en la actividad metabólica de los microorganismos; sin embargo la relación C/N es fundamental en la actividad microbiana durante el proceso de compostaje. Cuando el carbono se encuentra en materiales fibrosos tales como la lignina, los microorganismos utilizan el nitrógeno del suelo.

SALAZAR et al. (2003) indica que los microorganismos fraccionan las moléculas orgánicas complejas para obtener energía y nutrientes simples que requieren para construir sus propios tejidos corporales. Además es importante mencionar que el estiércol de bovino es rico

en carbono fácilmente degradable, Por lo que el proceso de descomposición del estiércol en abono es llevado a cabo por hongos y bacterias los cuales descomponen la materia orgánica con facilidad.

CUADRO N° 6. Relación C/N de sustratos típicos

Sustratos	Relación C/N
Aserrín fresco	511/1
Acícula de pino	91/1
Paja de trigo	80/1
Hoja de ulmo	80/1
Residuos de maíz	80/1
Hongos y bacterias	12/1

FUENTE: SMITH (1982)

MATUS (1994) afirma que la mineralización e inmovilización de N durante la degradación de materiales orgánicos considera la alta razón C/N la que retarda dicha descomposición porque los microorganismos del suelo no encuentran el requerimiento de N.

2.2.3.2.1. Relación C/N del Residuo y de la Biomasa

KUMAR y GOH (2000) manifiestan que es generalmente aceptado que residuos con una alta relación C/N se descompongan más lentamente que residuos que poseen una relación C/N más baja. Residuos con baja relación C/N reducen la competencia de los microorganismos por el nitrógeno y aumentan la descomposición.

VERBERNE et al. (1990) consideran que la relación C/N de la biomasa es de aproximadamente 8, por lo tanto residuos con baja relación C/N, serán degradados más rápidamente que residuos con una alta relación C/N.

2.2.3.2.2. Contenido de Nitrógeno del Residuo

WILLIAMS y GRAY (1974) afirman que durante la descomposición el carbono es usado como fuente de energía por los microorganismos y el nitrógeno es asimilado para formar proteínas y otros compuestos.

HEAL et al. (1997) consideran que el nitrógeno es comúnmente uno de los factores limitantes en la degradación de residuos, determinando el desarrollo de microorganismos y la mineralización del carbono.

KUMAR y GOH (2000) mencionan que una correlación positiva se ha encontrado en muchos trabajos, respecto del contenido de nitrógeno y las tasas de descomposición del residuo, indicando que altos de nitrógeno favorecen la degradación y posterior liberación de nutrientes.

2.2.3.2.3. Otros Factores del Residuo que Influyen en su Degradación.

KUMAR y GOH (2000) mencionan también como factores influyen en la degradación de los residuos: tamaño de las partículas, edad, desecación y resistencia mecánica del residuo. Los factores mencionados anteriormente están relacionados con la facilidad del ataque microbial a los residuos.

2.2.4. Factores Abióticos que Afectan la Tasa de Descomposición

KUMAR y GOH (2000) afirman que la degradación de residuos incorporados a los suelos dejados por los cultivos está dominada por los factores ambientales.

ALEXANDER (1980) señala que la temperatura, humedad y pH son los principales factores que afectan la degradación de residuos, además de las características del sustrato mencionados anteriormente.

2.2.4.1. Temperatura del Suelo

SINGH y GUPTA (1977) consideran que el efecto de la temperatura del suelo es uno de los factores abióticos que influyen sobre la tasa de la descomposición de los residuos.

STOTZKY (1974) menciona que la temperatura gobierna la actividad de sistemas biológicos en distintos grados, no solo interviniendo en la tasa de reacción fisiológica de los microorganismos, sino que también las características fisicoquímicas del medio ambiente (volumen, presión, potenciales de óxido-reducción, difusión, movimiento browniano, viscosidad, tensión superficial).

MCHILL et al. (1981) indican que los microorganismos tienen tasas de crecimientos óptimas entre los 20 – 45 °C, y que bajo los 5°C poseen una actividad baja.

DICKINSON (1974) y ALEXANDER (1999) manifiestan que la mayoría de los microorganismos del suelo son mesófilos con un óptimo de desarrollo entre los 25 – 37 °C y un mínimo de actividad a los 5°C.

2.2.4.2. Humedad del Suelo

KUMAR y GOH (2000) indica la humedad del suelo influye en el desarrollo de los microorganismos, la cual produce significantes efectos sobre la descomposición de residuos.

HARTEL (1999) afirma ya que el agua afecta una variedad de reacciones químicas y procesos biológicos, tales como los enzimáticos.

MCHILL et al. (1981) señala que los hongos son resistentes a bajos potenciales de humedad, además mencionan que el agua afecta en forma distinta a los microorganismos que a las plantas, argumentando que los microorganismos necesitan estar tan solo en contacto con películas de agua, es decir unos cuantos μm^3 .

KUMAR y GOH (2000) consideran que sin embargo, el agua del suelo es necesaria como medio para la diseminación y propagación de los microorganismos, así como para su desarrollo, produciendo efectos significativos sobre la descomposición de residuos vegetales.

CURTIN et al. (2000) indican que a capacidad de campo se produciría la mayor actividad biológica en los suelos.

2.2.4.3. pH del Suelo

WAGNER y WOLF (1999) plantean que el pH es uno de los factores que influyen en la degradación de residuos. Este afecta el tamaño y tipo de población de microorganismos, así como a las enzimas que producen, lo cual incide en la descomposición.

KUMAR y GOH (2000) afirman que a medida que el pH del suelo disminuye, las poblaciones microbianas varían de bacterias a hongos.

STOTZKY (1974) señala que en suelos ácidos ($\text{pH} < 5,5$) predominan hongos, y en suelos cercanos al pH neutro y alcalino

(entre pH 6 y 8), predominan bacterias y actinomycetes, esto debido probablemente a la baja tolerancia a las concentraciones altas de H⁺. El efecto del pH es en sus rangos extremos, muy ácido o muy alcalino, pero en el rango usual en suelos (entre 5 y 8), el pH es de una importancia menor.

2.2.5. Efecto de la Adición de Fuentes Nutritivas

KUMAR y GOH (2000) señalan la relación C/N es un importante factor en la degradación de los residuos, así es generalmente aceptado que residuos que contienen altas relaciones C/N se descomponen más lentamente que aquellos que contienen una baja relación C/N.

ALEXANDER (1980) afirma que la aplicación de N inorgánico aumenta la velocidad de descomposición de residuos en el suelo. Este aumento es proporcional a la concentración de N agregado, pero con altos índices de aplicación y donde se excede el nivel de N necesitado, la descomposición no responde a éstos incrementos de suplementación.

MARTINEZ (2002) plantea dada la relación C/N de la paja, el enterrado conlleva inmovilización del nitrógeno del suelo, fenómeno que puede provocar “hambre de nitrógeno” en el siguiente cultivo. Este efecto negativo puede evitarse fácilmente aportando nitrógeno (de 6 a 12 Kg por TM de paja) a la paja en el momento de enterrarla.

2.2.6. Importancia de la Materia Orgánica

PALOMINO (2003) indica que la materia orgánica cumple funciones importantes en el suelo de las cuales destacamos las más importantes:

- Aportar los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.
- Activar biológicamente el suelo.
- Mejorar la estructura del suelo.

- Mejora las características físicas del suelo.
- Incrementa la capacidad de retención de agua del suelo.
- Aumenta la temperatura del suelo.
- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico.
- Contribuye a la estabilización del pH del suelo.
- Disminuye la compactación del suelo.
- No afecta la salud humana.
- No contamina el medio ambiente.
- Permite mayor rentabilidad económica.
- Evitan dependencia del consumo de insumos químicos.

2.2.7. Microorganismos Asociados a la Descomposición de Residuos

JENKINSON (1992) afirma que existe una amplia variedad de formas microbiológicas, encontrándose bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoos. Los más abundantes en número de individuos son las bacterias, aunque sobre pasados en biomasa por los hongos; sin la actividad relacionada de los microorganismos (microflora: bacterias, actinomicetos y hongos), el suelo se convertiría en un depósito en el que se acumularían los residuos sin posibilidad de inmovilizar y mineralizar fracciones de la materia orgánica y elementos nutritivos como C, N y P, jugando un rol importante en la fertilidad del suelo y nutrición de las plantas.

BERG (2000) manifiesta que los organismos presentes durante el proceso de compostaje varían dependiendo de los sustratos y las condiciones del proceso. Son sus interacciones y la secuencia en el tiempo los que determinan el tipo de compostaje.

Bacterias y hongos se encargan de la fase mesófila, especialmente bacterias del género *Bacillus* sp, aunque existen también algunos *Bacillus* termófilos.

El 10% de la descomposición es realizado por bacterias, del 15-30% es realizado por actinomicetes. Después de que los materiales lábiles han desaparecido, los predominantes son los actinomicetes, hongos y levaduras.

2.2.7.1. Hongos Degradadores de los Residuos Vegetales

JENKINSON (1992) añade que los hongos son considerados el segundo grupo más importantes de microorganismos del suelo. No son visibles al ojo humano a no ser que formen trenzas de micelios blancos llamados rizomorfos.

Bajo condiciones favorables los hongos se expanden rápidamente entre el sustrato vegetal.

Los hongos asimilan entre el 30 y 50% del C presente en la materia orgánica, esta elevada eficiencia de transformación significa que el crecimiento muy rápido de los hongos puede originar elevadas demandas de N disponibles en el suelo.

DEACON (1988) menciona que existe una sucesión de hongos asociados a la degradación de los restos vegetales, el cual comienza con los “hongos saprófitos de los azúcares primarios”, el término “azúcares primarios” denota que existe una degradación de compuestos simples y poseen una capacidad reducida de utilizar polímeros mayores; como ejemplo, se pueden mencionar miembros de los *Zygomycota*: *Mucor* y *Rhizopus*. Los organismos responsables de la descomposición del complejo lignocelulósico son hongos aeróbios filamentosos y los más hábiles corresponden al grupo de los *Basidiomycetes*.

HAMMEL (1997) y **HOFRICHTER et al. (1999)** señalan que los hongos que degradan la celulosa, en el proceso de colonización, corresponden a especies de los géneros *Chaetomiun*, *Fusarium*, *Stachibotris* y *Trichoderma*, que se encuentran comúnmente en materiales celulósicos como la paja de cereales.

PANKHURST et al. (1997) hacen mención de los hongos *Fusarium sp* y *Trichoderma sp* como degradadores de paja de cereales. Una amplia gama de microorganismos pueden atacar la celulosa. Los hongos *Trichoderma*, probablemente son en los cuales se han estudiado sistemas de celulasas.

Según los mismos autores, los hongos *Penicillium*, *Fusarium* y *Agaricus* poseen sistemas de celulasas. Los hongos blancos de la pudrición (“White-rot fungi”), son los microorganismos más activos en la descomposición de la lignina y los más estudiados.

CUADRO N° 7. Principales Géneros de hongos capaces de utilizar celulosa.

Género de Hongos	
<i>Fusarium</i>	<i>Polyporus</i>
<i>Myrothecium</i>	<i>Rhizoctonia</i>
<i>Penicillium</i>	<i>Rhizopus</i>
<i>Alternaria</i>	<i>Trametes</i>
<i>Aspergillus</i>	<i>Trichoderma</i>
<i>Chaetonium</i>	<i>Trichotecium</i>
<i>Coprinus</i>	<i>Verticillium</i>
<i>Fomes</i>	<i>Zygorhynchus</i>

FUENTE: ALEXADER (1980)

2.2.7.2. Microorganismos Eficientes (EM)

2.2.7.2.1. Origen de Microorganismos Eficientes (EM)

FUNDASES (2000) menciona que el EM, es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces).

La Tecnología de EM, Microorganismos Eficientes, fue desarrollada por el Doctor Teruo Higa, Ph. D, profesor de horticultura de la Universidad Ryukyus en Okinawa, Japón, como una opción viable y sostenible para la producción agrícola y animal dentro de los parámetros orgánicos y biológicos, que procuran un manejo razonable de los recursos, para no afectar el ambiente, así como para lograr productos de alta calidad con bajo costo.

2.2.7.2.2. Composición de EM

FUNDASES (2000) afirma que la base de EM es la mezcla de diferentes tipos de microorganismos todos ellos benéficos, que poseen propiedades de fermentación, producción de sustancias bioactivas, competencia y antagonismo con patógenos, todo lo cual ayuda a mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno, trayendo efectos positivos sobre la salud y bienestar del ecosistema.

Los Microorganismos Eficaces, EM son una mezcla de bacterias fotosintéticas o fototróficas (*Rhodospseudomonas spp.*), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp.*) y levaduras (*Saccharomyces spp.*) en concentraciones mayores a 100,000 unidades formadoras de colonias por mililitro de solución que se encuentran en estado de latencia y se conoce como EM-1.

SHINTANI y TABORA (2000) añaden que cuando los microorganismos eficaces incrementan su población hay un aumento en la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales, suprimiendo microorganismos patógenos, y estos a su vez necesitan alimento, agua y un medio para vivir y desarrollarse.

2.2.7.2.3. EM-Compost

BIOEM (s/f) menciona que es un cultivo mixto de microorganismos benéficos de origen natural; su contenido no afecta al ambiente ni a la salud de las personas o animales que se encuentre en contacto con él.

- Mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo y la supresión de enfermedades.
- Acelera la descomposición de la materia orgánica.
- Incrementa la calidad nutricional y biológica de los abonos orgánicos.
- Reduce los malos olores y la presencia de moscas en las granjas, previniendo enfermedades en los animales.

2.2.7.2.4. Bacterias Ácido-Lácticas

SANGAKKARA (1999) considera de que las bacterias ácido lácticas transforman los azúcares en ácido láctico, además otros carbohidratos producidos por las bacterias fotosintéticas y las levaduras; y en condiciones anaeróbicas descomponen las proteínas en aminoácidos.

Además, fragmentan los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando estos materiales sin causar influencias negativas en el proceso.

2.2.7.2.5. Bacterias Fototrópicas

MOA (1998) afirma que son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las raíces.

2.2.7.2.6. Levaduras

Las levaduras producen sustancias bioactivas como hormonas y enzimas, para promover la división celular activa. Estas sustancias son útiles para la reproducción de otros microorganismos eficaces como las bacterias ácido lácticos.

2.2.7.3. Cómo Funciona el EM

HIGA (2002) afirma que el EM, debido a la presencia de bacterias fotosintéticas en su composición, tiene la propiedad de neutralizar los malos olores y prevenirlos. Las bacterias fotosintéticas transforman las sustancias que producen olores desagradables (metano, mercaptano, ácido sulfhídrico, amoníaco, etc.) en ácidos orgánicos que no producen mal olor y que no son nocivos para el hombre. En ese sentido se puede emplear el EM en graseras, baños, cocinas, habitaciones con olor a humedad o a humo de tabaco,

zapatos, ropas y en lugares ocupados por animales domésticos, perros u otros animales, etc.

Los Lacto bacilos o bacterias ácido lácticas producen sustancias que aceleran la descomposición de la materia orgánica, por lo cual el EM permite reducir el período de compostaje. Estos microorganismos además producen sustancias que ayudan a controlar algunos patógenos que atacan a las plantas.

Las levaduras por su parte producen sustancias que actúan como hormonas naturales y que promueven el crecimiento y el desarrollo de las plantas.

El EM induce a que la materia orgánica se descomponga rápidamente por la vía de la fermentación y no de la putrefacción. Dado que las moscas prefieren esta última para desarrollarse, el empleo de EM reduce la población de moscas. El EM posee la ventaja con respecto a los insecticidas que es totalmente seguro y no tiene ningún tipo de riesgo de intoxicación, lo que lo hace especialmente conveniente para aquellos locales donde se manipulan alimentos o donde frecuentan los niños o personas irresponsables.

2.2.7.4. Importancia de los Microorganismos Eficientes (EM-Compost)

HIGA (1991) manifiesta que ayuda al proceso de descomposición del material orgánico, pero, para alcanzar el efecto positivo deseado es importante considerar la escala de las operaciones y las condiciones locales, sin olvidar que la solución básica a los problemas de contaminación, radican en la creación de un sistema fácilmente adaptable al quehacer de la agronomía.

- Acelera la descomposición de la materia orgánica.
- Mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

- Reduce los problemas de sanidad en el suelo
- Reduce las poblaciones de nematodos y patógenos en el suelo.
- Incrementa la calidad nutricional y biológica del compost.
- Reduce los malos olores y la presencia de moscas en las granjas, previniendo enfermedades en los animales.

2.2.8. La Melaza de Caña de Azúcar

SWAN y KARALAZOS (1990) definen como miel final o melaza (no cristalizable) al jarabe o líquido denso y viscoso, separado de la misma masa cocida final y de la cual no es posible cristalizar más azúcar por métodos usuales.

2.2.8.1. Composición Química de la Melaza

CUADRO N° 8. Composición de la melaza de caña de azúcar

COMPONENTES	CONSTITUYENTES	CONTENIDO (P/P)
Componentes Mayores	Materia seca	78%
	Proteínas	3%
	Sacarosa	60 - 63% p/p
	Azúcares reductores	3 - 5% p/p
	Sustancias disueltas (diferentes azúcares)	4 - 8% p/p
	Agua	16%
	Grasa	0,40%
	Cenizas	9%
Contenido de Minerales	Calcio	0,74%
	Magnesio	0,35%
	Fósforo	0,08%
	Potasio	3,67%
Contenido de Aminoácidos	Glicina	0,10%
	Leucina	0,01%
	Lisina	0,01%
	Treonina	0,06%
	Valina	0,02%
Contenido de Vitaminas	Colina	600 ppm
	Niacina	48,86 ppm
	Acido pantoténico	42,90 ppm
	Piridoxina	44 ppm
	Riboflavina	4,40 ppm
	Tiamina	0,88 ppm

FUENTE: TELLEZ (2004) y YEPEZ (1995)

2.2.8.2. Microorganismos de la Melaza

ARIZA y GONZÁLEZ (1997) señalan que mediante ensayos adecuados con soluciones diluidas de melazas, se ha demostrado que éstas, a pesar de su bajo contenido de fósforo, constituyen un buen medio nutritivo para muchos microorganismos, tales como levaduras, hongos y bacterias.

Se considera importante la presencia de microorganismos mesófilos y termófilos dentro de la melaza. Los organismos mesófilos se desarrollan bien durante la dilución de las melazas.

2.2.8.3. Aprovechamiento de la Melaza

ARIZA y GONZÁLEZ (1997) afirman que la melaza ha sido suministrada al ganado de carne y de leche por muchos años, principalmente como aditivo para incrementar la gustosidad o facilitar la reducción a comprimidos de las raciones convencionales mezclados en seco.

También ha sido utilizado como vehículo en varios tipos de alimentos líquidos; como suplemento para el ganado en pastoreo solo o adicionado con otros componentes como urea y ácido fosfórico. Igualmente ha sido común como ingrediente alimenticio para pollos y cerdos, en donde constituye un subproducto de primer orden para su alimentación, ya que puede ser utilizada a niveles hasta de 40%, logrando alimentación adecuada en los animales.

Por otro lado, se usa como fertilizante para suelos, mezclada con bagazo y otros componentes, en casos especiales de abundancia. Los diferentes usos de la melaza se resumen en cuadro 9.

CUADRO N° 9. Aprovechamiento de la Melaza de Caña

UTILIZACIÓN	GENERALIDADES
Alimentos	Alimentación rica
Animales	Alimentación menos rica: desecados sobre pulpas, mezcla con diversos alimentos, pulverizados de forrajes, suplemento de ensilajes.
Recuperación de líquidos desazucarados	Vinazas para la obtención de ácido glutámico. Lejías finales como alimento animal y para la obtención de aminoácidos.
Fermentación	Levaduras para panificación. Levaduras para alimentación humana y animal: aditivo para piensos, extractos e hidrolizados de levadura, fuente de enzimas, vitaminas y ácidos nucleicos. Además es el sustrato utilizado en la producción de proteína unicelular. Grasas de levadura. Alcohol etílico. Productos colaterales de fermentación alcohólica

FUENTE: ARIZA y GONZÁLEZ (1997)

2.2.9. Definición de Términos

- **Compost:** Proceso biológico controlado de transformación de la materia orgánica a humus a través de la descomposición aeróbica.
- **Residuos Orgánicos:** Restos de plantas y tejidos animales sin descomponer y sus productos de descomposición parcial.
- **Descomposición de Residuos:** Es la acción de separar las diversas partes que forman restos de plantas y tejidos animales.
- **Tasa de descomposición:** Es una medida o regla que nos indica qué parte, qué porción se toma de una cantidad, de la muestra en descomposición.
- **Abono Orgánico:** Se entiende por abono orgánico todo material de origen orgánico utilizado para fertilización de cultivos o como mejorador de suelos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. **Ámbito de Investigación**

Distrito : Independencia

Provincia : Huaraz

Región : Ancash

3.2. **Duración de Investigación**

Fecha de Inicio : 20 de Agosto del 2015

Fecha de Término : 21 de Octubre del 2015

3.3. **Materiales**

- | | | |
|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| • Bidón | Insumos | • USB |
| • Probeta | • Microorganismos
Eficientes (EM) | • Materiales de impresión |
| • Bolsa de polietileno | • Melaza | • Calculadora |
| • Bolsas de velo | • Paja de trigo | • Cuaderno de apuntes |
| • Plástico | • Compost de vacuno | Equipos |
| • Barreta | • Agua destilada | • Cámara fotográfica |
| • Lampa | Materiales de Escritorio | • Termómetro |
| • Pico | • Lápiz | • Laptop |
| • Madera | | |

3.4. Metodología

3.4.1. Tipo de Investigación

La investigación fue Experimental y aplicada.

3.4.2. Diseño de la Investigación

El diseño experimental utilizado fue el Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, para la comparación de medias se realizaron la prueba de Duncan (0.05).

3.4.3. Universo o Población

Corresponde a la paja de trigo.

3.4.4. Muestra

La muestra fue 20 gr de paja de trigo en cada repetición por tratamiento.

3.4.5. Tratamientos

En el cuadro N° 10 se observan los tratamientos empleados durante el desarrollo de la investigación.

CUADRO N° 10. Tratamientos empleados en el estudio del efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la paja de *Triticum ssp.*

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	ADICIÓN	CONCENTRACIÓN
T0	Agua Destilada (Testigo)	100 ml	—
T1	Melaza	100 ml	m/v: 50 g/L
T2	EM-COMPOST	100 ml	v/v: 56 ml/L
T3	T1(50%)+T2(50%)	100 ml	—

3.4.6. Características del Experimento

- Número de Repeticiones : 4
- Número de Tratamientos : 4
- Ancho de la bolsa : 8"
- Altura de la bolsa : 14"
- N° de bolsas/Tratamiento : 4
- N° total de bolsas : 16
- Ancho de la cama : 85.5 cm
- N° de muestras/bolsa : 1
- Área total del experimento : 1.026 m².

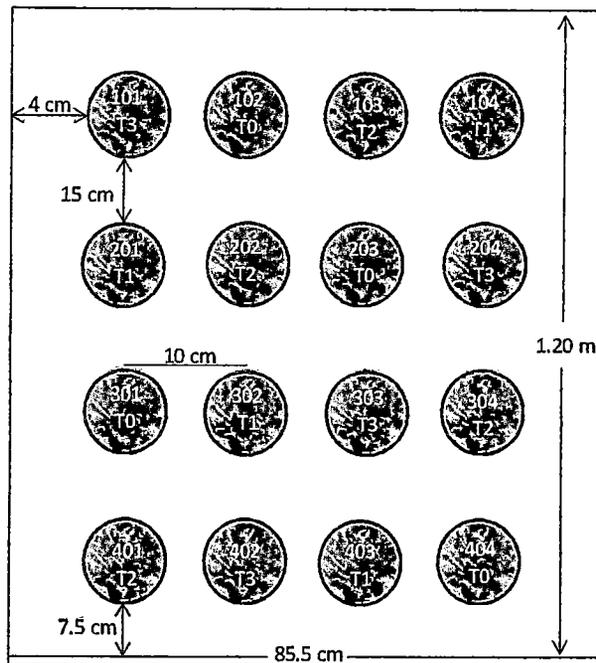
3.4.7. Randomización de Tratamientos al Azar

CUADRO N° 11. Randomización de los tratamientos.

REPETICIÓN	TRATAMIENTOS			
R1	101 T3	102 T0	103 T2	104 T1
R2	201 T1	202 T2	203 T0	204 T3
R3	301 T0	302 T1	303 T3	304 T2
R4	401 T2	402 T3	403 T1	404 T0

3.4.8. Croquis del Experimento

Grafica N° 1. Croquis del Experimento



3.4.9. Método

3.4.9.1. Trabajo Preliminar

3.4.9.1.1. Recolección de Muestra

La paja de trigo se recolectó en la época de la cosecha de trigo en el mes de Julio del centro poblado de Marian, del mismo modo se recogió el compost de vacuno del IIASAM-TINGUA, para poder realizar la investigación.

3.4.9.1.2. Activación de Microorganismos Eficientes (EM)

Como los microorganismos presentes en la tecnología EM están en estado de latencia y deben activarse antes de usar, de la siguiente manera:

- Mezclar 1 litro de melaza en 18 litros de agua limpia sin cloro y agregar 1 litro de EM-Compost.
- Colocar la mezcla en un bidón limpio y cerrarlo herméticamente (sin aire).
- Dejar reposar por 5 a 7 días en un ambiente bajo sombra.

3.4.9.2. Procedimiento

En la investigación realizada los tratamientos fueron: T0-adición de 100 ml de agua destilada (testigo); T1 –adición de 100 ml de solución de melaza (concentración m/v: 50 g/L); T2 –adición de 100 ml de una solución con microorganismos eficientes (concentración v/v: 56 ml/L) y T3 –adición de 100 ml de una mezcla de T1 (50%) y T2 (50%).

Las unidades experimentales fueron bolsas negras de polietileno con capacidad de 1 kg, en las cuales se depositaron 500 gramos de un abono orgánico tipo compost, proveniente de bovinaza. Se adicionaron 20 gramos de material de paja de trigo.

La paja de trigo se introdujo en bolsas porosas, y se extrajo semanalmente una muestra de cada tratamiento, la cual se llevó a la estufa para determinar su peso seco. Las variables de respuesta fueron el peso seco semanal de las muestras, la tasa de descomposición del material de paja de trigo y el porcentaje de descomposición al final del ensayo.

Para el cálculo del porcentaje de humedad de la muestra de paja de trigo (HT), se usó la ecuación 1; para el cálculo de la tasa de descomposición promedia (TDP) se utilizó la ecuación 2, y para estimar el porcentaje de descomposición de la hoja al final del ensayo (PDFE), se empleó la ecuación 3.

ECUACIÓN N° 1. Porcentaje de Humedad (HPT)

$$= \frac{\text{Peso Húmedo (gr)} - \text{Peso Seco (30 °C)}}{\text{Peso Húmedo (gr)}} \times 100$$

ECUACIÓN N° 2. Tasa de Descomposición Promedia (TDP)

$$= \frac{\sum_{i=1}^8 |p_i - p_{i-1}|}{8}$$

Donde p_i es el peso seco (gr) de la muestra extraída en la semana i y 8 el número de semanas del ensayo.

ECUACIÓN N° 3. Porcentaje de Descomposición de la Paja de Trigo (PD)

$$= \frac{\text{Peso seco inicial (gr)} - \text{peso seco al final del ensayo (gr)}}{\text{Peso seco inicial (gr)}} \times 100$$

CAPÍTULO IV

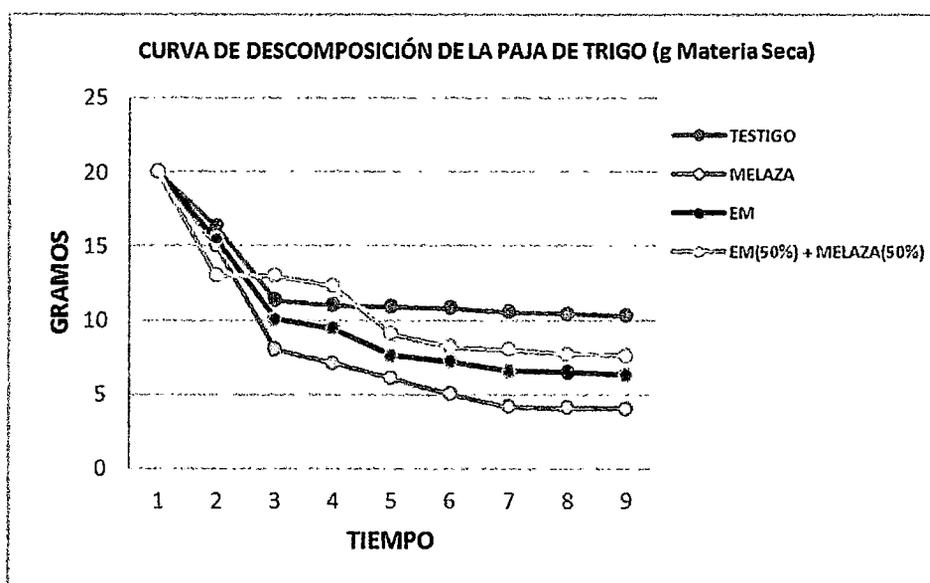
RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

En la investigación realizada el contenido promedio de humedad de la paja de trigo fue de 67%.

4.1.1. Curva de Descomposición de Paja de Trigo Durante un Periodo de 8 Semanas.

Grafica N° 2. Curva de descomposición de paja de *Triticum ssp*, (gr Materia seca), durante un periodo de 8 semanas (20 Agosto del 2015 – Octubre 21 del 2015), usando cuatro tratamientos: T0 (Testigo), T1 (Melaza), T2 (EM) y T3 (Melaza + EM).



La grafica N° 2, muestra la curva de descomposición de la paja de trigo (*Triticum ssp*), en donde se observa que en la primera semana el tratamiento T3 (EM50% + Melaza50%) presentó la mayor tasa de descomposición,

aunque entre las semanas 2 y 3 hubo un estancamiento, en comparación con los demás tratamientos. Esto se debe en parte a que los microorganismos eficientes toman los carbohidratos rápidamente degradables de los tejidos de la paja de trigo y la solución de melaza, y retrasan la degradación de las moléculas más estables.

El T0 (Testigo) fue el que presentó la descomposición más lenta, lo que muestra que la melaza, siendo un acelerador finito, permitió mayor velocidad de descomposición que los microorganismos eficientes.

4.1.2. Tasa de Descomposición de Paja de Trigo Después de 8 Semanas

CUADRO N° 12. Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab 0.05	SIG.
TRATAMIENTO	3	81.290	27.096707	442.076	3.49	*
ERROR	12	0.735530	0.0612942			
TOTAL	15	82.025651				

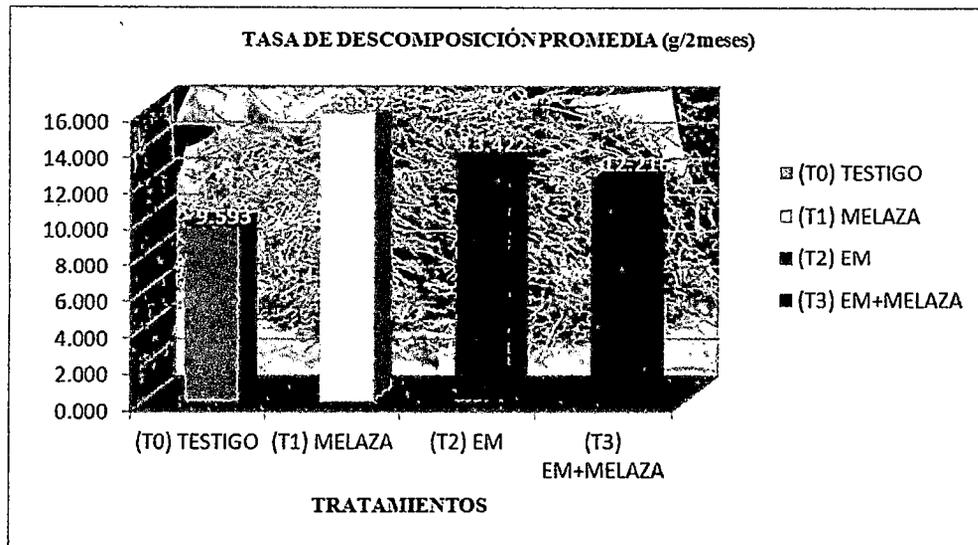
En el cuadro de análisis de varianza se encontró diferencias estadísticas significativas en la fuente de variación de tratamiento.

CUADRO N° 13. Prueba Estadística de Comparación Múltiple de Duncan.

ORD MER	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	SIGNIFICANCIA
I	MELAZA	15.852	A
II	EM	13.422	B
III	EM(50%)+MELAZA(50%)	12.216	C
IV	TESTIGO	9.593	D

En el cuadro N° 13, se observa que los tratamientos en estudio superan al testigo en valor promedio con respecto al descomposición de paja de trigo, siendo en primer lugar el T1 (Melaza), luego el T2 (EM) y T3 (Melaza + EM), estos tratamientos también difieren entre sí.

Grafica N° 3. Tasa de descomposición de paja de trigo (g/2meses), durante la investigación de 8 semanas. Tratamientos usados: T0 (Testigo), T1 (Melaza), T2 (EM) y T3 (Melaza + EM). Prueba de Duncan (0.05).



La grafica N° 3, muestra la tasa de descomposición promedia de los restos de paja de trigo en todos los tratamientos. Se observa que el tratamiento T1 (Melaza) obtuvo la mayor tasa de descomposición (15.852 g/2meses), seguido de los tratamientos T2 (13.422 g/2meses), T3 (12.216 g/2meses) y por último el T0 (9.593 g/2meses); donde hubo diferencias estadísticas significativas (0.05) entre ellos.

La tendencia indica que el uso de carbohidratos rápidamente disponibles, permite un ligero incremento en la velocidad de descomposición de los restos, y que la adición de los microorganismos eficientes en un ambiente diferente, retarda un poco el proceso.

El testigo (T0), mostró una tasa baja de descomposición, sin embargo, cabe destacar que el compost y la paja de trigo existe gran diversidad de microorganismos que de una u otra forma ayudan al proceso.

4.1.3. Porcentaje de Descomposición de los Restos de Paja de Trigo al Final de 8 Semanas.

CUADRO N° 14. Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab 0,05	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTO	3	2032.253017	677.41767	442.076	3.49	*
ERROR	12	18.388256	1.5323547			
TOTAL	15	2050.641273				

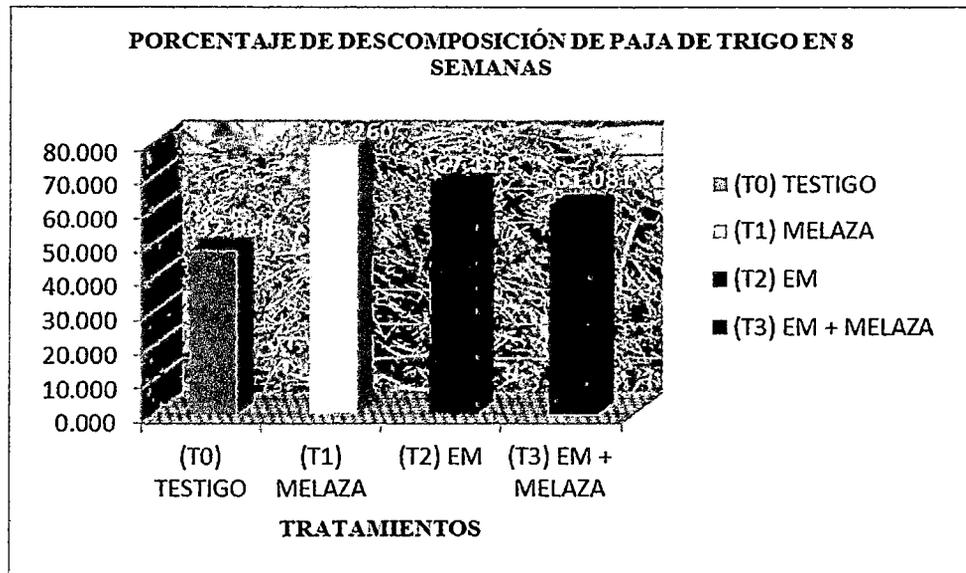
En el cuadro de análisis de varianza se encontró diferencias estadísticas significativas en la fuente de variación tratamiento.

CUADRO N° 15. Prueba Estadística de Comparación Múltiple de Duncan.

ORD MER	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	SIGNIFICANCIA
I	MELAZA	79.260	A
II	EM	67.111	B
III	EM(50%)+MELAZA(50%)	61.081	C
IV	TESTIGO	47.966	D

En el cuadro N° 15, se observa que los tratamientos en estudio superan al testigo en valor promedio con respecto al descomposición de paja de trigo, siendo en primer lugar el T1 (Melaza), luego el T2 (EM) y T3 (Melaza + EM), estos tratamientos también difieren entre ellos.

Gráfica N° 4. Porcentaje de descomposición de los restos de la paja de trigo al final de las ocho semanas del experimento. Tratamientos usados: T0 (Testigo), T1 (Melaza), T2 (EM) y T3 (Melaza + EM). Prueba de Duncan (0.05).



La grafica N° 4, indica los porcentajes de descomposición de los restos de la paja de trigo en cada uno de los tratamientos durante las 8 semanas de investigación. Donde existieron diferencias significativas (0.05) entre los tratamientos. Se observa que el tratamiento T1, en el que se usó la adición de melaza, obtuvo un mayor porcentaje de descomposición (79.260%), el cual fue 31.294% mayor que el testigo. Esto podría indicar que la melaza activa los microorganismos presentes en el compost y la paja de trigo, generando una mayor eficiencia del proceso.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los resultados demuestran que la melaza es un acelerador de la descomposición de paja de trigo, pues muestran una marcada influencia en la tasa de descomposición inicial de dichos residuos, pero una vez consumidos los carbohidratos que la constituyen, la tasa de descomposición se disminuye gradualmente.
- Los Microorganismo Eficientes (EM), en la descomposición de la paja de trigo es menos eficiente que la melaza, debido a que la lentitud de adaptación al ambiente y escasa contenido de nitrógeno en la paja de trigo, como acelerador infinito de los restos de paja de trigo, debe ser evaluado en diferentes estratos ecológicos y la calidad de materia orgánica.
- El porcentaje de descomposición de paja de trigo, durante 8 semanas de evaluación, alcanzó hasta 79% en la descomposición con el tratamiento T1 (Melaza), esto podría indicar que la melaza activa los microorganismos presentes en el compost y la paja de trigo, generando una mayor eficiencia en el proceso, seguido por el tratamiento T2 (EM) con 67%, luego por T3 (EM + Melaza) con 61% y T0 (Testigo) con el 47.9% en la descomposición.
- Los resultados del estudio demuestra el potencial de restos de paja de trigo como elementos para el mantenimiento y/o mejoramiento del capital biofísico en el sistema productivo del trigo.

5.2. Recomendaciones

- La relación de carbono/nitrógeno es muy importante para los microorganismos ya que necesitan alto contenido nitrógeno para síntesis de proteínas, en la investigación se trabajó con la paja de trigo lo cual tiene poco contenido de nitrógeno, esto implica a la utilización de compost de bovinasa o productos ricos nitrógeno, para ayudar la descomposición.
- En la zona rural del departamento de Ancash, los productores de trigo, disponen de paja de trigo para el ganado como heno en pequeñas cantidades, para la elaboración de adobe, construcción con tapial, la mayor parte se destina a la quema, utilizan poco para materia orgánica por lenta descomposición, en efecto la investigación es una alternativa al deficiente utilización de paja de trigo. Se recomienda emplear melaza como acelerador de la descomposición por ser muy económico.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, E. (2002). Sistema de labranza y sustentabilidad agrícola en cultivos Anuales.

ACEVEDO, E. (2003). Sustentabilidad en cultivos anuales: cero labranza, manejo de rastrojos. Santiago, Chile: LOM.

AGRICULTURA, M. d. (2013).

ALEXANDER, D. (1999). Bacteria and archaea. In: Principles and applications of soil microbiology. prentice Hall. New Jersey, USA: Upper Saddle River.

ALEXANDER, M. (1980). Introducción a la Microbiología de suelo. México: AGT.

ALEXANDER, M. (s.f.). Introduction to soil microbiology. New York: Wiley.

ARIZA, B., & GONZALES, L. (1997). Producción de proteínas unicelular a partir de levaduras y melaza de caña como sustrato, Tesis de pregrado Bacteriología. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Bacteriología. Bogotá, Colombia.

ARIZA, B., & GONZALES, L. (1997). Producción de proteínas unicelular a partir de levaduras y melaza de caña de azúcar como sustrato. Tesis de pregrado Bacteriología. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Bacteriología. Bogotá, Colombia.

AVILÉS, H. (2004). Las siembras del futuro. Agrogestión.

COLLINS, H., ELLIOT, L., RICKMAN, R., BEZDICEK, D., & PAPENDICK, R. (s.f.). Decomposition and interactions among wheat residue components. Soil Science Society of American Journal.

(CORPONOR), C. A. (1998). Efectos del fuego en los recursos naturales y quemadas agrícolas controladas.

CROVETTO, C. (1992). Rastrojos sobre el suelo, una introducción a la cero labranza. Santiago, Chile: Universitaria.

CRUZ, M. (2000). Elaboración de EM Bocashi y su evaluación en el cultivo de maíz. Tesis Ing. Agr. Loja, Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Agrícolas.

CURTIN, D., WANG, H., SELLES, F., McCONKEY, B., & CAMPBELL, C. (2000). Tillage effects on carbon fluxes in continuous wheat and fallow-wheat rotations. Soil Science Society of American Journal.

DEACON. (1988). Introducción a la micología moderna. Mexico: Limusa S. A. de C. V.

DELGADO, K. (2003). Uso alternativo de residuos de caña de azúcar para la obtención de espumas rígidas de poliuretano. Tesis Profesional. Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela de Química. Costa Rica: Heredia.

DICKINSON, C. (1974). Decomposition of litter in soil. In: Biology of plant litter decomposition (Vol. 2º). London: Academic Press.

FAIGUENBAUM, H. (2003). Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Santiago, Chile: Vivaldi.

FAMA. (s.f.). La Importancia de la Materia Orgánica. Fundación Agricultura y Medio Ambiente.

FENGEL, D., & WEGENER, G. (1983). Wood chemistry ultrastructure reactions. Walter Gruyter & Co. Berlín, Alemania.

FLAIG, W., NAGAR, B., SÖCHTING, H., & TIETJEN, C. (1977). Organic materials and soil productivity. Food and Agriculture Organization of the United States (Vol. 35). Roma, Italia.

FOGARTY, W., & KELLY, C. (1990). Microbial enzymes and biotechnology. Department of Industrial Microbiology. London, England.

FUNDASES. (2000). EM-Microorganismos Eficientes.

GARCIA, V. (2003). Evaluación de un modelo predictivo sobre el efecto de la temperatura y humedad en la descomposición de rastrojo de trigo. Agricultura Técnica.

GOH, K. M., & KUMAR, K. (2000). Crop Residues and Management Practices: Effects on Soil Quality, Soil Nitrogen Dynamics, Crop Yield and Nitrogen Recovery. *Advances in Agronomy*.

HALTENHOFF, H. (2005). Manual de efectos del Fuego y Evaluación de Daños. uso y manejo de fuego en áreas agrícolas y forestales del departamento de Petén. Proyecto FAO TCP/GUA/2903.

HAMMEL, K. (1997). Fungal degradation of lignin. In: *Driven by nature: plant litter quality and decomposition*. London, England: Cabi.

HARTEL, P. (1999). The soil habitat. In: *Principles and applications of soil microbiology*. Prentice Hall. New Jersey, USA: Upper Saddle River.

HEAL, O., ANDERSON, J., & SWIFT, M. (1997). Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In: *Driven by nature: plant litter quality and decomposition*. London, England: CABI.

HIGA, T. (1991). Studies on purification and recycling of animal waste using effective microorganisms (EM). Okinawa, Japón: University of Ryukyus.

HIGA, T. (2002). Una revolución para salvar la tierra. Okinawa, Japón.

HOFRICHTER, M., VARES, T., KALSI, M., GALKIN, S., SCHEIBNER, K., FRITSCH, W., y otros. (1999). Production of manganese peroxidase and organic acids and mineralization of C-labelled lignin (C-DHP) during solid-state fermentation of wheat straw with the white rot fungus *Nematoloma frowardii*. *Applied and Environmental Microbiology*.

HOSENEY, R. (1986). Principles of cereal Science and technology. American association of Cereal Chemists. Minnesota, USA.

JENKINSON, D. S. (1992). La materia Orgánica y su dinámica. Capítulo 18. En wild, A. (Ed) *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell* (Vol. 11ava Edición). Madrid, España: Mundi-Prensa.

JENKINSON, D. S. (1992). La materia Orgánica y su dinámica. En wild, A. (Ed) Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell (11° ed., Vol. 18). Madrid, España: Mundi-Prensa.

KIRK, T., HIGUCHI, T., & CHANG, H. (s.f.). Lignin biodegradation: microbiology, chemistry, and potential application. Florida, United States: C.R.C Press Inc.

LINDH, D. (2004). Degradación de paja de trigo adicionada de una fuente de carbono o nitrógeno por tres cepas de hongos. Tesis Licenciado en Agronomía, Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Chile.

MARTINEZ, F. (2002). Gestión y tratamiento de residuos agrícolas. Infoagro.

MATURANA, M., & ACEVEDO, E. (2003). Cambios en la fertilidad del suelo asociados a cero labranza. Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta. Santiago: Universidad de Chile.

MATUS, F. (1994). Crop residue decomposition, residual soil organic matter and nitrogen mineralization in arable soil with contrasting textures. Instituut voor Agrobiologisch.

MAUZ, F. P. (2006). Microorganismos Efectivos. La solución ideal para el medio ambiente. (M. L. Schicht, Trad.) RBA libros Barcelona.

(MINAGRI), M. D. (2014). Anuario Producción Agrícola.

MOA (Fundación Mokichi Okada, B. (1998). Microorganismos eficaces (EM) y EM Bokashi en la agricultura natural. Sao Paulo, BR, Centro de Pesquisa.

PALOMINO, A. (2003). Desarrollo Endógeno Agropecuario. Nueva Biblioteca del Campo. Abonos y lombrices. Hogares Juveniles Campesinos (Marcela Ramírez-Aza ed.). Bogotá, Colombia.

PANKHURST, C., DOUBE, B., & GUPTA, V. (1997). Biological indicators of soil health. Nueva York, USA: CAB International.

PAUL, E., & CLARK, F. (1996). Soil microbiology and biochemistry (2° ed ed.). San Diego, CA., USA: Academic Press.

Pistorius, S. A. (Mayo de 2003). Revista de información y asistencia técnica al productor agropecuario. *El Productor*, 37.

RAMÍREZ, R., & RESTREPO, T. (2007). Evaluación de la aplicación de abono tipo bocashi en las propiedades físicas de un suelo negro - lado del municipio de Marinilla. Antioquia. Proexant.

RODRIGUEZ. (1993). La fertilización de los cultivos, un Método racional. Santiago: Universidad Católica de Chile.

SALAZAR SOSA, E., FORTIS HERNÁNDEZ, M., VÁZQUEZ ALARCÓN, A., & VÁZQUEZ VÁZQUEZ, C. (2003). Agricultura orgánica. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo, COCYTED. ISBN: 968-6404-63-5. Mexico.

SANGAKKARA, U. R. (1999). Guidelines for practical use In: *Kyusei Nature Farming and the technology of effective microorganisms Manual*. Bangkok, TH.: Apanan.

SCHINTZER, M., & KHAN, S. (1978). *Soil organic matter*. Amsterdam: Elsevier.

SHINTANI, M., & TABORA, P. (2000). *Abonos orgánicos*. Universidad EARTH. Guácimo, Limón. Costa Rica.

SINGH, J., & GUPTA, S. (1977). Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. *The Botanical Review*.

SMITH, O. (1982). *Soil Microbiology: a model of decomposition and nutrient cycling*. Florida, United States.

SMITH, O. L. (1982). An analytical model of decomposition of soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.*

SOTO, G., LUNA, P., WAGGER, M., SMYTH, T. J., & ALVARADO, A. (s.f.). *Descomposición de residuos de cosecha y liberación de nutrimentos en plantaciones de palmito en Costa Rica*. Costa Rica: Agronomia Costarricense.

STOTZKY, G. (1974). Activity, ecology, and population dynamics of microorganisms in soil. In: *Microbial ecology*. Cleveland, Ohio, USA: C.R.C. Press.

STOTZKY, G. (1974). Activity, ecology, and population dynamics of microorganisms in soil. In: Microbial ecology. Cleveland, Ohio, USA: C.R.C. Press.

SWAN, H., & KARALAZOS, A. (1990). Las melazas y sus derivados. Revista Tecnología, 19, 78-82.

SYLVIA, D., FUHRMANN, J., HARTEL, P., & ZUBERER, D. (1999). Principles and applications of soil microbiology. Prentice Hall. Upper Saddle River. New Jersey, USA.

SZTERN, D., & PRAVIA, M. (2004). Manual para la elaboración de Compost, bases conceptuales y procedimientos.

TELLEZ, D. (2004). Caracterización de las melazas empleados en el proceso fermentativo de la destilería San Martín-Industria de licores del valle. Universidad del valle. Tesis pregrado Bacteriología. Facultad de Salud. Escuela de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Santiago de Cali, Colombia: Cali.

URBANO, P. (1989). Tratado de fitotecnia general. Madrid, España: Mundi Prensa.

VERBERNE, E., HASSINK, J., DE WILLIGEN, P., GROOT, J., & VAN VEEN, J. (1990). Modeling organic matter dynamics in different soils. Netherlands Journals of Agricultural Science.

WAGNER, G., & WOLF, D. (s.f.). Carbon transformations and soil organic matter formation. In: Principles and applications of soil microbiology. Prentice Hall. New Jersey, USA: Upper Saddle River.

WILLIAMS, S., & GRAY, T. (1974). Decomposition of litter on the soil surface. In: Biology of plant litter decomposition (Vol. 2°). London: Academic Press.

YEPEZ, Y. (1995). Selección de una cepa de *saccharomyces cerevisiae* con alta productividad de etanol y que tolere mayores niveles de azúcar que los usados en la planta Alcoquímica sucromiles S. A. Tesis de maestría. Pontificia universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia.

<http://www.ciademelazas.com/Utilidadm.asp>

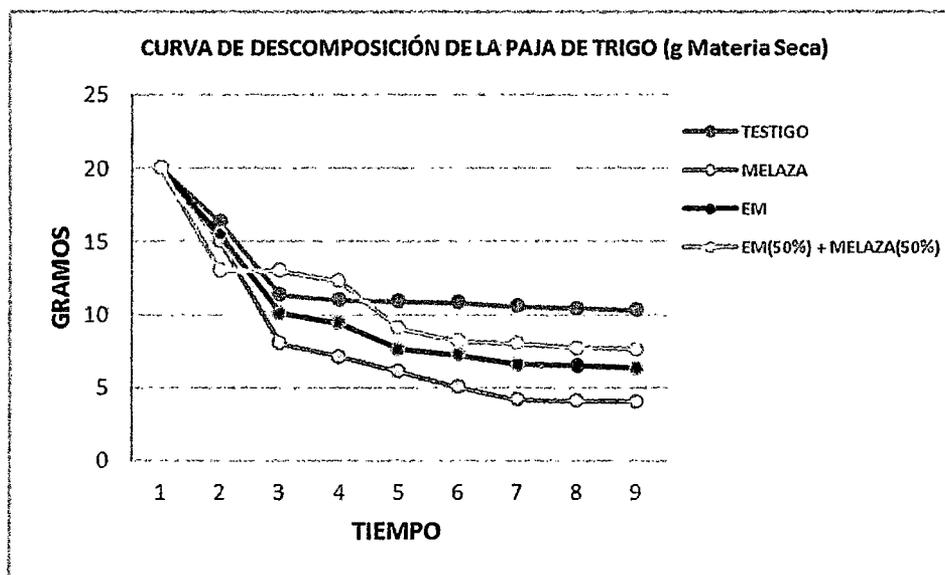
http://www.em-la.com/archivos-de_usuario/base_datos/determinacion_del_potencial_n.pdf

ANEXOS

Anexo N° 1. Datos reales de la descomposición de la paja de trigo durante 8 semanas (Agosto 20 del 2015 – Octubre 21 del 2015), usando cuatro tratamientos: T0 (Testigo), T1 (Melaza), T2 (EM) y T3 (EM + Melaza).

SEMANAS	TIEMPO	TESTIGO	MELAZA	EM	EM(50%) + MELAZA(50%)
		20	20	20	20
1		16.337	15.025	15.436	13.020
2		11.325	8.011	10.071	12.999
3		11.001	7.123	9.412	12.301
4		10.896	6.089	7.637	9.064
5		10.815	5.061	7.232	8.203
6		10.541	4.185	6.562	8.011
7		10.403	4.102	6.500	7.711
8		10.305	4.032	6.322	7.621

Gráfica del Anexo N° 1. Curva de descomposición de la paja de trigo (g Materia seca), durante un periodo de 8 semanas (Agosto 20 del 2015 – Octubre 21 del 2015), usando cuatro tratamientos: T0 (Testigo), T1 (Melaza), T2 (EM) y T3 (EM + Melaza).

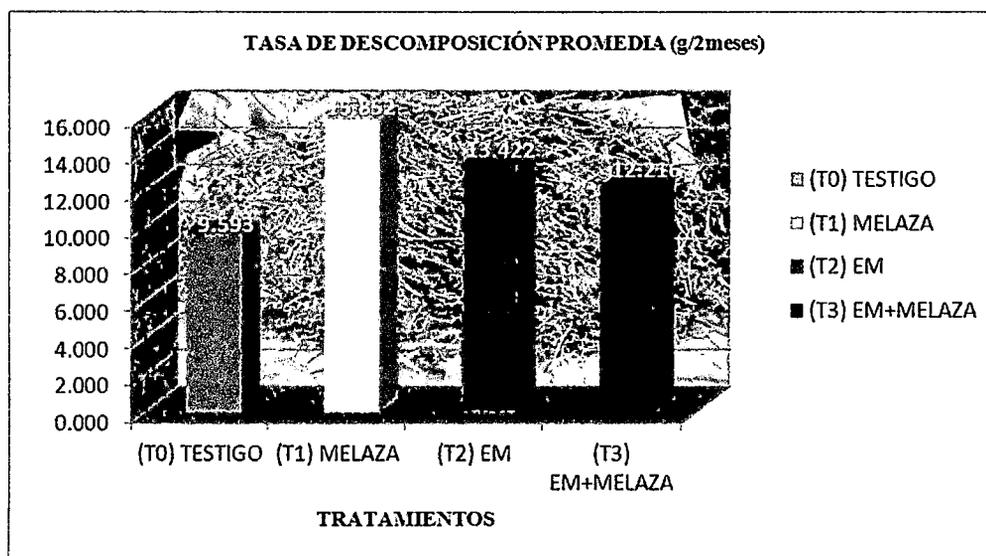


Anexo N° 2. Tasa de descomposición de paja de trigo (g/2meses), durante la investigación de 8 semanas. Tratamientos usados: T0 (Testigo), T1 (Melaza), T2 (EM) y T3 (Melaza + EM).

REPETICIÓN	TRATAMIENTO				TOTAL
	T0	T1	T2	T3	
	10.715	4.078	7.001	8.189	
1	9.285	15.922	12.999	11.811	50.017
	10.215	4.049	6.508	7.711	
2	9.785	15.951	13.492	12.289	51.517
	10.392	4.433	6.480	7.614	
3	9.608	15.567	13.520	12.386	51.081
	10.305	4.032	6.322	7.621	
4	9.695	15.968	13.678	12.379	51.720
TOTAL	38.373	63.408	53.689	48.865	204.335
PROMEDIO	9.593	15.852	13.422	12.216	12.771

Los datos en dirección de cada repetición, son las transformaciones de la fórmula tasa de descomposición promedio.

Gráfica del Anexo N° 2.



ANÁLISIS DE VARIANCIA

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab 0.05	SIG.
TRATAMIENTO	3	81.290	27.096707	442.076	3.49	*
ERROR	12	0.735530	0.0612942			
TOTAL	15	82.025651				

CV= 1.94%

PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN (5%)

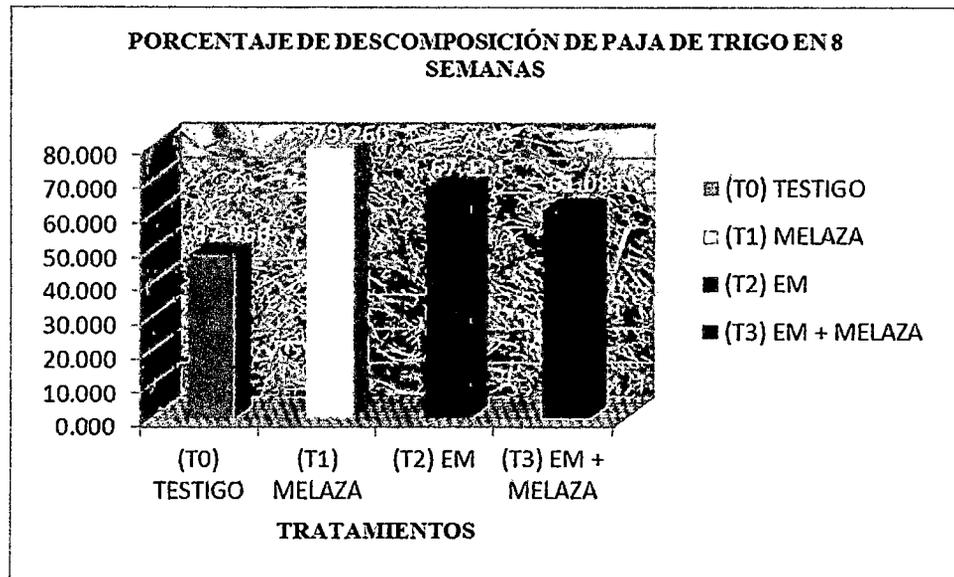
ORD MER	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	SIGNIFICANCIA
I	MELAZA	15.852	A
II	EM	13.422	B
III	EM(50%)+MELAZA(50%)	12.216	C
IV	TESTIGO	9.593	D

Anexo N° 3. Porcentaje de descomposición de los restos de la paja de trigo al final de las ocho semanas del experimento. Tratamientos usados: T0 (Testigo), T1 (Melaza), T2 (EM) y T3 (Melaza + EM).

REPETICIÓN	TRATAMIENTOS				TOTAL
	T0	T1	T2	T3	
	10.715	4.078	7.001	8.189	
1	46.425	79.610	64.995	59.055	250.085
	10.215	4.049	6.508	7.711	
2	48.925	79.755	67.460	61.445	257.585
	10.392	4.433	6.480	7.614	
3	48.040	77.835	67.600	61.930	255.405
	10.305	4.032	6.322	7.621	
4	48.475	79.840	68.390	61.895	258.600
TOTAL	191.865	317.040	268.445	244.325	1021.675
PROMEDIO	47.966	79.260	67.111	61.081	63.855

Los datos en dirección de cada repetición, son las transformaciones de acuerdo a la fórmula de porcentaje de descomposición.

Gráfica del Anexo N° 3.



ANALISIS DE VARIANCIA

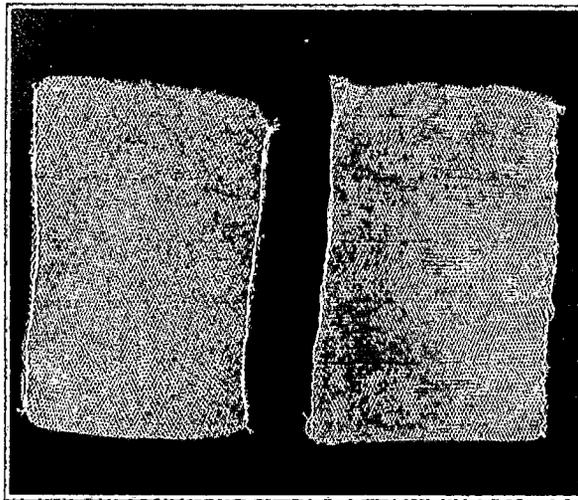
FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab 0.05	SIG.
TRATAMIEN	3	2032.253017	677.4176724	442.076	3.49	*
ERROR	12	18.388256	1.532354688			
TOTAL	15	2050.641273				

CV= 1.94%

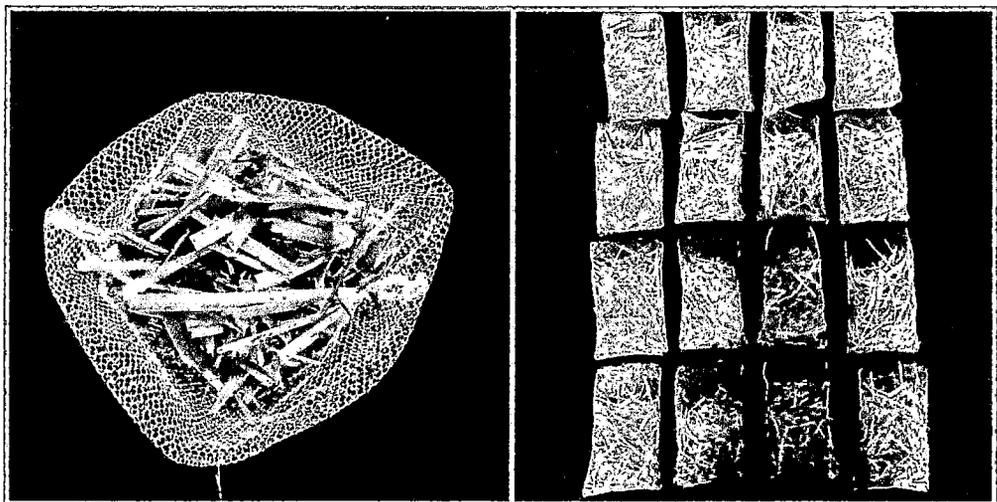
PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN (5%)

ORD MER	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	SIGNIFICANCIA
I	MELAZA	79.260	A
II	EM	67.111	B
III	EM(50%)+MELAZA(50%)	61.081	C
IV	TESTIGO	47.966	D

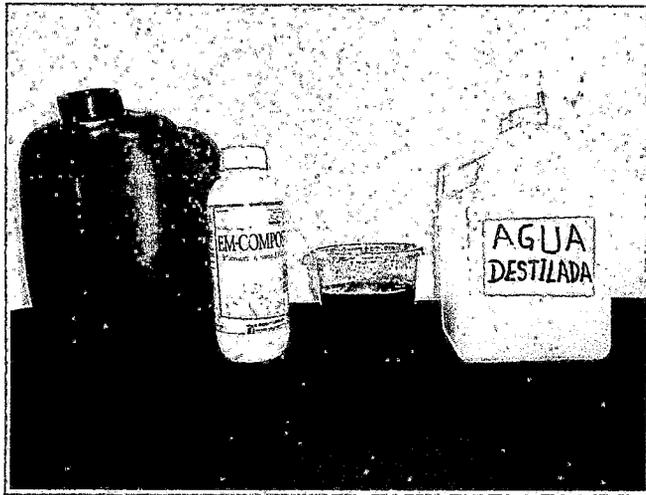
Anexo N° 4. Bolsa de velo contenedora



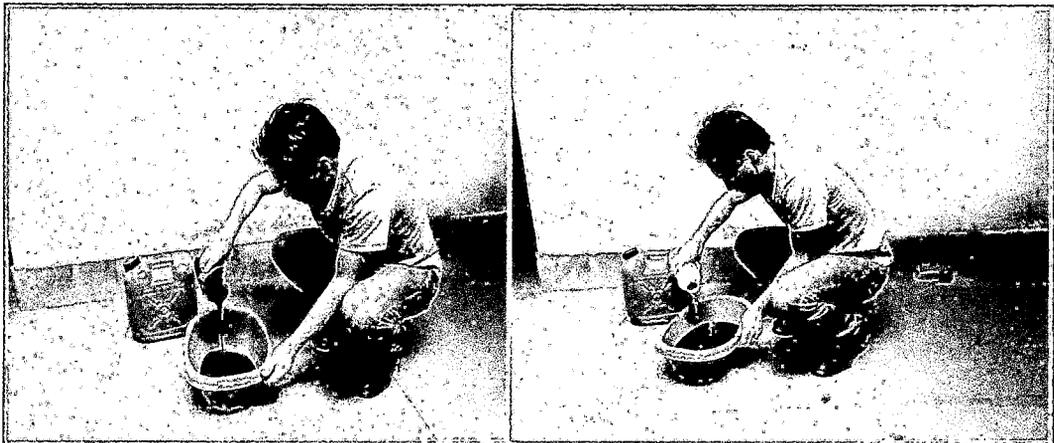
Anexo N° 5. Material de Paja de trigo



Anexo N° 6. Materiales e insumos para la mezcla



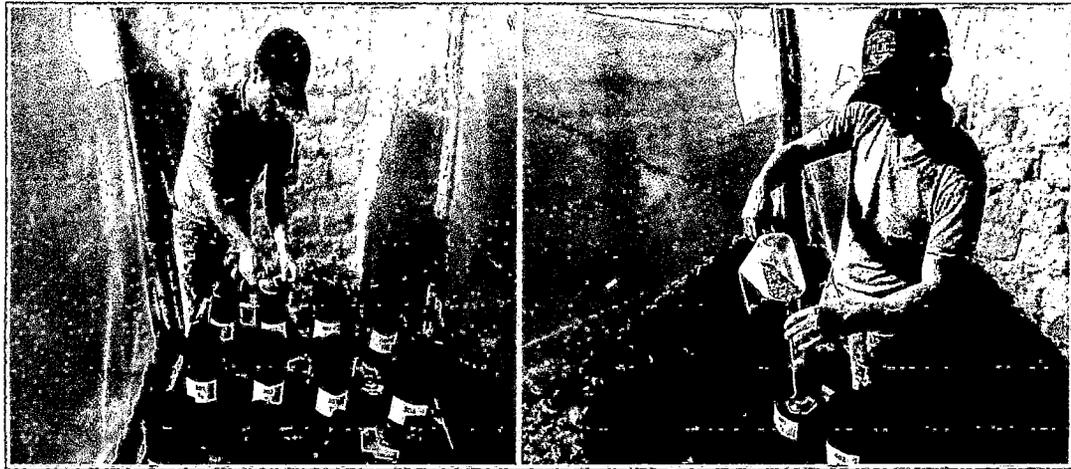
Anexo N° 7. Preparación de los tratamientos



Anexo N° 8. Instalación de las unidades experimentales



Anexo N° 9. Adición de la muestra y los tratamientos a las unidades experimentales.



Anexo N° 10. Secado y pesado de la muestra

