



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**“EVALUACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA EN
LA DESCOMPOSICIÓN DE LA CASCARILLA DE ARROZ (*Oryza
sativa*), EN VIVERO, CASERIO BELLO HORIZONTE, DISTRITO
BANDA DE SHILCAYO, REGIÓN SAN MARTÍN”**

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

LUZ MERCEDES DEL CARMEN FLORES GARCIA

PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL

SAN MARTIN – PERÚ

2017

DEDICATORIA

El siguiente trabajo de tesis está dedicado a mi Madre **Livith del Carmen García Panduro**, mis Hermanos **Juan flores García y Susan Prisy Flores García** que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica, para poder llegar a culminar mi tesis.

Así mismo, **INGENIERO Percy Díaz Chuquizuta** por el apoyo incondicional que me brindo día a día en el lapso de realización de mi tesis.

Luz Mercedes del Carmen Flores G.

AGRADECIMIENTOS

- El presente trabajo de tesis agradecer a Dios por bendecirme con mucha salud, lo cual me permitió llegar a cumplir este sueño tan anhelado.
- A Dios por tener a mi querida madre, ***Livith del Carmen García Panduro***, a quien dedico esta tesis, por estar siempre apoyándome en los momentos que la necesitaba.
- A la **UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS** por darme la oportunidad de estudiar y ser profesional.
- Al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (**IIAP**) y al Gerente Regional del IIAP SM el **Mg. Luis Alberto Arévalo López** por su apoyo durante el desarrollo de la tesis.
- Al director de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Alas Peruanas, **ING. Rolando Cárdenas Soto** por su paciencia y su motivación permitió que pueda culminar mis estudios con éxito.
- A mi coasesor de tesis, **ING. Percy Díaz Chuquizuta**, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación; fue de gran apoyo, permitiendo poder culminar con gran éxito mi tesis.
- A mis profesores quienes aportaron un granito de arena en mi formación profesional durante los 10 ciclos académicos, y mis Jurados: **ING. Fernando Vásquez Vásquez**, **Blgo. Henry Giovani Jave Concepción** e **ING. Rolando Cárdenas Soto**. Por su sabiduría, amistad y consejos lo cual permitió seguir adelante.
- De igual manera a las personas que han formado parte de mi vida profesional, a las que me encantaría agradecer su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles, quienes son: **John Villanueva**, **Carmen Arévalo**, **Emerson Amasifuentes** y **Manuel Torres**, darles las gracias por el apoyo incondicional.

Luz Mercedes del Carmen Flores G.

INDICE

PORTADA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMEINTOS	iii
INDICE	iv
Lista de Tablas	vi
Lista de Cuadros	vi
Lista de Gráficas	vi
Lista de figuras	vii
Lista de anexos	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	x
CAPITULO I: PROBLEMA	1
1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	2
1.4. JUSTIFICACIÓN.	3
CAPITULO II: MARCO TEORICO	4
2.1. ANTECEDENTES	4
2.2. BASES TEÓRICAS	6
2.3. HIPOTESIS.	13
2.4. VARIABLES DE ESTUDIO.	13
CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.	15
3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO	15
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	17
3.3. NIVEL DE INVESTIGACION	17
3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.	18
3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACION	24
3.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.	25
3.7. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	25
3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS.	25
3.9. TECNICA DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.	26
CAPITULO IV: RESULTADOS.	27

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	27
4.2. DISCUSIÓN	33
CONCLUSIONES	38
RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	40
ANEXOS	44
ARTICULO CIENTIFICO.	57

Lista de Tablas

Tabla 1: Análisis de varianza para el Peso seco final de cascarilla de arroz (g).....	45
Tabla 2: Resultados de los Análisis de Varianza.	45
Tabla 3: Análisis de varianza para el porcentaje de peso húmedo de cascarilla de arroz (%WH).....	46
Tabla 4: Resultados del Análisis de varianza para el porcentaje de Peso húmedo de Cascarilla de Arroz (%WH).	46
Tabla 5: Análisis de varianza para la tasa de descomposición promedio de cascarilla de arroz.	47
Tabla 6: Resultado del Análisis de varianza para la tasa de descomposición promedio de cascarilla de arroz.	47
Tabla 7: Análisis de varianza para porcentaje de descomposición final de cascarilla de arroz.	48
Tabla 8: Resultado de Análisis de varianza para porcentaje de descomposición final de cascarilla de arroz.	48
Tabla 9: Resultados de análisis de Microorganismos de Montaña usados para la descomposición de la cascarilla de arroz.	49

Lista de Cuadros

Cuadro 1: Expresión de Operativa de variables e indicadores.	14
Cuadro 2: Coordenadas UTM del Centro Experimental Pucayacu.	15
Cuadro 3: Materiales equipos y muestra testigo usados en el trabajo de investigación.	15
Cuadro 4: Insumos para preparación de microorganismos.	21
Cuadro 5: Tratamientos en estudio.	24

Lista de Gráficas

Gráfico 1: Análisis de Tukey ($p>0.05$) para Peso seco final (g).	27
Gráfico 2: Análisis de Tukey ($p>0.05$) para Porcentaje de humedad de peso (%).	28
Gráfico 3: Análisis de Tukey ($p>0.05$) para la tasa de descomposición promedio de la cascarilla de arroz.	28
Gráfico 4: Analisis de Tukey ($p>0.05$) para el porcentaje de descomposición final de la cascarilla de arroz.	29
Gráfico 5: Curva de descomposición de la cascarilla de arroz (g).....	30
Gráfico 6: Curva de descomposición de la cascarilla de arroz (g).....	30
Gráfico 7: Contenido macro nutrientes químicos de la cascarilla de arroz con y sin aplicación de microorganismos de montaña. Ver anexo 7.	31
Gráfico 8: Contenido micro nutrientes químicos de la cascarilla de arroz con y sin aplicación de microorganismos de Montaña. Ver anexo 7.	31

Lista de figuras

Figura 1: Ubicación del Centro Experimental Pucayacu – IIAP- San Martin.	16
Figura 2: Procedimiento de la investigación.	18
Figura 3: Procedimiento del trabajo de investigación.....	32
Figura 3: Procedimiento del trabajo de investigación.....	65

Lista de anexos

Anexo 1: Peso Seco Final (WSF).	45
Anexo 2: Porcentaje de peso húmedo (% WH).	46
Anexo 3: Tasa de descomposición Promedio (TDP).	47
Anexo 4: Porcentaje de descomposición Final (%DF).	48
Anexo 5: Resultados del análisis de Microorganismos de Montaña.	49
Anexo 6: Cuadro de base de datos de las evaluaciones de los microorganismos de montaña en la descomposición de las cascarilla de arroz	50
Anexo 7: Análisis de nutrientes de la cascarilla de arroz con aplicación de 1 l. (M1) y sin aplicación (M2) de microorganismos de montaña.....	51
Anexo 8: Diseño experimental y distribución de los tratamientos y puntos de muestreo...	52
Anexo 9:	52
Anexo 10:	53
Anexo 11:	53
Anexo 12:	54
Anexo 13:	54
Anexo 14:	55
Anexo 15:	56
Anexo 16:	56
ANEXO 17: Análisis Microbiológico de MM líquido	57

RESUMEN

En la actualidad el alto desarrollo de la industria del cultivo de arroz conlleva a la generación de residuos (cascarillas) con impactos al medio ambiente negativos. Se buscó determinar la tasa de descomposición de la cascarilla de arroz, aplicando microorganismo de montaña. El ensayo se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – San Martín. Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con tres tratamientos y 5 bloques. Las evaluaciones duraron 72 días. Se evaluó la tasa de descomposición de la cascarilla de arroz. Los resultados demostraron que la aplicación de microorganismos de montaña (MM) a dosis de 1 L de MM /20 L de agua, logró la mayor tasa de descomposición de cascarilla de arroz, siendo de 2.98 g/día. Se evidencia entonces el potencial de los microorganismos de montaña para mejorar las características nutricionales y físicas como retención de humedad de la cascarilla de arroz. Por lo tanto podría ser una alternativa para los tratamientos de este residuo agroindustrial.

Palabras clave: Descomposición, microorganismos de montaña, cascarilla de arroz.

ABSTRACT

At present the high development of the rice industry leads to the generation of waste (scale) with negative environmental impacts. It was sought to determine the rate of decomposition of the rice husk, applying mountain microorganism. The trial was carried out at the facilities of the Research Institute of the Peruvian Amazon - San Martín. The experimental design of azar blocks with three treatments and 5 blocks was used. The evaluations lasted 72 days. The rate of decomposition of rice husks was evaluated. The results showed that the application of mountainous microorganisms (MM) at doses of 1 L of MM/20 L of water, obtained the highest rate of decomposition of rice husks, being 2.98 g / day. The potential of mountain microorganisms to improve nutritional and fiscal characteristics such as moisture retention of rice husks is then demonstrated. Therefore it could be an alternative for the treatments of this agroindustrial residue.

Key words: Decomposition, microorganisms of mountain, husk of rice.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos para el consumo humano y otros trae consigo acumulación de residuos parte del proceso de transformación y terminando con destino final desconocido, muchos de ellos se convierten en focos de contaminación ya sea contaminando los ríos, el suelo o el aire por quema.

Alternativas para minimizar la contaminación por residuos agroindustriales, están basados en la reutilización por medio de descomposición, es decir el compostaje de estos residuos, aun así el proceso demora alrededor de 5 a 6 meses y hasta ese tiempo se acumulan grandes cantidades de residuos, ya que la acción microbiana es muy lenta, debido a que no existe la población suficiente para realizar este proceso, aun con un adecuado control de otros factores como la temperatura y humedad.

Actualmente se viene utilizando inóculos microbianos para mejorar las tasas de descomposición de los residuos orgánicos agroindustriales con buenos resultados, llamados también microorganismos eficientes. En la región San Martín uno de los residuos que es un problema es la acumulación de 218 400 t/año de cascarilla de arroz (DPA, 2016), que como método usado es la quema de esto para obtener ceniza o pulitón, al quemar, se generan gases y partículas contaminan la atmosfera resultando un peligro para la salud. Por lo que el uso de inóculos o microorganismos eficientes podría contribuir al manejo de este residuo.

En el presente trabajo de tesis se busca probar el uso de inóculos microbianos obtenidos por fermentación, como alternativa en la descomposición de la cascarilla de arroz y determinar si incrementan la tasa de descomposición y sea una alternativa para el tratamiento de este residuo agroindustrial y darle un tratamiento y disposición final adecuada.

CAPITULO I: PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

En la región San Martín existen aproximadamente más de 84 mil ha del cultivo de arroz que producen 563 9901 t de arroz al 2016, lo cual representó el 22.5% de la producción a nivel nacional. La provincia de San Martín representa el 8% del total en la región (6 039 ha), con una producción de 32,693.851t, concentrándose la mayor parte de su producción en el valle del Huallaga central por las condiciones agroecológicas, el cultivo se desarrolla alcanzando un promedio de 6.5 tn.ha¹ por campaña la cual son dos al año. También es conocido que por 5 Tn de arroz se genera 1Tn de cascarilla, el cual es acumulado para en su mayor parte ser quemada, siendo un riesgo ambiental (DRASAM, 2014)¹¹. No existe referencia de la cantidad de cascarilla por variedad, debido a existe un solo deposito final de toda la cascarilla generada.

En la actualidad el alto desarrollo de la industria conlleva a la generación de residuos, de igual forma que al perfeccionamiento e implementación de nuevas técnicas o métodos para el aprovechamiento de éstos.

Los usos potenciales para su aprovechamiento a nivel nacional y regional pueden ser como combustible y generador de gas (poder calorífico de la cascarilla de arroz es similar al de la madera y al de otros residuos agrícolas); uso constructivo (el residuo obtenido después de quemarla, puede ser utilizado en la fabricación de cementos); uso como sustrato en hidroponía (proyectos hidropónicos en hortalizas), uso de camas para cría de aves (granjas avícolas en el proceso de desarrollo fisiológico) y uso en compost y abonos (características físicas la emplean en granjas avícolas, camas avícolas).

En el proceso productivo de los alimentos, además del producto deseado, se generan subproductos, residuos y productos fuera de norma, cada uno de los cuales pueden servir para consumo humano o animal y aplicación industrial, lo que

traería beneficios económicos. Sin embargo, la mayoría de este tipo de industrias no tiene algún plan para estos residuos, debido al alto costo de su reutilización y por el contrario, los ubican junto con la basura en los vertederos o rellenos sanitarios. (Méndez, 1995)²¹.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA PRINCIPAL

- ¿La aplicación de microorganismos de montaña mejorará la descomposición de la cascarilla de arroz?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

- ¿La aplicación de microorganismos de montaña mejorará la tasa de descomposición de la cascarilla de arroz?
- ¿La aplicación de microorganismos de montaña mejorará las características químicas de la cascarilla de arroz descompuesta?
- ¿El procedimiento de preparación de microorganismos de montaña es el adecuado para mejorar la descomposición de la cascarilla de arroz?

1.3. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

- Evaluar la aplicación de los Microorganismos montaña en la tasa descomposición de la cascarilla de arroz.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar la tasa de descomposición promedio de la cascarilla de arroz mediante la incorporación de los Microorganismos de montaña.
- Comparar las características químicas entre la aplicación y la no aplicación de microorganismos de montaña en la cascarilla de arroz.

- Realizar el procedimiento de reproducción y aplicación de microorganismos de montaña para mejorar la tasa de descomposición de cascarilla de arroz.

1.4. JUSTIFICACIÓN.

La cascarilla de arroz siempre ha tenido un impacto en el ambiente y en la salud. El problema no radica solo en su generación, ya que toda transformación o utilización de bienes genera residuos, la problemática de cómo aprovechar estos residuos adecuadamente, que implica también manejar tareas con un alto nivel de complejidad como el transporte o la disposición final de los mismos. Para comenzar, debemos señalar que la cantidad y diversidad de residuos sólidos con los que tienen que lidiar hoy en día la humanidad son muy distintos que hace 10, 50 o 100 años. Así, tenemos que hoy en día con el avance de la tecnología los niveles de producción y la utilización de diversos materiales hacen cada vez más complicada la gestión de residuos.

La aplicación de los microorganismos de montaña a los residuos orgánicos, se convierte en una forma de tratamiento que tiene por finalidad de convertir los residuos de cascarilla de arroz en un producto de mejor calidad para ser usado como abono y recuperar los nutrientes del suelo, además que tiene un efecto positivo en el contenido nutricional. No existen antecedentes este tipo de trabajos de investigación en cascarilla de arroz, lo que hace sea un novedoso este tipo de tratamiento en la cascarilla de arroz que contribuirá en el mejor aprovechamiento de este residuo de la agroindustria.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES.

2.1.1. Experiencias del uso de Microorganismos eficaces (EM) en el extranjero.

Según Nieves (2005)²⁶ en un trabajo realizado en Costa Rica aplicando EM probó que los resultados obtenidos no reflejan valores cuantificables en crecimiento de bacterias para los cuatro tipos de abonos orgánicos evaluados. Los ensayos presentaron una masa bacteriana de colonias poco aisladas imposible de cuantificar. El EM (testigo) en cambio mostró valores de 1.21×10^{11} UFC/g de bacterias. El número de colonias de hongos, fue muy variable entre muestras, situación que se relaciona a los porcentajes de humedad de cada muestra de abono. El EM no presentó crecimiento de hongos. No se logró obtener un porcentaje de humedad similar en los abonos que permitiera compararlos entre sí ya que el método de secado usado no fue eficiente. Por la variabilidad en porcentajes de humedad y número de UFC/g no se estableció comparación alguna entre poblaciones de hongos. La comparación entre poblaciones de microorganismos no fue efectiva debido a que no se cuantificó un número total de bacterias. La investigación deberá repetirse haciendo ajustes en la metodología para ubicar los posibles puntos críticos en el procedimiento. Además, debe descartarse el EM y considerarse un suelo natural de origen orgánico como testigo.

Por otra parte **Reátegui et al (2005)**²⁷ en un trabajo realizado en Costa Rica aplicando EM, probó que se trabajó con cuatro tratamientos a diferentes tiempos de aireación en dos fases investigativas con diferentes agregados; aserrín y chips de madera respectivamente. Finalmente se determinó que el sistema producción de EM-compost con aire forzado es técnicamente viable y económicamente rentable para la Empresa Agro-comercial. El tratamiento que presentó los mejores resultados fue el que contenía chips de madera como agregado con aireación cada 6 días e inoculación de EM dirigida. La calidad del

producto se determinó en base a las características físicas, químicas y biológicas. La comparación cuantitativa de los resultados entre tratamientos se hizo estadísticamente con la metodología de Fisher y Duncan.

Según Muños (2005)²⁵ que se realizó en un trabajo en Colombia aplicando EM probó que los resultados se refieren a la cuantificación de los residuos generados en cada uno de los sistemas de producción, las épocas de generación, el destino, usos y la identificación de las proporciones de residuos y sustratos más comunes en un sistema de compostaje al igual que los costos de producción. Los residuos orgánicos son valorados por los productores en la producción de abonos orgánicos como alternativa para reemplazar los abonos de síntesis química logrando óptimos resultados.

Según **Gómez, E; Molina, S. (2006)**¹² en un trabajo realizado en Costa Rica aplicando EM, probó que con los tratamientos de las cáscaras de bananos no picados, el EM compost pierde más nutrimentos (macro y micro) en los lixiviados durante su experimento, comparado a los otros tratamientos de cáscaras de bananos picados; provocando que no picar las cáscaras no sería apto para preparar un abono de mayor calidad. Con ningún tratamiento el EM-compost, y que llegó a una relación C: N menos de 20:1, que indica un compost muy estable, mostrando que los tratamientos no serían aptos para preparar un abono de mayor calidad en solo cuatro semanas.

Según **Brito, M. (2005)**⁷, el mejor resultado se obtuvo con el tratamiento 1 (microorganismos efectivos dosis baja) y los tratamientos 5 y 6 (bacthon a dosis media y alta) con 16 días de descomposición. La población microbiana se estableció por el aumento de temperatura de las composteras, alcanzando la temperatura más alta el tratamiento 2 (microorganismos efectivos dosis media) la misma que fue de 55.5°C, finalmente la eficiencia fue del 63% para todos los

tratamientos. En cuanto a la composición química no se encontraron diferencias significativas.

Torres (2013)³¹, realizó su trabajo de investigación en el uso de microorganismos de montaña en la calidad de sustrato y plantones de *Vitex orinosences* "Paliperro", utilizando como parte del sustrato para plantones la cascarilla de arroz. La dosis aplicada fue de 500 ml/20 l de agua se evaluó por tres meses y tuvo como resultado en el análisis químico que la aplicación de microorganismos mejoro los contenidos de materia orgánica y de Zn y P. aunque no fue el mejor tratamiento pero se observó efectos en la disponibilidad de nutrientes en el sustrato.

Por otro lado **Torres (2013)**³¹ con la aplicación de microorganismos de montaña, en sustratos de caña de azúcar obtuvo los mejores resultados en calidad de planta a través del índice de calidad de Dickson de 0.67 en el T2 con aplicación, y 0.62 en el T2 (testigo),

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. La Descomposición.

Usualmente, la descomposición se mide como la pérdida de peso a través del tiempo. Algunos factores considerados en la descomposición de materia orgánica son la influencia de microorganismos descomponedores, emanación de CO₂, fraccionamiento isotópico y enriquecimiento de 13°C en los perfiles del suelo (Bjorn & Comstedt, 2007)⁵. La mayoría de los estudios sobre la descomposición en selvas y bosques, se han centrado en los componentes aéreos del árbol, como el follaje (Melillo *et al.*, 2013)²², cortezas, ramas y madera (**Harmon *et al*, 1995**)¹³.

Aerts (1997)¹ existen tres factores de importancia que controlan los procesos de descomposición en los ecosistemas: el clima, la calidad del recurso y las colonias de microorganismos descomponedores.

Estos microorganismos se consideran el factor principal en las zonas con condiciones climáticas extremas (**Melillo et al, 2013**)²⁰.

- **Descomposición de material orgánico.**

De manera general, la descomposición es un proceso que se lleva a cabo a través de la función de la micro, meso y macrofauna del suelo, quienes mediante la desintegración física y la acción bioquímica transforman complejos orgánicos a moléculas inorgánicas de forma natural. A través de la descomposición las especies vegetales, por su aporte en biomasa, cumplen la función de transferir nutrientes, agua y energía, además de liberar dióxido de carbono (**Vilas 1998**³⁴; **Bot y Benites 2005**)⁶.

2.2.2. Los microorganismos eficientes (EM).

Según Higa y Parr (1994)¹⁴, EM es una solución que contiene varios microorganismos benéficos tanto aeróbicos como anaeróbicos, los cuales tienen diferentes funciones. Como el EM está compuesto por microorganismos, es una entidad viva. En la producción de EM-compost, el EM se utiliza como inoculante del material en la fase inicial y durante el proceso. La tecnología del EM fue desarrollada por el Dr. Teruo Higa, profesor en la Universidad del Ryukyus esta ubicado en Japon . La mayoría de los microorganismos en el EM son heterotróficos, es decir, ellos requieren de fuentes orgánicas de carbón y nitrógeno. El EM ha sido más eficaz cuando está aplicado conjuntamente con enmiendas orgánicas para proporcionar carbón, oxígeno y energía. El EM contiene un gran número de microorganismos entre ellos bacterias fotosintéticas, levaduras, bacterias de ácidos lácticos y hongos. Además, el EM es un producto comercial producido

por la Universidad EARTH bajo la licencia de EMRO en Costa Rica. Los alcances de esta investigación no contemplan el análisis del EM o su efecto en el proceso **(Nieves, 2005)**²⁴.

2.2.3. Microorganismos de montaña.

En Costa Rica, los agricultores motivados por la influencia tecnológica japonesa de como extraer del suelo y reproducir microorganismos que ayuden a mejorar la producción de sus cultivos, han desarrollado un inoculo microbiológico de alta eficiencia denominado microorganismos de montaña (MM), como biorreguladores de patógenos y descomponedores de materia orgánica. Este material es una fuente rica en microorganismos, principalmente actinomicetos y levaduras, y de otras bacterias descomponedores de materia orgánica; se lo aplica de dos formas: sólido y líquido (MM activado) **(Urtecho 2005)**³².

2.2.4. Reproducción de Microorganismos de Montaña.

El uso de la tecnología de microorganismos para la agricultura fue desarrollada en los años 80 por un japonés, el *Dr. Teruo Higa* y fue ganando popularidad a través de los productos comerciales elaborados en laboratorios y conocidos como EM (Microorganismos Eficaz). Por otro lado, se desarrolló una tecnología para reproducir los microorganismos que viven naturalmente en nuestros bosques. Estos microorganismos son llamados comúnmente "Microorganismos de Montaña" o MM. Muchos de estos MM cumplen roles benéficos en los procesos biológicos de los suelos y agro ecosistemas y pueden ser encontrados en la capa superficial y orgánica de todo suelo de un ecosistema natural donde no haya habido intervención depredadora del hombre **(Higa, 1991)**¹⁵.

2.2.5. Existen Cuatro grupos de microorganismos:

- **Bacterias fotosintéticas (Cianobacteria spp.).** Que utilizan la energía solar en forma de luz y calor, sustancias producidas por las raíces, para sintetizar vitaminas y nutrientes. Cuando se establecen en el suelo, producen también un aumento en las poblaciones de otros microorganismos eficaces, como los fijadores de nitrógeno, los actinomicetos y las micorrizas (Higa, 1991¹⁵; Parr., 1994²⁵).
- **Bacterias de suelo (Actinomycetos spp.).** Hongos benéficos que controlan hongos y bacterias patógenas (causantes de enfermedades), y que dan a las plantas mayor resistencia frente a estos a través del contacto con patógenos debilitados (Higa, 1991¹⁵; Parr., 1994²⁵).
- **Bacterias productoras de ácido láctico (Lactobacillus spp.).** El ácido láctico posee la propiedad de controlar la población de algunos microorganismos, como el hongo Fusarium. Además, mediante la fermentación de materia orgánica, elaboran nutrientes para las plantas (Higa, 1991¹⁵; Parr, 1994²⁵).
- **Levaduras (Saccharomyces cerevisae).** Bacterias que utilizan sustancias que producen las raíces de las plantas y otros materiales orgánicos, para sintetizar vitaminas y activar otros microorganismos del suelo (Higa, 1991¹⁵; Parr, 1994²⁵).

2.2.6. Compostaje.

Aprolab (2007)⁴ Podemos definir el compostaje, como un proceso dirigido y controlado de mineralización y pre-humificación de la materia orgánica, a través de un conjunto de técnicas que permiten el manejo de las variables del proceso; y que tienen como objetivo la obtención de un abono orgánico de alta calidad físico- químicas y microbiológicas.

La materia orgánica se descompone a través de la actividad de los microorganismos (bacterias, hongos, etc.) que se van alimentando de ella. Pero para poder hacerlo necesitan oxígeno y agua (aireación y humedecimiento de los residuos orgánicos en procesamiento). Sin estas condiciones el proceso se detiene o la materia orgánica se pudre (sin suficiente oxígeno) liberando malos olores. También la materia orgánica al descomponerse se calienta hasta aproximadamente 60°C, lo cual favorece en la destrucción de patógenos y de semillas de malas hierbas.

López (2001)¹⁷, La compostación lleva a cabo parte del ciclo biológico de crecimiento y disposición. Para crecer, las plantas capturan energía del sol, dióxido de carbono del aire y nutrientes y agua de la tierra. Después de morir, las plantas y los animales que las comen se convierten en las materias primas para el proceso de descomposición y compostación. Los microorganismos, hongos, insectos, gusanos, acaros, etc convierten el carbono de las plantas muertas en energía para su propio crecimiento. Al mismo tiempo, liberan dióxido de carbono al aire. También, incorporan los nutrientes de las plantas en descomposición a sus cuerpos luego los devuelven a la tierra otros microorganismos y plantas utilizan el carbono y nutrientes liberadas por este proceso, y el ciclo empieza de nuevo. El material que queda después del proceso de descomposición se parece a la materia orgánica que forma parte del suelo. Retiene agua, nutrientes, hace la tierra más porosa y fácil de labrar.

2.2.7. Importancia del compost.

- Mejorar la sanidad y el crecimiento de las plantas y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Es fuente importante de nutrientes para las plantas.
- Aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo la capacidad de intercambio de cationes en el mismo.
- Es una fuente de alimentación para los microorganismos.
- Amortigua los cambios de pH en el suelo.

- Disminuye los cambios bruscos de temperatura.
- Las plantas pueden absorber más nitrógeno como consecuencia de la relación C/N en el suelo.
- Logra la descomposición parcial o casi completa de algunos residuos agroindustriales. **(Torres, 2004)**³⁰.

2.2.8. Agroindustriales.

Los residuos agropecuarios, son aquellos que provienen de las actividades agrícolas, forestales, ganadería y centros de faenamiento de animales. También los residuos agroindustriales, son aquellos generados en procesos de transformación de productos agrícolas. La biotecnología permite la bioconversión de residuos agroindustriales en productos de interés comercial mediante proceso de extracción directos o de transformación por química o microbiológico. **(Moldes et al, 2002)**²².

2.2.9 Residuos agroindustriales como Sustrato para la generación de bioenergéticos.

Los principales ejemplos de producción de bioenergéticos a partir de residuos agroindustriales reportados en la literatura, están enfocados hacia la producción de bioetanol, biodiesel, otros biocombustibles, biohidrógeno. Para cada uno se hace referencia a los aspectos más relevantes. **(Saval, 2012)**²⁹.

2.2.10 Residuos como contaminantes del medio ambiente.

El marco regulatorio en México enfocado al problema de residuos lo conforma la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 08 de octubre de 2003. Sus disposiciones tienen por objeto garantizar el derecho a toda persona a un medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los

residuos peligrosos, residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial; así como prevenir la contaminación de sitios por la disposición de residuos y llevar a cabo su remediación. (Saval, 2012)²⁹.

2.2.11 Relación Carbono/Nitrógeno

El valor de dicha relación nos da una idea del grado de inmadurez de los sustratos orgánicos y de su estabilidad. Un nivel del orden de 30 puede ser indicativo de la falta de descomposición del sustrato, dando lugar a una inmovilización del nitrógeno de la solución y a una reducción del oxígeno debida a la actividad microbiana. En sustratos para horticultura se recomiendan valores inferiores a 20.

2.2.12 Gestión de residuos a través de suelos.

Desde que existen suelos en la Tierra una de sus principales funciones ha sido la del reciclaje de los restos orgánicos incorporando una pequeña parte de ellos en el conjunto de las moléculas que constituyen el humus y descomponiendo el resto hasta formas elementales que son liberadas a la atmósfera o eliminadas en forma disuelta en las aguas de drenaje participando el suelo, de esta forma, en los ciclos de los principales elementos biogénicos (C, N, P y S). La capacidad para transformar las sustancias orgánicas está relacionada con factores muy diversos pero, en último término, todas las moléculas orgánicas son inestables en las condiciones existentes en los suelos y otros sistemas superficiales debido a que han sido formadas a partir de procesos y condiciones de fuerte reducción, por lo que, en presencia de agentes oxidantes, tienden a reaccionar y transformarse en compuestos estables y en equilibrio con las condiciones del suelo mediante reacciones oxidativas. (Macias y Calvo de Anta, 2001)¹⁹.

2.3. HIPOTESIS.

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL.

- La incorporación de microorganismos, permitirá acelerar la descomposición de la cascarilla arroz.

2.3.2. HIPOTESIS ESPECÍFICA.

- La incorporación de los microorganismos de montaña incrementa la tasa de descomposición de la cascarilla de arroz.
- La incorporación de microorganismos de montaña mejorará las características químicas de la cascarilla de arroz descompuesta.
- El procedimiento de preparación e incorporación de microorganismos son los adecuados para acelerar la descomposición de la cascarilla de arroz.

2.4. VARIABLES DE ESTUDIO.

2.4.1. Variables independientes: Microorganismos de montaña.

2.4.2. Variables dependientes: Descomposición de la cascarilla de arroz.

- Tasa de descomposición (g/día).
- Peso seco final (g)
- % de descomposición.
- Contenido nutricional (Análisis de sustrato).

2.4.3. Variables intervinientes:

- Temperatura (°C).
- Humedad (%H).

2.4.4. DEFINICION OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
INDEPENDIENTES (Microorganismos de Montaña)	Microorganismos de montaña: Los microorganismos son aquellos seres vivos más diminutos que únicamente pueden ser apreciados a través de un microscopio. Urtecho (2005) ³⁴	Descomponer la cascarilla de arroz.	Dosis de aplicación	1. Dosis de incorporación 0ml/20l de agua. 2. Dosis de incorporación 500ml/20l de agua 3. Dosis de incorporación 1000ml/20l de agua.	ml/L ml/L ml/L
DEPENDIENTES (Descomposición de la cascarilla)	Descomposición: El término descomposición se emplea de forma general para referirse a la destrucción (desintegración) de materiales orgánicos de origen animal, microbiano o vegetal. Plaster, (2000) ²⁸	Obtener materia orgánica para su utilización como abono en menor tiempo, y con nutrientes disponibles.	Características químicas	1. Tasa de descomposición promedio. 2. Temperatura. 3. Humedad. 4. Contenido de nutrientes.	g/día °C °H % ó ppm.

Cuadro 1: Expresión de Operativa de variables e indicadores.

Fuente: Elaboración Propia, 2017

CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

El desarrollo de la investigación se realizó en el Centro Experimental Pucayacu, perteneciente al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana IIAP - San Martín, la misma cuenta con un área total de 8 hectáreas. La ubicación geográfica es como sigue: localizado al Sur a 06° 31' 631" y al Norte a 076° 17' 935" a una altura de 307 m.s.n.m. Su ubicación política en el caserío Bello Horizonte, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia de San Martín.

VIVERO	COORDENADAS UTM	
PUCAYACU	X	Y
	0356381	9278334

Cuadro 2: Coordenadas UTM del Centro Experimental Pucayacu.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Materiales	Equipos	Muestra testigo.
<ul style="list-style-type: none"> • Sacos de 50 kg. • Palana de corte. • Carreterilla. • Machete. • Composteras de 1 m² • Timpos de 60 L con tapa hermética. • Manguera. • Saco de polvillo de arroz de 15 kg. • Baldes de 20 L. • Malla tamiz para bolsas de muestreo. • Melaza (1 galón). 	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa Eléctrica. • Balanza analítica. • Secador eléctrico. • Biodigestor artesanal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hojarasca de montaña. • Cascarilla de arroz.

Cuadro 3: Materiales equipos y muestra testigo usados en el trabajo de investigación.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

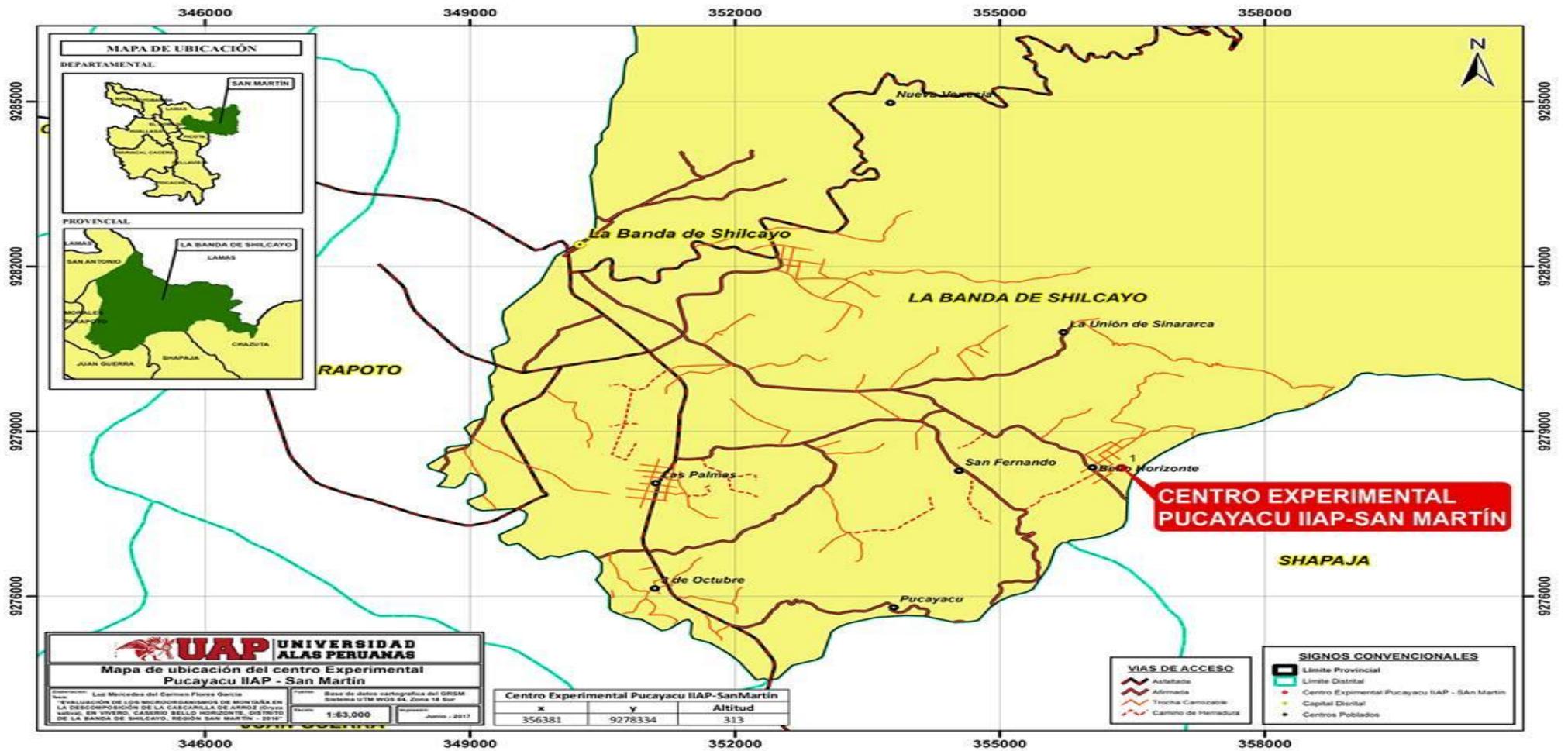


Figura 1: Ubicación del Centro Experimental Pucayacu – IIAP- San Martín.
Fuente: Elaboración propia, 2017

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La presente investigación de acuerdo al propósito de los objetivos es de tipo **Aplicativo** porque cuyo propósito es dar solución a situaciones o problemas concretos e identificables, que se desarrolló en condiciones de vivero, sobre los que se debe intervenir para definir las estrategias de solución, con utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos. La Investigación aplicada busca el conocer, para hacer, para actuar, para construir y para modificar. La **investigación aplicada** se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos. Tal es el caso de cualquier estudio que se proponga evaluar los recursos naturales con que cuenta una región para lograr su mejor aprovechamiento, o las investigaciones encaminadas a conocer las causas que provocan un fenómeno (**Leyton y Mendoza, 2012**)¹⁸.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACION

- El nivel de acorde con el proyecto es de **“EXPERIMENTAL Y DESCRIPTIVO”**, ya que se caracterizó los fenómenos físicos y químicos que ocurren en cada uno de los tratamientos del grupo control, la investigación tiene el manejo de variable independiente, ya que puede manipularla de manera intencional.
- Puede realizar pruebas con la presencia o ausencia de la variable independiente; en el ensayo se dispone a un grupo de individuos mientras que otros no.
- Se administra una o más variables independientes, para luego medir su efecto en las variables dependientes.

3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

El presente proyecto se desarrolló en las siguientes etapas:

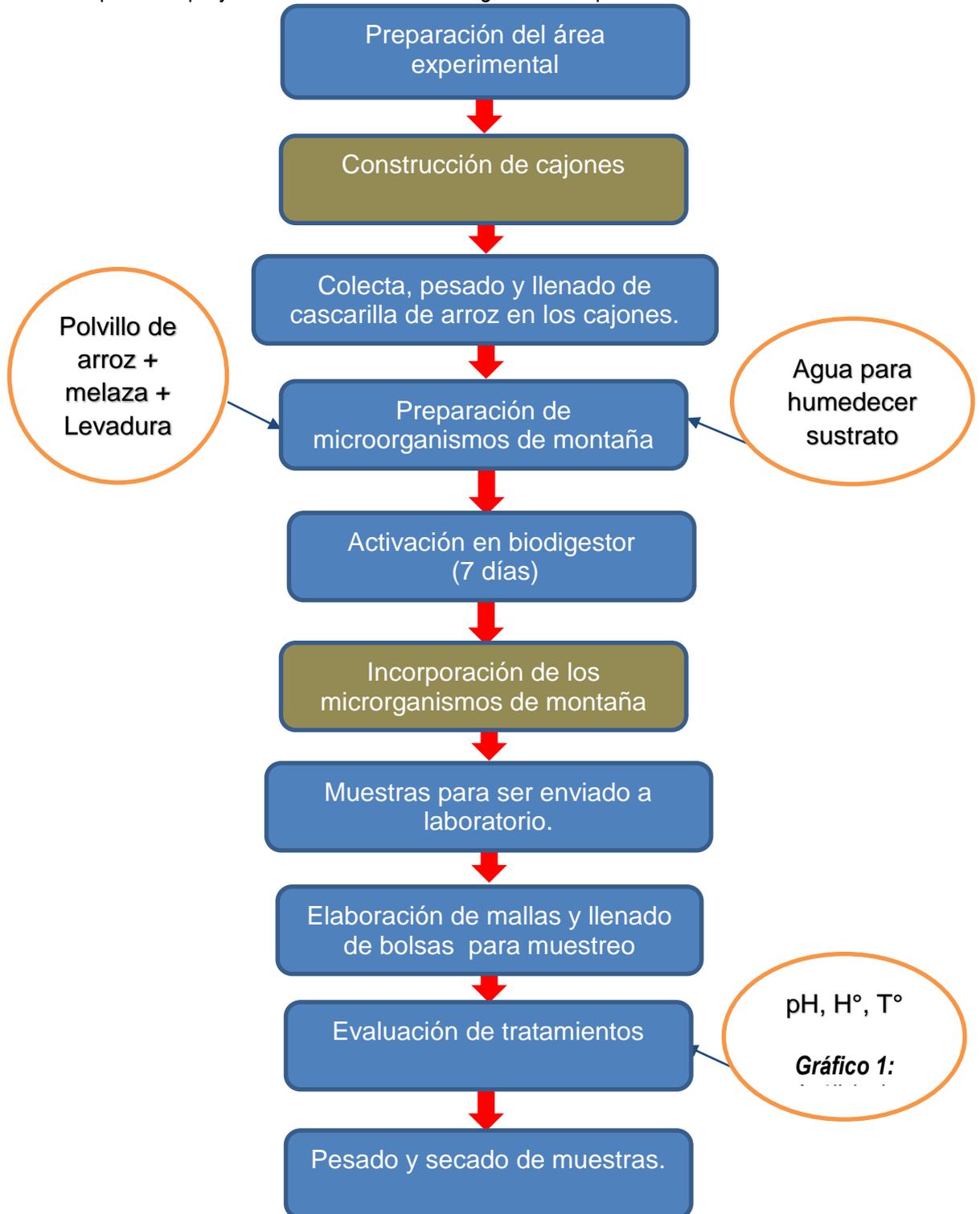


Figura 4: Procedimiento de la investigación.

Fuente: elaboración propia, 2017

a) Acondicionamiento del área del experimento.

La investigación se realizó en un área de 30 m², (3 m x 10 m), dentro de un vivero semi permanente de forma tubular con malla rashel de 80% de sombra, y piso nivelado con drenaje adecuado para evitar encharcamientos o emposamientos de agua (**Ver Foto1**).

b) Construcción de cajones para el tratamiento de cascarilla de arroz.

Se construyeron 15 cajones a base de maderas, con las medidas de 1 m de largo por 1 m de ancho (área 1 m²) y 50 cm de alto, al que se incorporó 40 kg de cascarilla de arroz en cada cajón cuatro de ellos se les aplicó los microorganismos de montaña y cuatro sirvieron como comparativo sin aplicación de microorganismos de montaña (**ver foto 2**).

c) Recolección de la cascarilla de arroz.

El residuo agroindustrial de cascarilla de arroz, se recogió de molinos arroceros, ubicados en la Provincia de San Martín. Se recolectó 320 kg de cascarilla de arroz. Luego se procedió al pesado de los mismos para su distribución en los cajones

d) El pesado de la cascarilla de arroz.

Se procedió a pesar la cascarilla de arroz en una balanza electrónica, lo asignado 40kg por repetición, es decir en cada cajón o compostera, por lo tanto se utilizó un total de 320 kg de cascarilla de arroz.

e) El llenado de los residuos en los cajones.

Para el llenado de los cajones se colocó previamente una capa de 5 cm de espesor de grava para evitar el contacto de la cascarilla con el suelo y permitir un buen drenaje del exceso de humedad.

f) Colecta de hojarasca de montaña.

Para preparar los microorganismos de montaña se siguió el procedimiento mencionado por Díaz *et al* (2011)¹⁰, el cual inició con la colecta de hojarasca de montaña de un bosque primario, las hojas estarán con inicios de descomposición y presencia de estructuras de hongos en la hojarasca, colocándolas en sacos las que se llevarán al vivero Pucayacu del IIAP-SM para la reproducción de los microorganismos. **(Ver foto 3).**

g) Preparación de microorganismos de montaña (MM).

Lo primero que se realizó la mezcla de la hojarasca con el saco de polvillo de arroz, con una palana de hasta que sea una mezcla homogénea, luego se procedió a diluir la melaza en 5 litros de agua sin clorar y se añadió en la mezcla hasta alcanzar la humedad adecuada, para este proceso, se realizó la prueba del Puño, que consiste en coger un puñado de la mezcla en la mano y apretarlo; si se desmorona con facilidad al abrir la mano está muy seco, y si escurre agua al apretarlo, está muy húmedo, si se siente la humedad y mantiene su forma al soltarlo está con la humedad adecuada, esto nos aseguró de que los microorganismos se multipliquen y formen sus propias colonias **(Ver foto 4)**

Luego esta mezcla se dividió en dos parte iguales una de ellas será para reproducir microorganismos anaeróbicos el cual se ha colocado en un recipiente con tapa hermética que no permita la entrada de oxígeno y la otra mitad de la mezcla se colocó en un saco para reproducir microorganismos aeróbicos.

Ambos se abrieron después de 15 días de la preparación y estar protegidos de las lluvias y del intenso sol, en lugar fresco y ventilado.

Insumo	Cantidad	Función
Agua	4L	Proporciona la dilución y humedad.
Hojarasca de montaña	1 saco	Fuente de inóculo de microorganismos
Polvillo de arroz	12,5 kg	Fuente proteica
Melaza	1 galón	Fuente energética

Cuadro 4: Insumos para preparación de microorganismos.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

h) Activación de microorganismos a la fase líquida.

Se utilizó un recipiente de 60 litros con tapa hermética, al cual se le añadió, 3 litros de extracción de mezcla de 2 kg de microorganismos aerobio, 2 kg de microorganismos anaerobio, 10 litros de agua sin cloro, posteriormente se homogenizó los dos inoculantes y se diluyó en 7,5 litros de agua. Para activar los microorganismos se aplicó 2,5 litros de melaza, 0,125 de levadura y se mezcló en el recipiente de 20 litros hasta dejarlo uniforme, para evitar de que el recipiente se llene de gas con la actividad microbiana (fermentación), se instaló una manguera de 1 pulgada de diámetro conectado a un envase con agua para impedir que cualquier sustancia dañina del ambiente penetre al recipiente y altere el proceso. El proceso de activación transcurrió en 7 días **(ver foto 5)**.

i) Incorporación de los microorganismos de montaña.

La incorporación se realizó utilizando una mochila fumigadora de 20 litros de capacidad, utilizando 1 litro de microorganismos activados más 19 litros de agua de una quebrada, conforme se incorporó se fue moviendo la cascarilla procurando que adquiriera la humedad uniforme en todo el cajón. Esto solo se incorporó a 4 cajones mientras que los 4 cajones restantes soló con agua de quebrada. **(Ver foto 6)**.

j) Muestras para ser enviado a laboratorio.

Se extrajo una muestra líquida de microorganismos activados en una botella descartable limpia y esterilizada, una vez listo la muestra se codificó y se enviaron a la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) de la Ciudad de Lima para ser analizados.

k) Elaboración de las bolsas de malla para muestreo de descomposición de la cascarilla de arroz.

Para la evaluación de la tasa de descomposición y determinar el tiempo del mismo, se elaboraron bolsas de malla de 45 cm x 45 cm para cascarilla de arroz, las cuales se colocaron cuatro por cajón dentro de los montículos de cascarilla (Ver foto 7).

l) Llenado de las bolsas.

El llenado de las bolsas, se realizó colocando 0.5 kg de cascarilla de arroz y se colocaron en el interior del mismo para hacer la evaluación de la descomposición con la aplicación de microorganismos de montaña y compararlo con la cascarilla de arroz sin aplicación de microorganismo.

m) La evaluación de los tratamientos.

Para la evaluación se utilizó 5 herramientas básicas para poder tener datos exactos de los parámetros, uno de ellos es la **balanza analítica** que se utilizó para el peso inicial y final, **pH** para determinar el grado de acidez por tratamiento, **medidor de temperatura de suelo** para medir la temperatura y nos permite tener un dato exacto, **termohigrometro** para medir la humedad que existe en cada tratamiento, **termohigrometro** para temperatura actual del ambiente (Ver foto 8).

- Para el cálculo del porcentaje de humedad de la muestra, 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.

$$\text{Ec [1] Porcentaje de humedad (HC)} = \frac{\text{Peso húmedo (g)} - \text{Peso seco (90° C)}}{\text{Peso húmedo (g)}} \times 100$$

$$\text{Ec [2] Tasa de descomposición promedia (TDP)} = \frac{\sum_{i=1}^8 |P_i - P_{i-1}|}{8},$$

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

$$\text{Ec [3] PDFE} = \frac{\text{Peso seco inicial (g)} - \text{Peso seco al final del ensayo (g)}}{\text{Peso seco inicial (g)}} \times 100$$

- **Control del pH.**

Medida del pH se realizó mediante el pH-metro previamente calibrado sumergido en el extracto acuoso como es la solución buffer de 7.0 El parámetro se determinó sobre el extracto acuoso de una muestra fresca, para la obtención del extracto acuoso, la proporciones muestra/agua más comúnmente utilizado es de 1/5, según US Department of agriculture and Council.

- **Control de la Humedad semanal del proceso**

Para el control del contenido de humedad, se aplicó el siguiente procedimiento empírico. Se tomará con la mano una muestra de material del centro de la pila de compost. Cierre la mano y apriete fuertemente el mismo:

- ✓ Si con esta operación verifica que salen muy pocas gotas de agua por medio de los dedos, entonces el nivel de humedad es bueno y no aplicamos agua.
- ✓ Si no sale nada de agua después de apretar y se desmorona (disgrega) el material, es una señal que hace falta agua sale entre los dedos un hilo continuo de agua del material y sentimos un olor desagradable, como

podrido, es que hay un exceso de agua. En este caso se debe extender la pila y esperar que seque un poco.

- **Control de Temperatura semanal del proceso**

El monitoreo y registro de temperatura se realizó diariamente, el cual osciló de 45°C a 50°C con ayuda de un termómetro digital, procurando hacer lecturas de las pilas, una en cada extremo; estos valores fueron promediados para obtener una lectura única que se analizó estadísticamente.

n) Pesado de la muestras

Para el pesado, primero se colocó en un sobre de papel cada muestra de cascarilla de arroz que se encuentra en las bolsas de malla con sus respectivos códigos por cada tratamiento y se utilizó una balanza analítica del laboratorio IIAP-San Martín, el registro se hizo cada 15 días.

o) Secado de los residuos

Se utilizó un horno artesanal del IIAP - San Martín y la estufa del laboratorio del IIAP - San Martín, el proceso se realizó por un periodo de 3 días a una temperatura de 37°C a 60°C.

3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

- El diseño **EXPERIMENTAL** a emplear en la investigación fue un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), de 3 tratamientos y 5 repeticiones por eso existió la necesidad de ejercer un control de la variación, debido a la existencia de un material experimental, este diseño se proporcionará con diferentes grupos, con y sin aplicación de los microorganismos (**ver gráfico 1**).

Tratamientos	Descripción
T1	Testigo (sin aplicación de MM)
T2	Aplicación de MM, dosis 0,5 L
T3	Aplicación de MM, dosis 1 L

Cuadro 5: Tratamientos en estudio.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.

3.6.1 Población.

Como población se consideró 200 kg de cascarilla de arroz por cada tratamiento, cada tratamiento tuvo 5 cajones repeticiones con 40 kg de cascarilla cada uno.

3.6.2 Muestra.

La muestra se presentó mediante la toma de 10 kg de muestra por tratamiento durante el periodo de investigación producto de la mezcla de sub muestras.

3.6.3 Muestreo.

El muestreo empleado fue al azar, mediante la extracción de sub muestra en 4 puntos de muestreo en cada cajón las suma de cada sub muestra fue de 2 kg por cajón, que se trasladaba al laboratorio para la medición de los variables en estudio esto durante 4 meses periodo de investigación.

3.7. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1 Técnicas.

- Reconocimiento in situ del área de investigación (Ver anexo 1).
- Observación directa.
- Pesado de muestras secas para determinar el peso de descomposición.
- El análisis de contenido nutricional de los tratamientos, mediante el traslado de las muestras al laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT).

3.7.2 .Instrumentos.

- Fichas de evaluación de los residuos agroindustriales.
- Libreta de campo.
- GPS, análisis de Varianza por Infostat.

3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS.

La recolección de datos durante el desarrollo del proyecto se realizó a través de la observación de campo y toma de datos *in situ* de la muestra mediante mediciones (Tasa de descomposición, temperatura del suelo, humedad del suelo, temperatura

ambiental, pH), utilizando un formato de evaluación donde se plasmaron los datos a evaluar, cuya principal ventaja es el contacto directo del investigador con la realidad.

3.9. TECNICA DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.

3.9.1 Técnica de procesamiento.

El procesamiento de los datos se desarrolló directamente en una matriz de sistematización de información utilizando el programa Microsoft Excel 2013, los mismos que fueron analizados con el programa estadístico de Infostat.

3.9.2 Análisis de datos

Los análisis de datos se realizaron mediante un programa estadístico (Infostat, 2009) que permitió efectuar el análisis de varianza y las comparaciones medias Tukey $p < 0.05$, ya que es un comparador que mide con un solo comparador la media de cada tratamiento y determinar de manera más estricta el efecto de tratamientos sobre la variable dependiente (Calzada, 2012)⁹, representadas con gráficos de barras, lineales e histogramas, en él se demostró la diferencia de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación. Para explicar las relaciones entre las variables dependiente e independiente con un χ^2 .

CAPITULO IV: RESULTADOS.

En el presente capítulo se presentan los datos procesados bajo el diseño completo al azar, en donde se analiza la descomposición de las cascarilla de arroz después de la aplicación de microorganismos de montaña y así determinar su alternativa en el tratamiento de residuos.

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

- O.E. 1: Determinar la tasa de descomposición promedio de la cascarilla de arroz mediante la incorporación de los Microorganismos de montaña.

4.1.1. Peso seco final de la cascarilla de arroz (WSF)

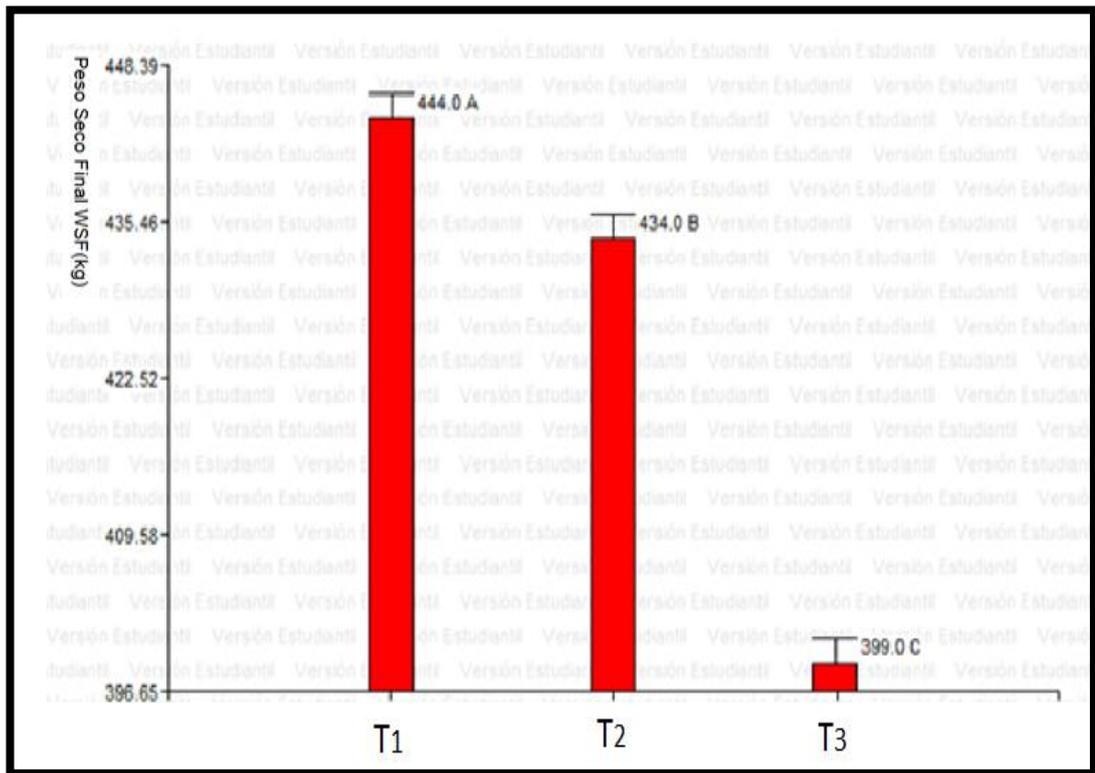


Gráfico 2: Análisis de Tukey ($p > 0.05$) para Peso seco final (g).

Fuente: *Elaboración Propia, prueba Tukey elabora a partir de la hipótesis de la presente investigación, 2017. (Ver Tabla 1 y 2 en ANEXO 1).*

4.1.2. Porcentaje de peso húmedo (%WH).

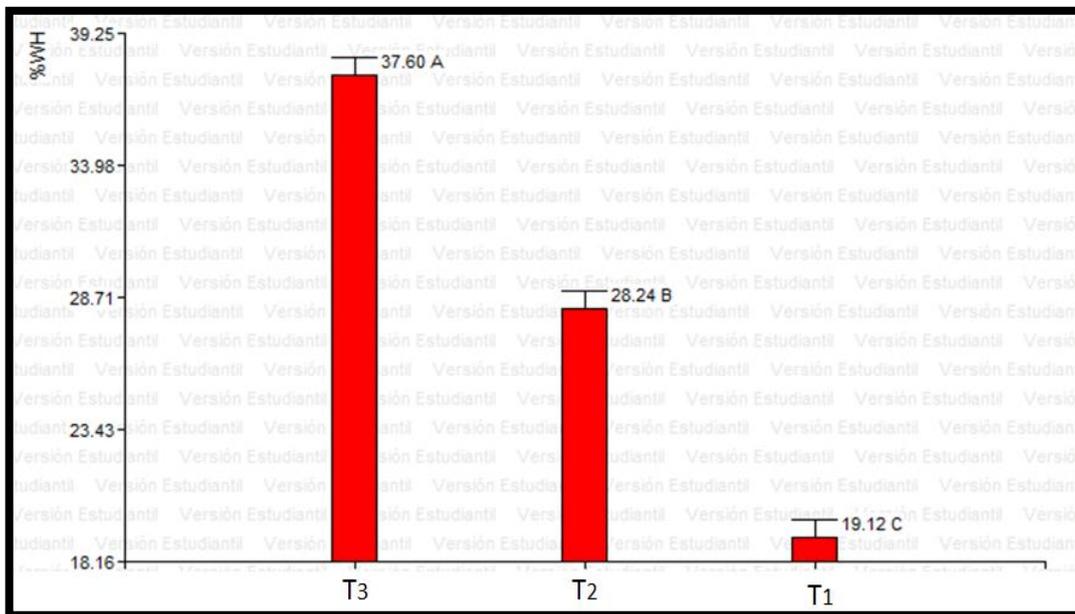


Gráfico 5: Análisis de Tukey ($p > 0.05$) para Porcentaje de humedad de peso (%).

Fuente: *Elaboración Propia, prueba Tukey elabora a partir de la hipótesis de la presente investigación, 2017 (Ver Tabla 3 y 4 en ANEXO 2).*

4.1.3. Tasa de descomposición Promedio (TDP).

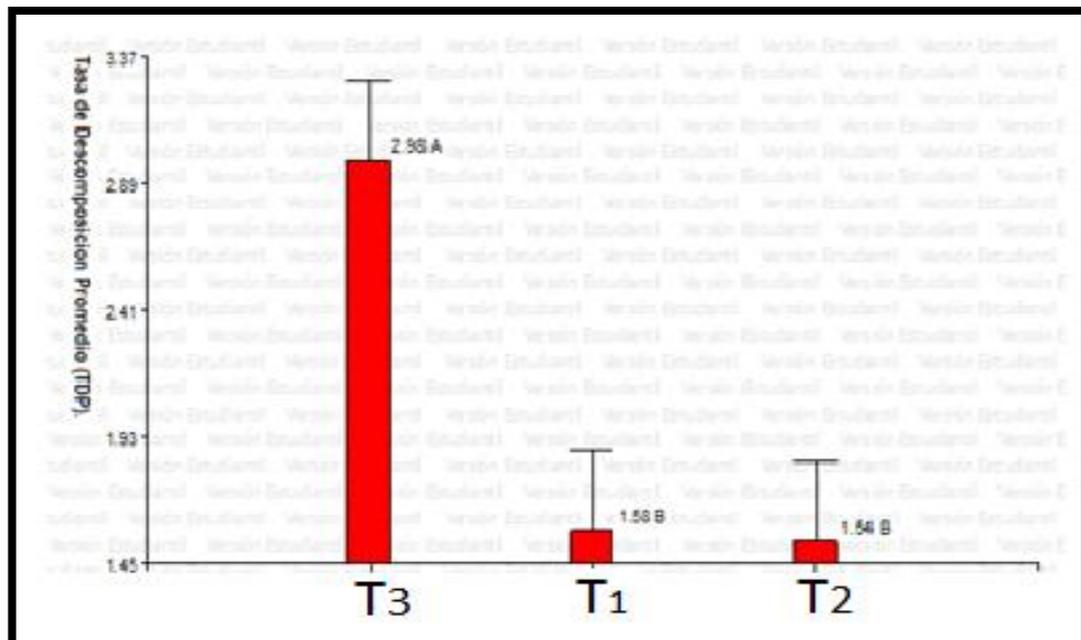


Gráfico 8: Análisis de Tukey ($p > 0.05$) para la tasa de descomposición promedio de la cascarilla de arroz.

Fuente: *Elaboración Propia, prueba Tukey elabora a partir de la hipótesis de la presente investigación, 2017 (Ver Tabla 5 y 6 en ANEXO 3).*

4.1.4. Porcentaje de descomposición Final (%DF).

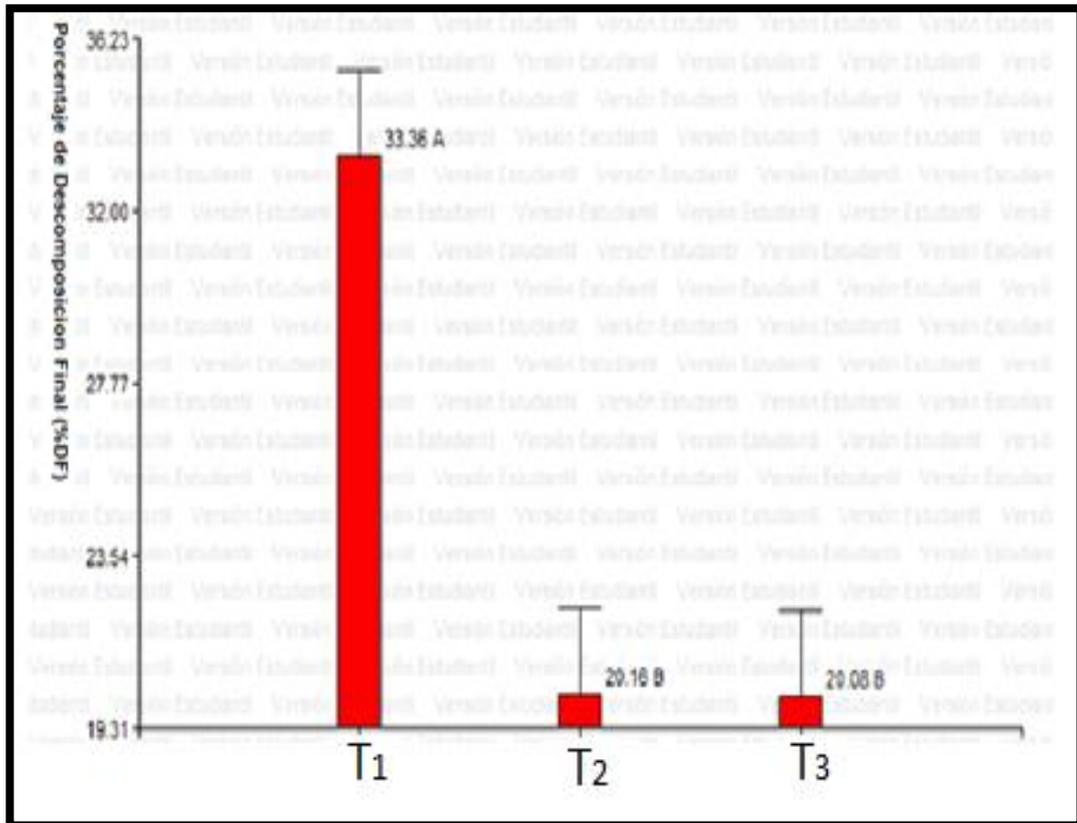


Gráfico 11: Análisis de Tukey ($p > 0.05$) para el porcentaje de descomposición final de la cascarilla de arroz.

Fuente: *Elaboración propia, prueba Tukey elaborada a partir de la hipótesis de la presente investigación, 2017 (Ver Tabla 4 en ANEXO 4)*

Gráfico 12: Análisis de Tukey ($p > 0.05$) para el porcentaje de descomposición final de la cascarilla de arroz.

⁴ **Fuente:** *Elaboración propia, prueba Tukey elaborada a partir de la hipótesis de la presente investigación, 2017 (Ver Tabla 4 en ANEXO 4)*

Tabla 9: Resultados de análisis de microorganismos de Montana usados para la descomposición de la cascarilla de arroz. (Ver Tabla 9 en ANEXO 4).

4.1.6. Comportamiento de la Descomposición de la Cascarilla de arroz.

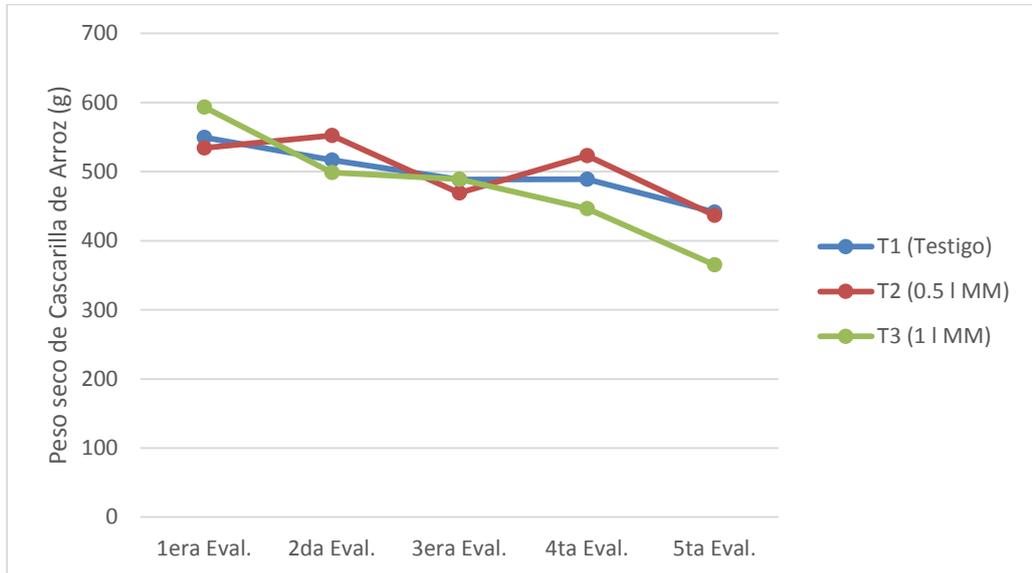


Gráfico 13: Curva de descomposición de la cascarilla de arroz (g).
Fuente: *Elaboración Propia, 2017.*

4.1.7. Comportamiento de los factores que influyen en la descomposición de la cascarilla de arroz.

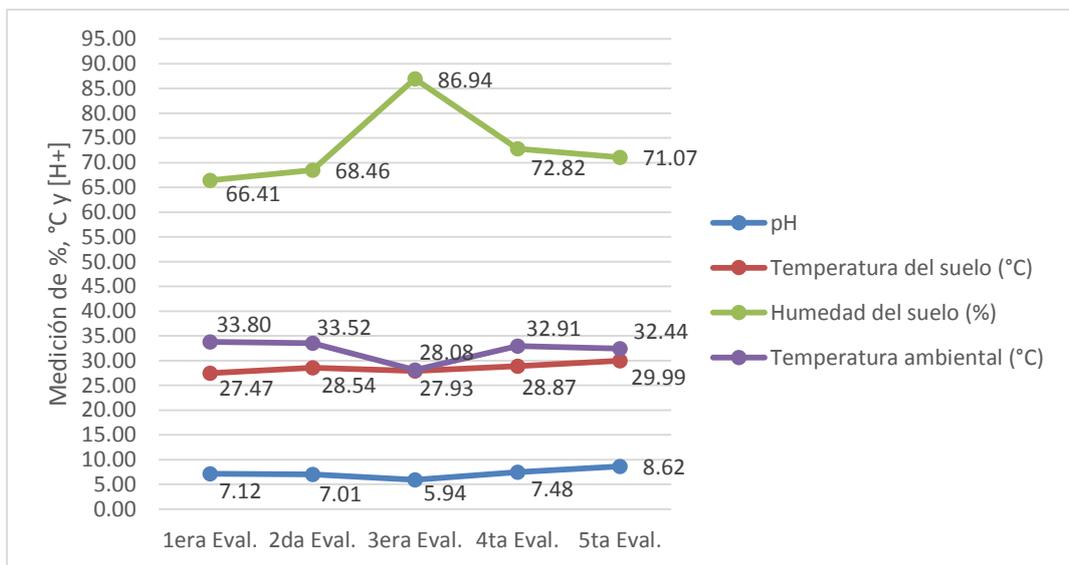


Gráfico 14: Curva de descomposición de la cascarilla de arroz (g).
Fuente: *Elaboración Propia, 2017.*

- **O.E 2: Comparar las características químicas entre la aplicación y la no aplicación de microorganismos de montaña en la cascarilla de arroz**

4.1.8. Análisis de los contenidos químicos de la cascarilla de arroz (Ver Anexo 1).

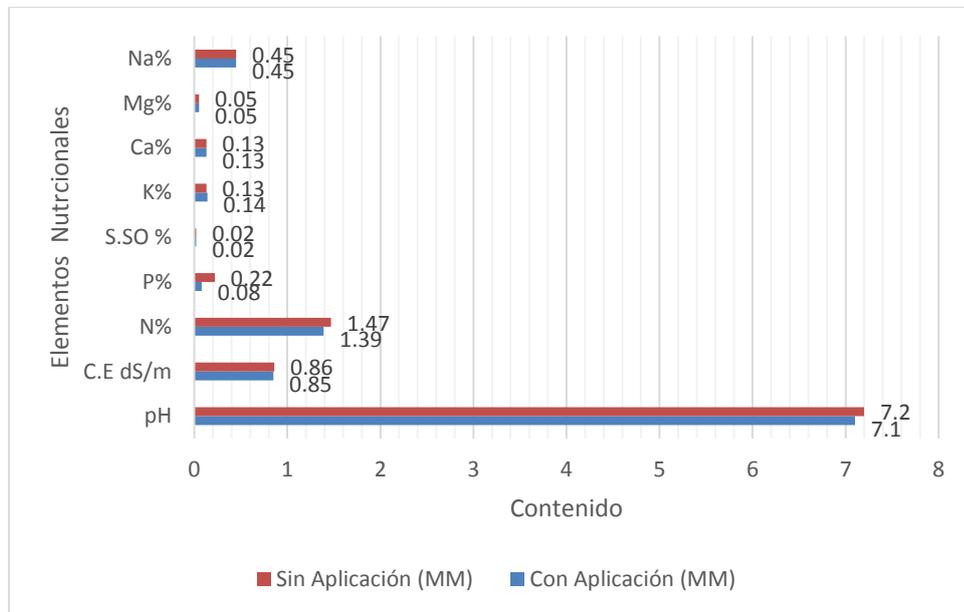


Gráfico 15: Contenido macro nutrientes químicos de la cascarilla de arroz con y sin aplicación de microorganismos de montaña. Ver anexo 7.

Fuente: *Elaboración Propia, 2017.*

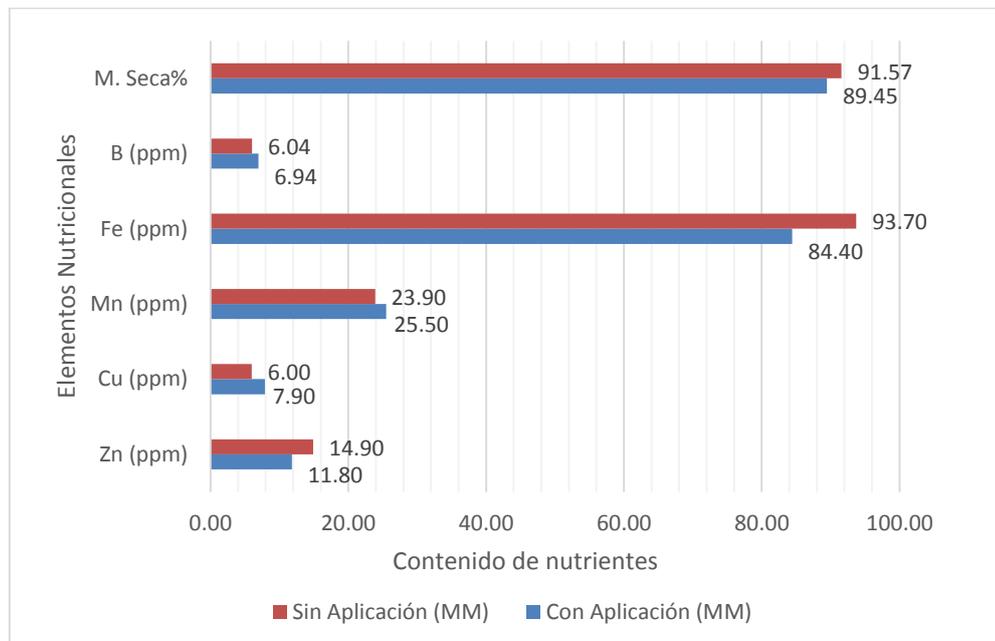


Gráfico 16: Contenido micro nutrientes químicos de la cascarilla de arroz con y sin aplicación de microorganismos de Montaña. Ver anexo 7.

Fuente: *Elaboración Propia, 2017.*

- O.E 3. Realizar el procedimiento de reproducción y aplicación de microorganismos de montaña para mejorar la tasa de descomposición de cascarilla de arroz.

4.1.9. Flujograma del procedimiento de reproducción y aplicación de microorganismos de montaña para mejorar la tasa de descomposición de cascarilla de arroz.

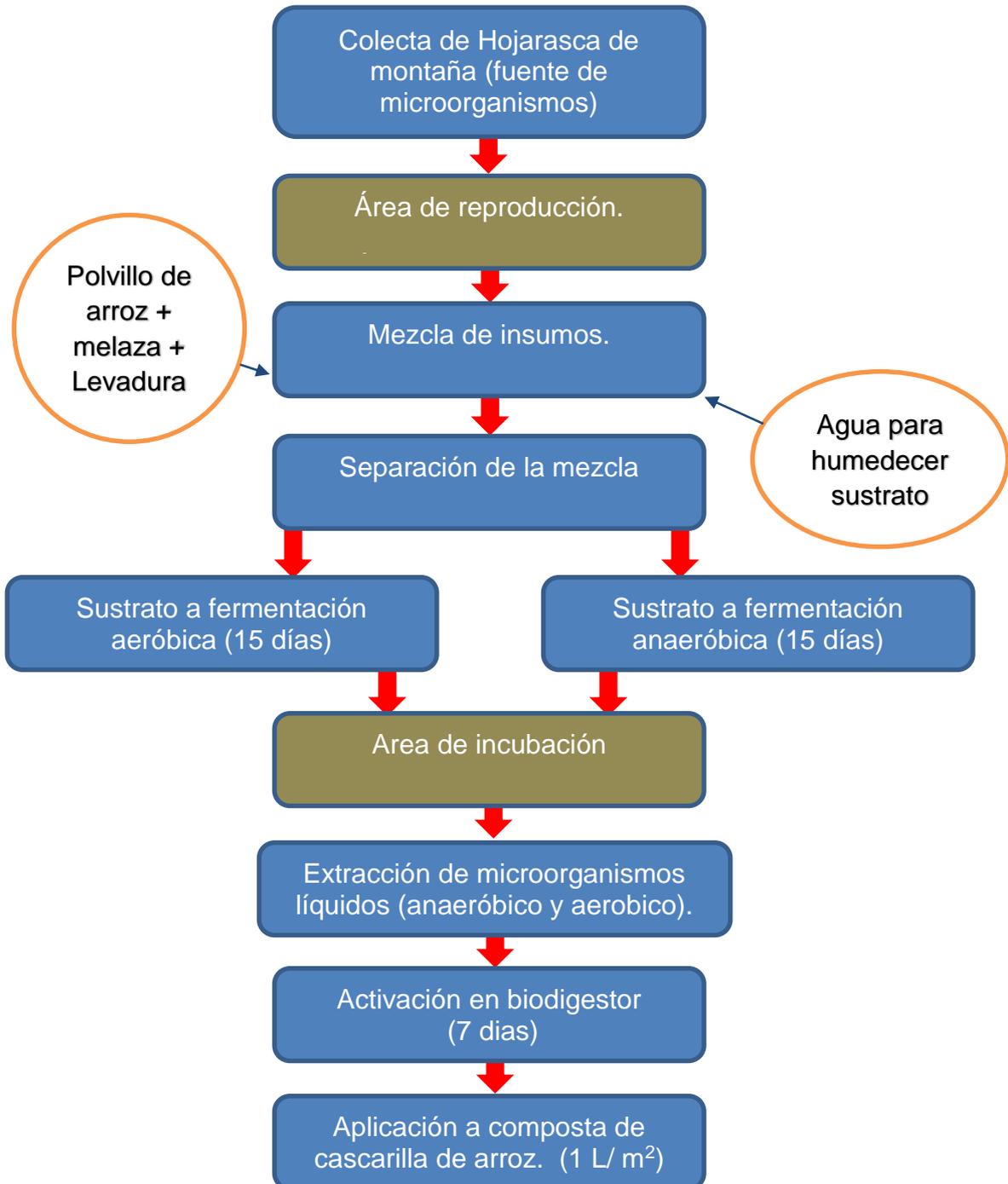


Figura 18: Procedimiento del trabajo de investigación.

4.2. DISCUSIÓN

a. **Peso seco Final (WSF).**

El análisis de varianza de la tabla 1 y 2, del peso seco de la cascarilla de arroz (g), nos indica que existen diferencias significativas en las Dosis de aplicación de microorganismo, por lo tanto hubo efecto de tratamientos. Analizando esta significancia en la prueba de rangos múltiples de Tukey, apreciamos a mayor detalle cuál de los tratamientos ocasiona esta significancia, encontrando que al aplicar 1l de Microorganismos de montaña (MM), el peso seco final fue menor, resultando 399 g. a diferencias del testigo, que fue de 444 g, esto nos indicaría que sí existe descomposición de los restos de cascarilla de arroz, esto por efecto de los Microorganismos aplicados ya que éstos se alimentan de materia liberando nutrientes como lo mencionan **Vilas (1998)**³⁴ con **Bot y Benites (2005)**⁶. Estos microorganismos son considerados factores de descomposición ya que las colonias de estos han provenido de bosque primario ya que en esos ambientes se da los procesos de descomposición de hojarasca (**Melilío et al, 2013**)²⁰ de donde se hizo la colecta.

b. **Porcentaje de peso húmedo (%WH).**

En la Tabla 3 y 4, para el porcentaje de peso húmedo de la cascarilla de arroz, nos indica que existen diferencias altamente significativas al exponerlo a las dosis de 0.0 l, 0.5 l y 01l. de microorganismos, por lo tanto una de las dosis aplicadas indica que existe efecto de tratamientos. Al respecto en la prueba de Tukey ($p < 0.05$), nos indica al detalle que al utilizar 01l de microorganismos mejoramos el peso húmedo de la cascarilla de arroz, resultando 37.6 el porcentaje, a diferencia de los demás tratamientos, por lo tanto la aplicación de microorganismos en un procesos de compost mejora o aumenta la capacidad de retención de humedad, como lo menciona **Torres (2004)**³¹, esto nos indica que existió actividad de los microorganismos aplicados en la descomposición de las cascarilla de arroz.

c. Tasa de descomposición Promedio (TDP).

En la Tabla 5 y 6, para la tasa de descomposición de la cascarilla de arroz al recibir las aplicaciones de microorganismos nos muestra que existe diferencia significativa entre las dosis probadas. Encontrando a través de la prueba de rangos múltiples de tukey ($p < 0.05$), que al someter a la cascarilla de arroz a la dosis de 1 L de MM, incrementa la tasa de descomposición, siendo el promedio de 2.98 g/día, a diferencias de las dosis de 0.5 L y 0.0 L de MM, teniendo estos ultimo tasas de 1.54 g/día y 1.58 g/día, respectivamente siendo estadísticamente iguales, esto nos indica que podemos mejorar la propiedades físicas y químicas, ya que como reporta **Calderón (2002)**⁸, es un sustrato con baja tasa de descomposición y poca retención de humedad y en el presente trabajo de investigación estas características mejoraron a la aplicación de 1 l de Microorganismos de montaña.

d. Porcentaje de descomposición Final (%DF).

En la tabla 7 y 8, del análisis de varianza para el porcentaje de descomposición final de la cascarilla de arroz, por efecto de la aplicación de los microorganismos, nos indica que existe diferencias significativas altas, es decir que existe efecto de tratamientos, ya que se aprecia que la dosis de 1 l de MM mejora la descomposición de la cascarilla de arroz, ya que se obtuvo un promedio del 33.36% siendo superior a los demás tratamientos aplicados, de igual manera que en el parámetro anterior la dosis de 0.5 L y 0.0 L de MM son estadísticamente iguales. Las experiencias reportadas por **Nieves (2005)**²⁴, **Reátegui et al (2005)**²⁷, **Muños (2005)**²³, **Brito (2005)**⁷ y **Torres (2013)**³⁰, atribuyen a los microorganismos beneficios en la obtención de plantas de calidad debido a que al descomponer la materia orgánica más rápido liberan nutrientes que favorecen a la producción de diversas especies, como se pudo apreciar en los resultados obtenidos en este parámetro investigado. Al mismo tiempo nos indicaría que el sustrato de cascarilla de arroz sería más eficiente si lo utilizamos como sustrato para la producción de plantas y/o tratamiento de este residuo para reducir los efectos de contaminación.

e. Resultados del análisis de Microorganismos de Montaña.

En la Tabla 9, nos indica que existe un promedio de 51×10^6 UFC/mL microorganismos aerobios (51, 000,000 de Unidades Formadoras de Colonias por mililitro), en cuanto a los anaerobios existe 10×10^3 UFC/mL (10,000 Unidades Formadoras de Colonias por mililitro) y bacterias fijadoras de nitrógeno existe un promedio de 20×10^5 NMP/mL (2,000,000 Número Más Probable por mililitro), esto significa que la mayor cantidad de microorganismos existentes en la esencia utilizados en la investigación son aerobios, por lo tanto esto corrobora lo mencionado por Higa y Parr (1994) ¹⁴, que estos están compuestos por microorganismos beneficios aeróbicos como anaeróbicos, los cuales tiene diferentes funciones, entre ellos de alimentarse de fuentes orgánicas de carbono y nitrógeno. No se ha podido identificar en los análisis los grupos de microorganismos reportados por (Higa y Parr (1994) ¹⁴, a su conocer que existen bacterias fijadoras de nitrógeno que promueven la asimilación de este elemento para las plantas.

f. Comportamiento de la Descomposición de la cascarilla de arroz.

En la figura 5, de la curva de descomposición de la cascarilla de arroz, se muestra el comportamiento del peso (g), según cada evaluación en base a cada tratamiento utilizado, donde se aprecia que todos los tratamientos tienen una tendencia a bajar el peso seco, resaltando la dosis de 1 l. de MM (T3), que hasta la 5ta evaluación tuvo menos peso seco (menor de 400 g). Separándose de los otros tratamientos. Por lo tanto certifica que la aplicación de microorganismos acelera la descomposición de la cascarilla de arroz, por lo tanto existió actividad de éstos, sustentando lo mencionado por Arolab (2007)⁴, López (2013) ¹⁷ y Brito (2005)⁷, como sucedió en el presente experimento por espacio de 72 días de evaluación.

g. Comportamiento de los factores que influyen en la descomposición de la cascarilla de arroz.

En el gráfico 6, se muestra el comportamiento del pH, la Temperatura (°C) y humedad (%) de la cascarilla de arroz y temperatura ambiental (°C). Se aprecia un descenso de la temperatura ambiental en la tercera evaluación (28.08°C), esto

afectó la humedad de la cascarilla de arroz (%) ya que éste se eleva de 68.46% a 86.94% a su vez esto ocasiona un descenso el pH de 7.01 a 5.94 (de neutro a ligeramente ácido). En cuanto a la temperatura de la cascarilla de arroz en promedio desciende ligeramente de 28.54°C a 27.93°C, también en la tercera evaluación, esto puede ser debido a la presencia de precipitaciones en la época de evaluación. Estos resultados corroboran lo mencionado por **López (2013)**¹⁷, **Aprolab (2007)**⁴ y **Aerts (1997)**¹, que existen factores como el clima que tiene influencia sobre la descomposición en este caso de la cascarilla de arroz, ya que los microorganismos necesitan de oxígeno o agua para realizar este proceso para de esta manera liberar los nutrientes que permitirán obtener plantas de calidad, haciendo posible la mejores condiciones físicas como mayor retención de humedad.

h. Análisis de los contenidos químicos de la cascarilla de arroz (Ver Anexo 1).

En los gráficos 7 y 8 nos muestran los contenidos de los macro y micro nutrientes de la cascarilla de arroz después de la 5ta evaluación, donde se aprecia que el porcentaje de materia seca disminuyen con la aplicación de Microorganismos de Montaña de 91.57% a 89.45%, al darse esto significa que también hay una liberación de nutrientes importantes para las plantas en especial de macronutrientes, siendo el caso de N y P que los porcentaje bajan con la aplicación de 1.47% a 1.39% y 0.22% a 0.08%.

Lo mismo pasa con los micro elementos como el Zn y Fe donde las ppm, también descienden 14.90 ppm a 11.80 ppm y 93.70 ppm a 84.40 ppm, estos resultados nos determinan que estos elemento químicos son sensibles a los procesos de descomposición con los microorganismos de montaña.

Estos resultados coinciden con los reportados por, **Torres (2013)**³⁰, donde la aplicación de microorganismos de montaña favorece a la disminución de la materia orgánica, así como P (fosforo) y Zn (zinc), como también se reporta en este estudio en el análisis realizado por el laboratorio de suelos y fertilizantes del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), en el cual se muestra el análisis de testigo, es decir sin aplicación de microorganismos (M2) y la dosis de 1 L de MM (M1), esto debido a

los resultados obtenidos de la tasa de descomposición ya que la dosis de 0.5 L de MM es en muchos parámetros estadísticamente igual que el tratamiento sin aplicación de microorganismos.

Por lo tanto se estaría dando la descomposición de moléculas complejas por fragmentación de partículas de gran tamaño por el proceso biótico, dando como resultado proceso como mineralización mencionado por **Wetzel y likens (1991)**³⁵, **Maltby (1996)**²¹, **Álvarez (2005)**³ y **Satchell, (1974)**²⁸.

Por lo que la descomposición de la cascarilla de arroz por acción de los microorganismos podría ser usado como mejorador de suelos o como abono como lo menciona Yepes *et al.* (2008)³⁸ ya que incrementa la síntesis de sustancias biológicas **Hoyos et al. (2008)**¹⁶.

Esto estaría dentro del marco normativo del manejo de residuos agroindustriales de la política peruana ya que toda persona merece gozar de un ambiente equilibrado y adecuado que hace cita la Constitución Política del Perú en su artículo 2, numeral 22.

También con este trabajo demuestra que se puede dar cumplimiento al Decreto Supremo N° 016-2012-AG, en su artículo 24, ya que a la cascarilla de arroz se da un tratamiento alternativo con el fin de reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que se producen por la quema de este residuo, ya que según la Ley de promoción de la producción orgánica y ecológica Ley 29196, se viene aplicando el artículo 3 cuyo principio es que siempre que sea posible minimizar todas las formas de contaminación y promover el uso responsable de los recursos.

CONCLUSIONES

- Al evaluar el efecto de la incorporación de microorganismo en la descomposición de la cascarilla de arroz se concluye que al aumentar la dosis de aplicación se mejora la tasa de descomposición por lo tanto se acelera la descomposición.
- La tasa de descomposición al aplicar 1l de microorganismo es de 2.98 g/día, y sin aplicación es de 1.58 g/día, es decir que aplicando los microorganismo estos duplican la descomposición.
- La aplicación de microorganismos de montaña, disminuyó el porcentaje de materia seca de 91.57% a 89.45%; se obtiene mayor disponibilidad de nutrientes como el Nitrógeno, Fosforo, Zinc y Hierro.
- Los procedimientos para la elaboración de los microorganismos de Montaña en base a la bibliografía consultada, y aplicada en el experimento son los adecuados ya que nos permitió obtener los resultados mencionados el presente trabajo de tesis.
- El uso de microorganismos de montaña es una alternativa para el tratamiento de cascarilla de arroz.

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar ensayos con dosis más elevadas que permitan para determinar si se incrementan la tasa de descomposición.
- Realizar otros ensayos en combinación con otros residuos para mejorar la calidad nutricional si se desea hacer un compost.
- Se recomienda utilizar el procedimiento de preparación de microorganismos de montaña utilizado en el presente trabajo de tesis, para realizar los ensayos de descomposición de otros residuos orgánicos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Aerts, R. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems, a triangular relationship. *Oikos*, 79, 439-449. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/3546886>.1997.
2. Álvarez, J. Tipos y niveles de investigación.[Sede web] [losteques. Ucab.edu.ve.com](http://losteques.ucab.edu.ve.com); -[acceso : 24/09/2014], Disponible en: <http://losteques.ucab.edu.ve/Profesorado/alvarezjuan/mipagina/archivosweb/tiposyniveles.ppt>. 2011.
3. Álvarez S. La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. *Revista Científica y Técnica de ecología y medio ambiente. Ecosistemas*:http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?ld=118&ld_Categoria=2&tipo=portada. 2005.
4. Arolab. Producción de abono orgánico con microorganismos eficaces EM-1. Material Elaborado Para Formación Profesional en Ganadería Lechera. - Agosto - Diciembre- 2007. Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Perú.22 pág. 2007
5. Bjorn, B., & Comstedt, D. Isotope fractionation and ¹³C enrichment in soil profiles during the decomposition of soil organic matter.*Journal of ecology*, 153, 1. doi: 10.1007/s00442-007-0700-8. 2007.
6. Bot, A; Benites, J. The importance of soil organic matter. Key to drought- resistant soil and sustained food and production. Roma, IT. *Fao Soils Bulletin* 80.78 p.2005
7. Brito, M. Evaluar la eficiencia de tres tipos de microorganismos disponibles en el mercado, utilizados en la elaboración de compost. *Conocoto - pichincha. Pichincha. Ecuador. 2005.*
8. Calderón, F. La Cascarilla De Arroz "Caolinizada"; Una Alternativa Para Mejorar La Retención De Humedad Como Sustrato Para Cultivos Hidroponicos. *Asistencia Técnica Agrícola Ltda. Noviembre 10 de 2002. Bogotá D.C., Colombia S.A. Rev Nov 14/2002. www.drcalderonlabs.com. 2002*
9. Calzada, J. Apuntes de Estadística. [Sede web] es.scribd.com;2012 -[acceso : 05de Julio del 2014].Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/90038545/Apuntes-deEstadistica-2012>.

10. Díaz, P. Tello, S. García, J y Viena, A. Experiencias en preparación de microorganismos de montaña (MM). Proyecto Promoción del Piñón Blanco. Dirección Regional Agraria San Martín. <https://es.scribd.com/doc/87707770/Experiencia-en-preparacion-de-Microorganismos-de-montana>. 2011.
11. Dirección Regional Agraria San Martín - DRASAM. Análisis del Sub sector Agrícola. Evaluación mensual de la producción, p 1-5. 2014.
12. Gómez, E y Molina, S. Desarrollo de un abono orgánico (EM-Compost) como parte del manejo de desechos de cáscaras de banano provenientes del procesamiento de su pulpa. Universidad EARTH. Costa Rica. Guácimo, 2006. 35 P.
13. Harmon, M. E, Whigham, D. F, Sexton, J., & Olmsted, I. Decomposition and mass of Dead wood in the dry tropical forests of the North-eastern Yucatán Península, México. *Biotropica*, 1995. 27, 305-316.
14. Higa, T y Parra, J. Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agricultura and Environment. Japón. 1994.
15. Higa, T. Effective microorganisms: A biotechnology for mankind. p.8-14. In J.F. Parr, S.B. Hornick, and C.E. Whitman (ed.) *Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming*. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USA. 1991
16. Hoyos H, D; Alvis G, N.; Jabib R, L; Garcés B, M.; Pérez F, D.; Mattar V, S. Utilidad De Los Microorganismos Eficaces (Em®) En Una Explotación Avícola De Córdoba: Parámetros Productivos Y Control Ambiental. *Rev. MVZ Cordoba* vol.13 no.2 Córdoba May/Aug. 2008.
17. López, P C. El proceso de compostaje. Oregon State University. 2001. <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/2562/1/56T00329.pdf>-PAOLA CATALINALÓPEZLÓPEZ. 2013.
18. Leyton, A y Mendoza, D. Clases de investigación científica. Exposición y contenido. <http://webcache.qooqleusercontent.com/search?q=cache:oASAV5UJukJ:https://investigacionestodo.wordpress.com/2012/05/19/clases-v-tipos-de-investigacion-cientifica/+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&ql=de>. 2012
19. Macias, F. & Calvo de Anta, R. Los suelos de Galicia. En: *Sociedade para o Desenvolvemento Comarcal de Galicia*. (Ed). Atlas de Galicia. Consellería de Presidencia. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela. Tomo 1: Medio Natural 2005:173-217.

20. Melillo, J. M, Aber, J. D., Linkins, A. E., Ricca, A., Fry, B., & Nadelhoffer, K. J. Carbón and nitrogen dynamics along the decay continuum, plant litter to soil organic matter. *Plant and Soil* 115,189-198. Obtenido de http://wikis.lib.ncsu.edu/images/1/1b/MEA_760_Melillo. 2013.
21. Méndez, R. Aprovechamiento de subproductos agropecuarios. Unisur, Santafé de Bogotá. 1995. 336 p.
22. Moldes, A. B., Cruz, J. M., Domínguez, J. M. , Parajó, J. C. Production of a cellulosic substrate susceptible to enzymatic hydrolysis from prehidrolized barley husks. *Agr. Food Sci. Finland*. 2002.11(1): 51-58
23. Muños, J. Compostaje en pescador, causa: tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución de problemas medioambientales. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 2005. 96 p.
24. Nieves, L. Cuantificación de la composición microbiológica de cuatro abonos orgánicos usando EM (microorganismos eficaces) como índice comparativo. Costa Roca. Guácimo. Diciembre 2005. 26 p.
25. Parr, J.F. and S.B. Hornick. Assessment of the Third International Conference on Kyusei Nature Farming: Round Table Discussion by USDA Scientists, October 7, 1993. Published by the Nature Farming Research and Development Foundation, Lompoc, California, USA. 1994.
26. Plaster, Edward J. La ciencia del suelo y su manejo. Ed. Paraninfo, 2000.
27. Reátegui, K; Zenteno, H; Hernández, C. Quiros, L. Evaluación del sistema de producción de EM-compost utilizando aireación forzada y residuos de banano. Costa Rica. Guácimo. Diciembre 2005. CR, Universidad EARTH. 2005. 61 p.
28. Satchell, J.E. Litter-interface of animate/inanimate matter. En *Biology of Plant Litter Decomposition*. Vol.1. Dickinson, C.H. y G.J.F. Pugh (Eds.). Academic Press. London. 1974.
29. Saval, S. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. Instituto de Ingeniería, UNAM, Ciudad Universitaria, México, D.F. 0451. *BioTecnología*, Año 2012, Vol. 16 No. 2.
30. Torres, M. Utilización de microorganismos como mejoradores de la calidad de sustratos para plantas de *Vitex orinocensis* (Paliperro), en el vivero experimental Pucayacu-IIAP, caserío Vello Horizonte, provincia de San Martín 2013. Tesis de pre grado. Universidad Alas Peruanas, Taraporo, Perú, 2013.

31. Torres, P.; Escobar, J.; Pérez, A.; Imery, R.; Uribe, I. Evaluación de la tecnología de compostaje para el aprovechamiento de los biosólidos generados en la PTAR- Cañaveralejo de EMCALI EICE ESP. Colciencias, Universidad del Valle, EMCALI, OCyT, BID y Fundación Biocidad. Cali, 2004.
32. Urtecho, K. Elaboración de inóculo microbiológico MM. In Feria América Tropical. La sostenibilidad está en tus manos (2005, EARTH). Memorias. EARTH, CR. 2005.
33. Us. Department of agriculture and U.S. Composting council. Test methods for the examination of composting and compost. Edaphos international, TX. Disponible en: <http://www.epa.gov/owm/mtb/biosolids/503rule/>. 2001.
34. Vilas, M. Efectos de la diversidad de especies en el funcionamiento de los ecosistemas. Orsis 1998.13:105-117.
35. Wetzel, R.G. y Likens, G.E, Limnological analysis. Second Edition. Springer- Verlag. New-York. 1991.
36. Yepes, S.; Montoya, L. y Orozco, F. Valorización De Residuos Agroindustriales - Frutas - En Medellín Y El Sur Del Valle Del Aburrá, Colombia Agroindustrial. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin 61(1):4422-4431.2008.

ANEXOS

Anexo 1: Peso Seco Final (WSF).

Tabla 1: Análisis de varianza para el Peso seco final de cascarilla de arroz (g).

F.V.	SC	GI	CM	FC	p-valor
Bloq	293.33	4	73.33	3.52	0.0612
Tratamiento	5583.33	2	2791.67	134.0	<0.0001
Error	166.67	8	20.83		
Total	6043.33	14			

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Tabla 2: Resultados de los Análisis de Varianza.

Variable	R ²	CV
WSF(g)	0.97	1.07

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Donde:

- F.V: Fuente de variabilidad
- SC: Suma de cuadrados
- GL: Grado de libertad
- CM: Cuadrado medio
- FC: Factor calculado
- WSF: Peso Seco Final

Fuente: Calzada, J. Apuntes de Estadística (2012)⁹

Anexo 2: Porcentaje de peso húmedo (% WH).

Tabla 3: Análisis de varianza para el porcentaje de peso húmedo de cascarilla de arroz (%WH).

F.V.	SC	GI	CM	FC	p-valor
Bloq	38.51	4	9.63	3.98	0.0458
Tratamiento	853.82	2	426.91	176.5	<0.0001**
Error	19.35	8	2.42		
Total	911.68	14			

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Tabla 4: Resultados del Análisis de varianza para el porcentaje de Peso húmedo de Cascarilla de Arroz (%WH).

Variable	R ²	CV
%WH	0.98	5.49

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Donde:

- F.V: Fuente de variabilidad
- SC: Suma de cuadrados
- GL: Grado de libertad
- CM: Cuadrado medio
- FC: Factor calculado
- %WH: Porcentaje de Peso Húmedo

Fuente: Calzada, J. Apuntes de Estadística (2012)⁹

Anexo 3: Tasa de descomposición Promedio (TDP).

Tabla 5: Análisis de varianza para la tasa de descomposición promedio de cascarilla de arroz.

F.V.	SC	GI	CM	FC	p-valor
Bloq	5.4	4	1.35	2.94	0.0905
Tratamiento	6.73	2	3.36	7.3	0.0155
Error	3.67	8	0.46		
Total	15.79	14			

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Tabla 6: Resultado del Análisis de varianza para la tasa de descomposición promedio de cascarilla de arroz.

Variable	R ²	CV
TDP	0.77	33.3

Fuente: Elaboración Propia (2016).

Donde:

- F.V: Fuente de variabilidad
- SC: Suma de cuadrados
- GL: Grado de libertad
- CM: Cuadrado medio
- FC: Factor calculado
- TDP: Tasa de descomposición promedio

Fuente: Calzada, J. Apuntes de Estadística (2012)⁹

Anexo 4: Porcentaje de descomposición Final (%DF).

Tabla 7: Análisis de varianza para porcentaje de descomposición final de cascarilla de arroz.

F.V.	SC	GI	CM	FC	p-valor
Rep	420.19	4	105.05	4.77	0.0291
Tratamiento	584.34	2	292.17	13.3	0.0029
Error	176.29	8	22.04		
Total	1180.81	14			

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 8: Resultado de Análisis de varianza para porcentaje de descomposición final de cascarilla de arroz.

Variable	R ²	CV
%DF	0.85	19.13

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Donde:

- F.V: Fuente de variabilidad
- SC: Suma de cuadrados
- GL: Grado de libertad
- CM: Cuadrado medio
- FC: Factor calculado
- %DF: Porcentaje de descomposición final

Fuente: Calzada, J. Apuntes de Estadística (2012)⁹

Anexo 5: Resultados del análisis de Microorganismos de Montaña.

Tabla 9: Resultados de análisis de Microorganismos de Montaña usados para la descomposición de la cascarilla de arroz.

Análisis Microbiológico	Contenido en Muestra
aerobios (UFC/ml)	51×10^6
anaerobios (UFC/ml)	10×10^3
actinomicetos (UFC/ml)	< 100
<i>Pseudomonas</i> sp. (NMP/ml)	< 3
bacterias fijadoras de vida libre (NMP/ml)	20×10^5

Fuente: Laboratorio de Ecología microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria la Molina 2017.

Anexo 11: Cuadro de base de datos de las evaluaciones de los microorganismos de montaña en la descomposición de las cascarilla de arroz

Repetición	N° Tratamientos	Residuos	Dosificaciones de MM(ml_20L agua)	Fecha de evaluación de la cascarilla de arroz	Peso húmedo(kg)	Peso seco-inicial (kg)	Peso seco Final(kg)	% Peso húmedo	Tasa de descomposición	% Descomposición al final del ensayo	pH	Temperatura del suelo(°C)	Humedad del suelo(%)	Temperatura Ambiental(°C)
1	1	Cascarilla_arroz	0	15/07/2015	545	444	440	19.3	1.0	13.7	8.0	30.0	67.0	33.4
1	2	Cascarilla_arroz	500	15/07/2015	550	544	420	23.6	2.0	25.5	9.5	30.0	70.0	32.2
1	3	Cascarilla_arroz	1000	15/07/2015	600	415	395	34.2	2.5	31.2	8.3	29.2	66.9	32.7
2	1	Cascarilla_arroz	0	15/08/2015	540	538	450	16.7	0.5	6.8	8.6	31.3	75.8	31.7
2	2	Cascarilla_arroz	500	15/08/2015	620	466	445	28.2	1.5	19.8	8.8	29.3	72.6	32.1
2	3	Cascarilla_arroz	1000	15/08/2015	640	438	400	37.5	2.3	29.2	8.7	29.6	72.9	31.7
3	1	Cascarilla_arroz	0	15/09/2015	570	568	450	21.1	0.7	10.0	8.8	28.8	70.6	32.7
3	2	Cascarilla_arroz	500	15/09/2015	620	618	435	29.8	1.7	21.8	8.5	31.3	70.4	33.2
3	3	Cascarilla_arroz	1000	15/09/2015	660	657	400	39.4	4.5	44.8	8.5	30.4	73.4	32.3
4	1	Cascarilla_arroz	0	15/10/2015	540	538	440	18.5	0.6	8.9	8.6	31.3	75.8	31.7
4	2	Cascarilla_arroz	500	15/10/2015	620	466	435	29.8	1.7	21.6	8.8	29.3	72.6	32.1
4	3	Cascarilla_arroz	1000	15/10/2015	640	438	400	37.5	2.3	29.2	8.7	29.6	72.9	31.7
5	1	Cascarilla_arroz	0	15/10/2015	550	568	440	20.0	0.8	12	8.8	28.8	70.6	32.7
5	2	Cascarilla_arroz	500	15/10/2015	620	618	435	29.8	1.7	21.8	8.5	31.3	70.4	33.2
5	3	Cascarilla_arroz	1000	15/10/2015	660	657	400	39.4	4.5	44.8	8.5	30.4	73.4	32.3

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Anexo 20: Análisis de nutrientes de la cascarilla de arroz con aplicación de 1 l. (M1) y sin aplicación (M2) de microorganismos de montaña.



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y
ALIMENTOS

REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

Nº Solicitud: **AFer001-15**
 SOLICITANTE: **Luz Flores Garcia**
 PROCEDENCIA: **Bello Horizonte-Banda de Shilcayo-San Martín-San Martín**
 Tipo de fertilizante: **cascarilla de arroz**

FECHA DE MUESTREO : 14/12/2016
 FECHA DE RECEP LAB : 15/12/2016
 FECHA DE REPORTE : 21/12/2016

Número de Muestra			pH	Cl-	N	P	S-SO ₄ ²⁻	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Zinc	Cobalto	Manganeso	Hierro	Boro	Molina	
Laboratorio	Campo			dS/m	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	
15	01	0001	M1	7.10	0.85	1.39	0.08	0.02	0.14	0.13	0.05	<0.5	11.8	7.9	25.5	84.4	6.04	89.45
15	01	0002	M2	7.20	0.86	1.47	0.22	0.02	0.13	0.13	0.05	<0.5	14.9	6.0	23.9	93.7	6.04	91.57

MÉTODOS:
 pH : Potenciometría (1.2)
 CONDUCC. ELÉCTRICA : Conductivimetro (1.2)
 NITRÓGENO : Kjeldahl
 FOSFORO : Digestión HNO₃/HClO₄ (4.1) / Espectro UV-Vis (λ=420 nm)
 AZUFRE : Digestión HNO₃/HClO₄ (4.1) / Turbidimetría
 SODIO, POTASIO, CALDO MAGNESIO : Digestión HNO₃/HClO₄ (4.1) / Espectro Absorción Atómica
 HIERRO, COBRE, ZINC, MANGANESO etc. : Digestión HNO₃/HClO₄ (4.1) / Espectro Absorción Atómica
 BORO : Digestión HNO₃/HClO₄ (4.1) / Espectro UV-Vis (λ=685 nm)
 MATERIA SECA : Gravimetría

Nota: el laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte

La Banda de Shilcayo, 21 de Enero del 2016

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
 San Martín - Perú

 Dr. Emérico Arevalo Gardini
 Coordinador General

Anexo 44:



Foto 2: Construcción de los cajones.

Anexo 53:



Foto 3: Hojarasca con microorganismos de montaña del bosque primario.

Anexo 65:



Foto 4: Mezcla de la hojarasca y polvillo de arroz, con melaza.

Anexo 69:



Foto 5: Activación de Microorganismos de Montaña para aplicación en cascarilla de arroz.

Anexo 73:



Foto 6: Incorporación de los microorganismos de montaña.

Anexo 79:



Foto 7: Bolsas listas para el muestreo de la descomposición de la cascarilla de arroz.

Anexo 91:



Foto 8: Evaluación de los pH de la cascarilla de arroz con y sin aplicación de Microorganismos de Montaña.

ANEXO 95: Análisis Microbiológico de MM líquido



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1311411 - LMT

SOLICITANTE : INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA - SAN MARTIN

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : MM
1311411)

PROCEDENCIA : Bello Horizonte – San Martin
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2016 - 10 - 31
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016 - 11 - 12
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2016 - 11 - 16
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2016 - 12 - 02

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1311411
¹ Recuento de aerobios (UFC/mL)	51 x 10 ⁶
¹ Recuento de anaerobios (UFC/mL)	10 x 10 ³
² Recuento de actinomicetos (UFC/mL)	< 100
² Enumeración de Pseudomonas sp. (NMP/mL)	< 3
³ Enumeración de bacterias fijadoras de vida libre (NMP/mL)	20 x 10

NOTA: Los valores < 3 y <100 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

²American Public Health Association. 1992. Compendium of methods for the Microbiological Examination of foods. 3^{ra} Ed. Chapter 13.

³Zapater J. 1975. Evaluación en el maíz del coeficiente rizósfera-suelo (R/S) referidos a bacterias libres fijadoras de N₂. Anales científicos de la UNALM 13:45-57.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 6 de Diciembre del 2016

DRA. DORIS ZÚNIGA DÁVILA



Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

□ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU

“EVALUACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA EN LA DESCOMPOSICIÓN DE LA CASCARILLA DE ARROZ (*Oryza sativa*), EN VIVERO, CASERIO BELLO HORIZONTE, DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, REGIÓN SAN MARTÍN - 2017”

Luz Mercedes, FLORES¹, Percy DIAZ²,

- 1. Tesista de pre grado, Universidad Alas Peruanas.**
- 2. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.**

RESUMEN

En la actualidad el alto desarrollo de la industria del cultivo de arroz conlleva a la generación de residuos (cascarillas) con impactos al medio ambiente negativos. Se buscó determinar la tasa de descomposición de la cascarilla de arroz, aplicando microorganismo de montaña. El ensayo se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – San Martín. Se utilizó el diseño experimental de bloques al Azar con tres tratamientos y 5 bloques. Las evaluaciones duraron 72 días. Se evaluó la tasa de descomposición de la cascarilla de arroz. Los resultados demostraron que la aplicación de microorganismos de montaña (MM) a dosis de 1 L de M.M./20 L de agua, logró la mayor tasa de descomposición de cascarilla de arroz, siendo de 2.98 g/día. Se evidencia entonces el potencial de los microorganismos de montaña para mejorar las características nutricionales y físicas como retención de humedad de la cascarilla de arroz. Por lo tanto podría ser una alternativa para los tratamientos de este residuo agroindustrial.

Palabras clave: Descomposición, microorganismos de montaña, cascarilla de Arroz.

ABSTRACT.

At present the high development of the rice industry leads to the generation of waste (scale) with negative environmental impacts. It was sought to determine the rate of decomposition of the rice husk, applying mountain microorganism. The trial was carried out at the facilities of the Research Institute of the Peruvian Amazon - San Martín. The experimental design of Azar blocks with three treatments and 5 blocks was used. The evaluations lasted 72 days. The rate of decomposition of rice husks was evaluated. The results showed that the application of mountainous microorganisms (MM) at doses of 1 L of M.M./20 L of water, obtained the highest rate of decomposition of rice husks, being 2.98 g / day. The potential of mountain microorganisms to improve nutritional and physical characteristics such as moisture retention of rice husks is then demonstrated. Therefore it could be an alternative for the treatments of this agroindustrial residue.

Key words: Decomposition, microorganisms of mountain, husk of Rice.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos para el consumo humano y otros trae consigo acumulación de residuos parte del proceso de transformación y terminando con destino final desconocido, muchos de ellos se convierten en focos de contaminación ya sea contaminando los ríos, el suelo o el aire por quema.

Alternativas para minimizar la contaminación por residuos agroindustriales, están basados en la reutilización por medio de descomposición, es decir el compostaje de estos residuos, aun así el proceso demora alrededor de 5 a 6 meses y hasta ese tiempo se acumulan grandes cantidades de residuos, ya que la acción microbiana es muy lenta, debido a que no existe la población suficiente para realizar este proceso, aun con un adecuado control de otros factores como la temperatura y humedad.

Actualmente se viene utilizando inóculos microbianos para mejorar las tasas de descomposición de los residuos orgánicos agroindustriales con buenos resultados, llamados también microorganismos eficientes. En la región San Martín uno de los residuos que es un problema es la acumulación de 218 400 t/año de cascarilla de arroz (DPA, 2016), que como método usado es la quema de esto para obtener ceniza o pulitón, al quemar, se generan gases y partículas contaminan la atmósfera resultando un peligro para la salud. Por lo que el uso de inóculos o microorganismos eficientes podría contribuir al manejo de este residuo.

En el presente trabajo de tesis se busca probar el uso de inóculo microbianos obtenidos por fermentación, como alternativa en la descomposición de la cascarilla de arroz y determinar si incrementan la tasa de descomposición y sea una alternativa para el tratamiento de este residuo agroindustrial y darle un tratamiento y disposición final adecuada.

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

El desarrollo de la investigación se realizó en el Centro Experimental Pucayacu, perteneciente al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana IIAP - San Martín, la misma cuenta con un área total de 8 hectáreas. La ubicación geográfica es como sigue: localizado al Sur a 06° 31' 631" y al Norte a 076° 17' 935" a una altura de 307 m.s.n.m. Su ubicación política en el caserío Bello Horizonte, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia de San Martín.

VIVERO	COORDENADAS UTM	
PUCAYACU	X	Y
	0356381	9278334

Cuadro 2: Coordenadas UTM del Centro Experimental Pucayacu.

Fuente: *Elaboración propia. 2017.*

Materiales	Equipos	Muestra testigo.
<ul style="list-style-type: none">• Sacos de 50 kg.• Palana de corte.• Carreterilla.• Machete.• <u>Composteras</u> de 1 m²• <u>Timpos</u> de 60 L con tapa hermética.• Manguera.• Saco de polvillo de arroz de 15 kg.• Baldes de 20 L.• Malla tamiz para bolsas de muestreo.• Melaza (1 galón).	<ul style="list-style-type: none">• Estufa Eléctrica.• Balanza analítica.• Secador eléctrico.• Biodigestor artesanal.	<ul style="list-style-type: none">• Hojarasca de montaña.• Cascarilla de arroz.

Cuadro 3: Materiales equipos y muestra testigo usados en el trabajo de investigación.

Fuente: *Elaboración propia. 2017.*

RESULTADOS.

En el presente capítulo se presentan los datos procesados bajo el diseño completo al azar, en donde se analiza la descomposición de la cascarilla de arroz después de la aplicación de microorganismos de montaña y así determinar su alternativa en el tratamiento de residuos.

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

- **O.E. 1: Determinar la tasa de descomposición promedio de la cascarilla de arroz mediante la incorporación de los Microorganismos de montaña.**

4.1.1. Peso seco final de la cascarilla de arroz (WSF)

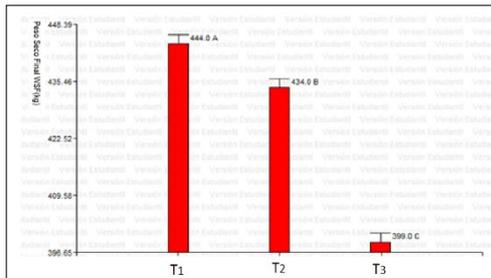


Gráfico 1: Análisis de Tukey ($p > 0.05$) para Peso seco final (g).

Fuente: *Elaboración Propia, prueba Tukey elabora a partir de la hipótesis de la presente investigación, 2017. (Ver Tabla 1 y 2 en ANEXO 1).*

4.1.2. Porcentaje de peso húmedo (%WH).

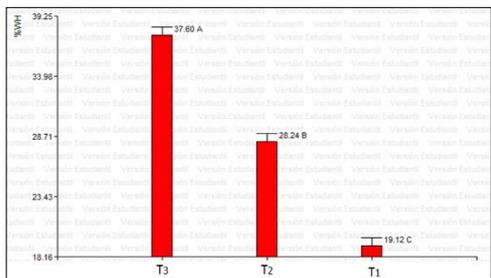


Gráfico 2: Análisis de Tukey ($p > 0.05$) para Porcentaje de humedad de peso (%).

Fuente: *Elaboración Propia, prueba Tukey elabora a partir de la hipótesis de la presente investigación, 2017 (Ver Tabla 3 y 4 en ANEXO 2).*

4.1.3. Tasa de descomposición Promedio (TDP).

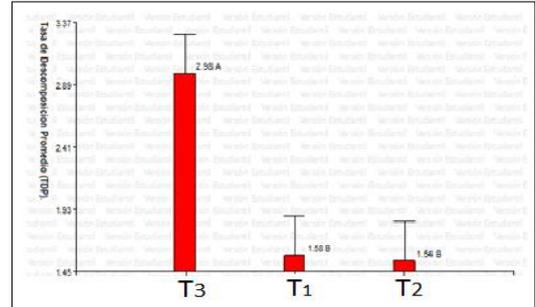


Gráfico 3: Análisis de Tukey ($p > 0.05$) para la tasa de descomposición promedio de la cascarilla de arroz.

Fuente: *Elaboración Propia, prueba Tukey elabora a partir de la hipótesis de la presente investigación, 2017 (Ver Tabla 5 y 6 en ANEXO 3).*

4.1.4. Porcentaje de descomposición Final (%DF).

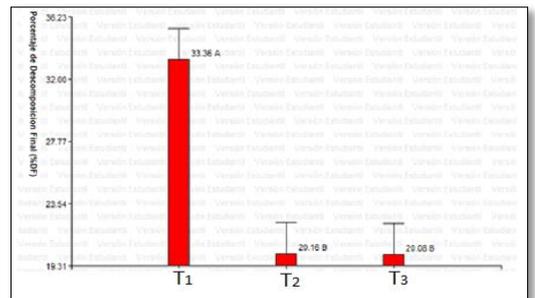


Gráfico 4: Análisis de Tukey ($p > 0.05$) para el porcentaje de descomposición final de la cascarilla de arroz.

Fuente: *Elaboración propia, prueba Tukey elabora a partir de la hipótesis de la presente investigación, 2017 (Ver Tabla 4 en ANEXO 4)*

4.1.5. Resultados del análisis de Microorganismos de Montaña.

Tabla 9: Resultados de análisis de Microorganismos de Montaña usados para la descomposición de la cascarilla de arroz. (Ver Tabla 9 en ANEXO 4).

4.1.6. Comportamiento de la Descomposición de la cascarilla de arroz.

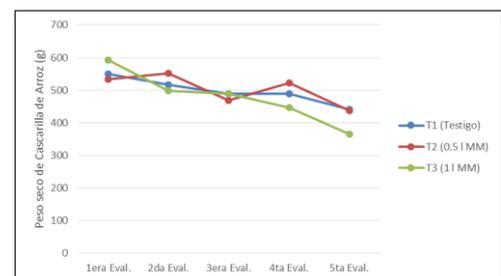


Gráfico 5: Curva de descomposición de la cascarilla de arroz (g).

Fuente: *Elaboración Propia, 2017.*

4.1.7. Comportamiento de los factores que influyen en la descomposición de la cascarilla de arroz.

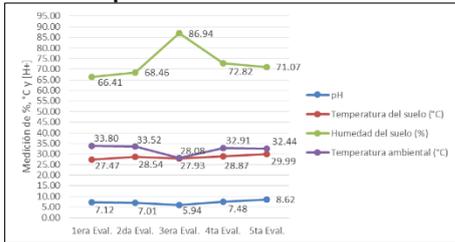


Gráfico 6: Curva de descomposición de la cascarilla de arroz (g).

Fuente: *Elaboración Propia, 2017.*

- O.E 2: Comparar las características químicas entre la aplicación y la no aplicación de microorganismos de montaña en la cascarilla de arroz

4.1.8. Análisis de los contenidos químicos de la cascarilla de arroz (Ver Anexo 1).

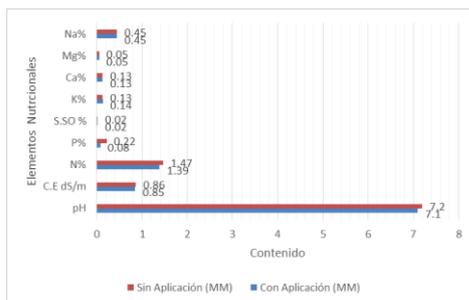


Gráfico 7: Contenido macro nutrientes químicos de la cascarilla de arroz con y sin aplicación de microorganismos de montaña. Ver anexo 7.

Fuente: *Elaboración Propia, 2017.*

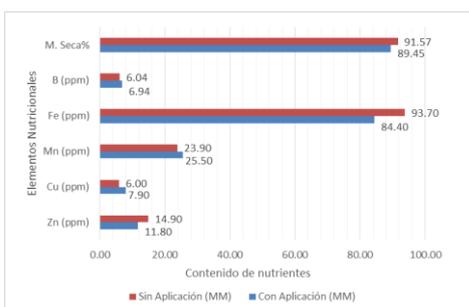


Gráfico 8: Contenido micro nutrientes químicos de la cascarilla de arroz con y sin aplicación de microorganismos de Montaña. Ver anexo 7.

- O.E 3. Realizar el procedimiento de reproducción y aplicación de microorganismos de montaña para mejorar la tasa de descomposición de cascarilla de arroz.

4.1.9. Flujograma del procedimiento de reproducción y aplicación de microorganismos de montaña para mejorar la tasa de descomposición de cascarilla de arroz.

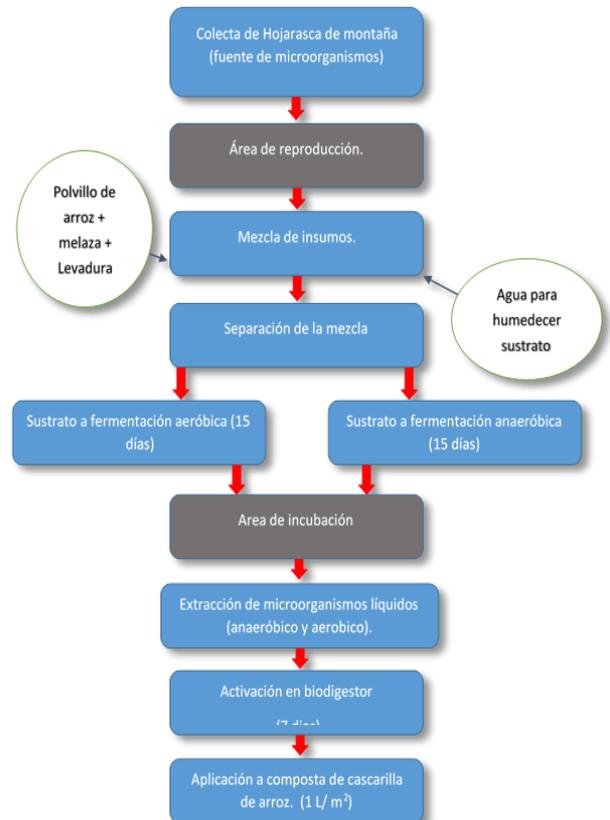


Figura 1: Procedimiento del trabajo de investigación.

Fuente: *elaboración propia, 2017*

DISCUSIÓN

a. Peso seco Final (WSF).

El análisis de varianza de la tabla 1 y 2, del peso seco de la cascarilla de arroz (g), nos indica que existen diferencias significativas en las Dosis de aplicación de microorganismo, por lo tanto hubo efecto de tratamientos. Analizando esta significancia en la prueba de rangos múltiples de Tukey, apreciamos a mayor detalle cuál de los tratamientos ocasiona esta significancia, encontrando que al aplicar 1l de Microorganismos de montaña (MM), el peso seco final fue menor, resultando 399 g. a diferencias del testigo, que fue de 444 g, esto nos indicaría que sí existe descomposición de los restos de cascarilla de arroz, esto por efecto de los Microorganismos aplicados ya que éstos se alimentan de materia liberando nutrientes como lo mencionan **Vilas (1998)**³⁴ con **Bot y Benites (2005)**⁶. Estos microorganismos son considerados factores de descomposición ya que las colonias de estos han provenido de bosque primario ya que en esos ambientes se da los procesos de descomposición de hojarasca (**Meliño et al, 2013**)²⁰ de donde se hizo la colecta.

b. Porcentaje de peso húmedo (%WH).

En la Tabla 3 y 4, para el porcentaje de peso húmedo de la cascarilla de arroz, nos indica que existen diferencias altamente significativas al exponerlo a las dosis de 0.0 l, 0.5 l y 0.1l. de microorganismos, por lo tanto una de las dosis aplicadas indica que existe efecto de tratamientos. Al respecto en la prueba de Tukey ($p < 0.05$), nos indica al detalle que al utilizar 0.1l de microorganismos mejoramos el peso húmedo de la cascarilla de arroz, resultando 37.6 el porcentaje, a diferencia de los demás tratamientos, por lo tanto la aplicación de microorganismos en un procesos de compost mejora o aumenta la capacidad de retención de humedad, como lo menciona **Torres (2004)**³¹, esto nos indica que existió actividad de los microorganismos aplicados en la descomposición de las cascarilla de arroz.

c. Tasa de descomposición Promedio (TDP).

En la Tabla 5 y 6, para la tasa de descomposición de la cascarilla de arroz al recibir las aplicaciones de microorganismos nos muestra que existe diferencia significativa entre las dosis probadas. Encontrando a través de la prueba de rangos múltiples de tukey ($p < 0.05$), que al someter a la cascarilla de arroz a la dosis de 1 L de MM, incrementa la tasa de descomposición, siendo el promedio de 2.98 g/día, a diferencias de las dosis de 0.5 L y 0.0 L de MM, teniendo estos ultimo tasas de 1.54 g/día y 1.58 g/día, respectivamente siendo estadísticamente iguales, esto nos indica que podemos mejorar la propiedades físicas y químicas, ya que como reporta **Calderón (2002)**⁸, es un sustrato con baja tasa de descomposición y poca retención de humedad y en el presente trabajo de investigación estas características mejoraron a la aplicación de 1 l de Microorganismos de montaña.

d. Porcentaje de descomposición Final (%DF).

En la tabla 7 y 8, del análisis de varianza para el porcentaje de descomposición final de la cascarilla de arroz, por efecto de la aplicación de los microorganismos, nos indica que existe diferencias significativas altas, es decir que existe efecto de tratamientos, ya que se aprecia que la dosis de 1 l de MM mejora la descomposición de la cascarilla de arroz, ya que se obtuvo un promedio del 33.36% siendo superior a los demás tratamientos aplicados, de igual manera que en el parámetro anterior la dosis de 0.5 L y 0.0 L de MM son estadísticamente iguales. Las experiencias reportadas por **Nieves (2005)**²⁴, **Reátegui et al (2005)**²⁷, **Muños (2005)**²³, **Brito (2005)**⁷ y **Torres (2013)**³⁰, atribuyen a los microorganismos beneficios en la obtención de plantas de calidad debido a que al descomponer la materia orgánica más rápido liberan nutrientes que favorecen a la producción de diversas especies, como se pudo apreciar en los resultados obtenidos en este parámetro investigado. Al mismo tiempo nos indicaría que el sustrato de cascarilla

de arroz sería más eficiente si lo utilizamos como sustrato para la producción de plantas y/o tratamiento de este residuo para reducir los efectos de contaminación.

e. Resultados del análisis de Microorganismos de Montaña.

En la Tabla 9, nos indica que existe un promedio de 51×10^6 UFC/mL microorganismos aerobios (51, 000,000 de Unidades Formadoras de Colonias por mililitro), en cuanto a los anaerobios existe 10×10^3 UFC/mL (10,000 Unidades Formadoras de Colonias por mililitro) y bacterias fijadoras de nitrógeno existe un promedio de 20×10^5 NMP/mL (2,000,000 Número Más Probable por mililitro), esto significa que la mayor cantidad de microorganismos existentes en la esencia utilizados en la investigación son aerobios, por lo tanto esto corrobora lo mencionado por Higa y Parr (1994)¹⁴, que estos están compuestos por microorganismos beneficios aeróbicos como anaeróbicos, los cuales tiene diferentes funciones, entre ellos de alimentarse de fuentes orgánicas de carbono y nitrógeno. No se ha podido identificar en los análisis los grupos de microorganismos reportados por (Higa y Parr (1994)¹⁴, a su conocer que existen bacterias fijadoras de nitrógeno que promueven la asimilación de este elemento para las plantas.

f. Comportamiento de la Descomposición de la cascarilla de arroz.

En la figura 5, de la curva de descomposición de la cascarilla de arroz, se muestra el comportamiento del peso (g), según cada evaluación en base a cada tratamiento utilizado, donde se aprecia que todos los tratamientos tienen una tendencia a bajar el peso seco, resaltando la dosis de 1 l. de MM (T3), que hasta la 5ta evaluación tuvo menos peso seco (menor de 400 g). Separándose de los otros tratamientos. Por lo tanto certifica que la aplicación de microorganismos acelera la descomposición de la cascarilla de arroz, por lo tanto existió actividad de éstos, sustentando lo mencionado por Arolab (2007)⁴, López

(2013)¹⁷ y Brito (2005)⁷, como sucedió en el presente experimento por espacio de 72 días de evaluación.

g. Comportamiento de los factores que influyen en la descomposición de la cascarilla de arroz.

En el gráfico 6, se muestra el comportamiento del pH, la Temperatura (°C) y humedad (%) de la cascarilla de arroz y temperatura ambiental (°C). Se aprecia un descenso de la temperatura ambiental en la tercera evaluación (28.08°C), esto afectó la humedad de la cascarilla de arroz (%) ya que éste se eleva de 68.46% a 86.94% a su vez esto ocasiona un descenso el pH de 7.01 a 5.94 (de neutro a ligeramente ácido). En cuanto a la temperatura de la cascarilla de arroz en promedio desciende ligeramente de 28.54°C a 27.93°C, también en la tercera evaluación, esto puede ser debido a la presencia de precipitaciones en la época de evaluación. Estos resultados corroboran lo mencionado por López (2013)¹⁷, Arolab (2007)⁴ y Aerts (1997)¹, que existen factores como el clima que tiene influencia sobre la descomposición en este caso de la cascarilla de arroz, ya que los microorganismos necesitan de oxígeno o agua para realizar este proceso para de esta manera liberar los nutrientes que permitirán obtener plantas de calidad, haciendo posible la mejores condiciones físicas como mayor retención de humedad.

h. Análisis de los contenidos químicos de la cascarilla de arroz (Ver Anexo 1).

En los gráficos 7 y 8 nos muestran los contenidos de los macro y micro nutrientes de la cascarilla de arroz después de la 5ta evaluación, donde se aprecia que el porcentaje de materia seca disminuyen con la aplicación de Microorganismos de Montaña de 91.57% a 89.45%, al darse esto significa que también hay una liberación de nutrientes importantes para las plantas en especial de macronutrientes, siendo el caso de N y P que los porcentaje bajan con la aplicación de 1.47% a 1.39% y 0.22% a 0.08%.

Lo mismo pasa con los micro elementos como el Zn y Fe donde las ppm, también descienden 14.90 ppm a 11.80 ppm y 93.70 ppm a 84.40 ppm, estos resultados nos determinan que estos elementos químicos son sensibles a los procesos de descomposición con los microorganismos de montaña.

Estos resultados coinciden con los reportados por, **Torres (2013)**³⁰, donde la aplicación de microorganismos de montaña favorece a la disminución de la materia orgánica, así como P (fosforo) y Zn (zinc), como también se reporta en este estudio en el análisis realizado por el laboratorio de suelos y fertilizantes del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), en el cual se muestra el análisis de testigo, es decir sin aplicación de microorganismos (M2) y la dosis de 1 L de MM (M1), esto debido a los resultados obtenidos de la tasa de descomposición ya que la dosis de 0.5 L de MM es en muchos parámetros estadísticamente igual que el tratamiento sin aplicación de microorganismos.

Por lo tanto se estaría dando la descomposición de moléculas complejas por fragmentación de partículas de gran tamaño por el proceso biótico, dando como resultado proceso como mineralización mencionado por **Wetzel y likens (1991)**³⁵, **Maltby (1996)**²¹, **Álvarez (2005)**³ y **Satchell, (1974)**²⁸.

Por lo que la descomposición de la cascarilla de arroz por acción de los microorganismos podría ser usado como mejorador de suelos o como abono como lo menciona **Yepes et al. (2008)**³⁸ ya que incrementa la síntesis de sustancias biológicas **Hoyos et al. (2008)**¹⁶.

Esto estaría dentro del marco normativo del manejo de residuos agroindustriales de la política peruana ya que toda persona merece gozar de un ambiente equilibrado y

adecuado que hace cita la Constitución Política del Perú en su artículo 2, numeral 22.

También con este trabajo demuestra que se puede dar cumplimiento al Decreto Supremo N° 016-2012-AG, en su artículo 24, ya que a la cascarilla de arroz se da un tratamiento alternativo con el fin de reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que se producen por la quema de este residuo, ya que según la Ley de promoción de la producción orgánica y ecológica Ley 29196, se viene aplicando el artículo 3 cuyo principio es que siempre que sea posible minimizar todas las formas de contaminación y promover el uso responsable de los recursos.

CONCLUSIONES

Al evaluar el efecto de la incorporación de microorganismo en la descomposición de la cascarilla de arroz se concluye que al aumentar la dosis de aplicación se mejora la tasa de descomposición por lo tanto se acelera la descomposición. La tasa de descomposición al aplicar 1l de microorganismo es de 2.98 g/día, y sin aplicación es de 1.58 g/día, es decir que aplicando los microorganismo estos duplican la descomposición.

La aplicación de microorganismos de montaña, disminuyó el porcentaje de materia seca de 91.57% a 89.45%; se obtiene mayor disponibilidad de nutrientes como el Nitrógeno, Fosforo, Zinc y Hierro.

Los procedimientos para la elaboración de los microorganismos de Montaña en base a la bibliografía consultada, y aplicada en el experimento son los adecuados ya que nos permitió obtener los resultados mencionados en el presente trabajo de tesis.

El uso de microorganismos de montaña es una alternativa para el tratamiento de cascarilla de arroz.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Aerts, R. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems, a triangular relationship. *Oikos*, 79, 439-449. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/3546886>. 1997.
2. Álvarez, J. Tipos y niveles de investigación. [Sede web] losteques.ucab.edu.ve.com; - [acceso : 24/09/2014], Disponible en: http://losteques.ucab.edu.ve/Profesorado/alvarez_juan/mipagina/archivosweb/tiposyniveles.ppt. 2011.
3. Álvarez S. La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. *Revista Científica y Técnica de ecología y medio ambiente. Ecosistemas*: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=118&ld_Categoria=2&tipo=portada. 2005.
4. Arolab. Producción de abono orgánico con microorganismos eficaces EM-1. Material Elaborado Para Formación Profesional en Ganadería Lechera. - Agosto - Diciembre-2007. Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Perú. 22 pág. 2007
5. Bjorn, B., & Comstedt, D. Isotope fractionation and ^{13}C enrichment in soil profiles during the decomposition of soil organic matter. *Journal of ecología*, 153, 1. doi: 10.1007/s00442-007-0700-8. 2007.
6. Bot, A; Benites, J. The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food and production. Roma, IT. *Fao Soils Bulletin* 80.78 p.2005
7. Brito, M. Evaluar la eficiencia de tres tipos de microorganismos disponibles en el mercado, utilizados en la elaboración de compost. Conocoto - pichincha. Pichincha. Ecuador. 2005.
8. Calderón, F. La Cascarilla De Arroz "Caolinizada"; Una Alternativa Para Mejorar La Retención De Humedad Como Sustrato Para Cultivos Hidroponicos. Asistencia Técnica Agrícola Ltda. Noviembre 10 de 2002. Bogotá D.C., Colombia S.A. *Rev Nov* 14/2002. www.drcalderonlabs.com. 2002
9. Calzada, J. Apuntes de Estadística. [Sede web] es.scribd.com; 2012 - [acceso : 05 de Julio de 2014]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/90038545/Apuntes-deEstadistica-2012>.
10. Díaz, P. Tello, S. García, J y Viena, A. Experiencias en preparación de microorganismos de montaña (MM). Proyecto Promoción del Piñón Blanco. Dirección Regional Agraria San Martín. <https://es.scribd.com/doc/87707770/Experiencia-en-preparacion-de-Microorganismos-de-montana>. 2011.
11. Dirección Regional Agraria San Martín - DRASAM. Análisis del Sub sector Agrícola. Evaluación mensual de la producción, p 1-5. 2014.
12. Gómez, E y Molina, S. Desarrollo de un abono orgánico (EM-Compost) como parte del manejo de desechos de cáscaras de banano provenientes del procesamiento de su pulpa. Universidad EARTH. Costa Rica. Guácimo, 2006. 35 P.

13. Harmon, M. E, Whigham, D. F, Sexton, J., & Olmsted, I. Decomposition and mass of Dead wood in the dry tropical forests of the North-eastern Yucatán Península, México. *Biotropica*, 1995. 27, 305-316.
14. Higa, T y Parra, J. Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agricultura and Environment. Japón. 1994.
15. Higa, T. Effective microorganisms: A biotechnology for mankind. p.8-14. In J.F. Parr, S.B. Hornick, and C.E. Whitman (ed.) *Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming*. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USA. 1991
16. Hoyos H, D; Alvis G, N.; Jabib R, L; Garcés B, M.; Pérez F, D.; Mattar V, S. Utilidad De Los Microorganismos Eficaces (Em®) En Una Explotación Avícola De Córdoba: Parámetros Productivos Y Control Ambiental. *Rev. MVZ Cordoba* vol.13 no.2 Córdoba May/Aug. 2008.
17. López, P C. El proceso de compostaje. Oregon State University. 2001. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2562/1/56T00329.pdf>-PAOLA CATALINALÓPEZLÓPEZ. 2013.
18. Leyton, A y Mendoza, D. Clases de investigación científica. Exposición y contenido. <http://webcache.qooqleusercontent.com/search?q=cache:oASAV5UJukJ:https://investigacionestado.wordpress.com/2012/05/19/clases-v-tipos-de-investigacion-cientifica/+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&q|=de.2012>
19. Macias, F. & Calvo de Anta, R. Los suelos de Galicia. En: *Sociedade para o Desenvolvimento Comarcal de Galicia*. (Ed). Atlas de Galicia. Consellería de Presidencia. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela. Tomo 1: Medio Natural 2005:173-217.
20. .
21. Melillo, J. M, Aber, J. D., Linkins, A. E., Ricca, A., Fry, B., & Nadelhoffer, K. J. Carbón and nitrogen dynamics along the decay continuum, plant litter to soil organic matter. *Plant and Soil* 115,189-198. Obtenido de http://wikis.lib.ncsu.edu/images/1/1b/MEA_760_Melillo.2013.
22. Méndez, R. Aprovechamiento de subproductos agropecuarios. Unisur, Santafé de Bogotá. 1995. 336 p.
23. Moldes, A. B., Cruz, J. M., Domínguez, J. M. , Parajó, J. C. Production of a cellulosic substrate susceptible to enzymatic hydrolysis from prehidrolized barley husks. *Agr. Food Sci. Finland*. 2002.11(1): 51-58
24. Muños, J. Compostaje en pescador, causa: tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución de problemas medioambientales. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 2005. 96 p.
25. Nieves, L. Cuantificación de la composición microbiológica de cuatro abonos orgánicos usando EM (microorganismos eficaces) como índice comparativo. Costa Roca. Guácimo. Diciembre 2005. 26 p.
26. Parr, J.F. and S.B. Hornick. Assessment of the Third International Conference on Kyusei Nature Farming: Round Table Discussion by USDA Scientists, October 7, 1993. Published by the Nature Farming Research and

- Development Foundation, Lompoc, California, USA. 1994.
27. Plaster, Edward J. La ciencia del suelo y su manejo. Ed. Paraninfo, 2000.
 28. Reátegui, K; Zenteno, H; Hernández, C. Quiros, L. Evaluación del sistema de producción de EM-compost utilizando aireación forzada y residuos de banano. Costa Rica. Guácimo. Diciembre 2005. CR, Universidad EARTH. 2005.61 p.
 29. Satchell, J.E. Litter-interface of animate/inanimate matter. En *Biology of Plant Litter Decomposition*. Vol.1. Dickinson, C.H. y G.J.F. Pugh (Eds.). Academic Press. London. 1974.
 30. Saval, S. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. Instituto de Ingeniería, UNAM, Ciudad Universitaria, México, D.F. 0451. *BioTecnología*, Año 2012, Vol. 16 No. 2.
 31. Torres, M. Utilización de microorganismos como mejoradores de la calidad de sustratos para plantas de *Vitex orinocensis* (Paliperro), en el vivero experimental Pucayacu-IIAP, caserío Vello Horizonte, provincia de San Martín 2013. Tesis de pre grado. Universidad Alas Peruanas, Taraporo, Perú, 2013.
 32. Torres, P.; Escobar, J.; Pérez, A.; Imery, R.; Uribe, I. Evaluación de la tecnología de compostaje para el aprovechamiento de los biosólidos generados en la PTAR-Cañaveralejo de EMCALI EICE ESP. Colciencias, Universidad del Valle, EMCALI, OCyT, BID y Fundación Biocidad. Cali, 2004.
 33. Urtecho, K. Elaboración de inóculo microbiológico MM. In *Feria América Tropical*. La sostenibilidad está en tus manos (2005, EARTH). Memorias. EARTH, CR. 2005.
 34. Us. Department of agriculture and U.S. Composting council. Test methods for the examination of composting and compost. Edaphos international, TX. Disponible en: <http://www.epa.gov/owm/mtb/biosolids/503rule/>. 2001.
 35. Vilas, M. Efectos de la diversidad de especies en el funcionamiento de los ecosistemas. *Orsis* 1998.13:105-117.
 36. Wetzel, R.G. y Likens, G.E. *Limnological analysis*. Second Edition. Springer-Verlag. New-York. 1991.
 37. Yepes, S.; Montoya, L. y Orozco, F. Valorización De Residuos Agroindustriales - Frutas - En Medellín Y El Sur Del Valle Del Aburrá, Colombia Agroindustrial. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin* 61(1):4422-4431.20

