

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



**“DISPOSICIÓN Y RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS
EN LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
SEDE SANTO TOMÁS”**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

PRESENTADO POR: Bach. Farisa Loaiza Pacheco

ASESORA: Ing. María Angélica Acosta Sánchez

TESIS FINANCIADA POR LA UNSAAC

CUSCO – PERÚ

2020

DEDICATORIA.

A Dios.

Por haberme dado la vida para lograr mis objetivos trazados, además de su infinita bondad y amor.

Con todo mi cariño y amor a mis padres Tomás Loaiza Cuba e Iris Lucila Pacheco Zubileta, quienes me apoyaron para que yo pudiera lograr mis sueños y por la motivación constante que me han permitido ser una persona de bien y por su amor incondicional a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Gracias a mi hermana Ghardenia y a mi tía Cirila que siempre estuvieron atentos para brindarme toda su ayuda incondicional, el apoyo moral y la confianza que depositaron en mí, con todo cariño esta tesis se los dedico a ellos.

A mis amigas (os) Delia y Brisney, por el apoyo, amistad y consejos que me brindaron en todo momento.

A ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

AGRADECIMIENTO.

A Dios.

Por darme sabiduría y por permitir que unas de mis metas sean cumplidas y ser mi soporte para la realización del presente trabajo.

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, a los Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria Filial Santo Tomás, por las valiosas enseñanzas durante mi formación profesional y personal.

Mi especial gratitud a la Ing. María Angélica Acosta Sánchez y Milton Gamarra Montañez quienes con su conocimiento de gran calidad humana me apoyaron y les agradezco infinitamente por su valiosa colaboración y asesoramiento en la ejecución del presente trabajo de investigación.

Mi agradecimiento especial a todos mis amigos y amigas, en especial a Delia y Rafael gracias por vuestro apoyo moral, confianza y dirección incondicional, para la conclusión del presente trabajo de tesis.

Mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que desinteresadamente me facilitaron su apoyo para la recolección del material para llevar acabo la presente tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema objeto de investigación.....	2
1.1.1. Identificación del problema objeto de investigación (POI)	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Problema General	3
1.2.2. Problemas Específicos.....	3
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	4
2.2. Objetivos	4
2.1.1. Objetivo general.....	4
2.1.2. Objetivos específicos	4
2.2. Justificación	4
III. HIPOTESIS.....	5
3.1. Hipótesis general	5
3.2. Hipótesis específico	5
IV. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	6
4.1. Antecedentes	6
4.2. Marco legal	10
4.2.1. Ley General de Residuos Sólidos N° 27314.....	10
4.3. Marco conceptual.....	11
4.3.1. Residuos sólidos.....	11
4.3.2. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS)	11
4.3.3. Gestión de Residuos Sólidos	12
4.3.4. Manejo y disposición de residuos sólidos	12
4.3.5. Manejo integral de residuos sólidos.....	12
4.3.6. Contenedor	12
4.3.7. Acciones a seguir para la implementación del programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos antes de la composta	13

Se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:.....	13
4.4. Bases teóricas filosóficas.....	13
4.4.1. Educación ambiental.....	13
4.4.2. Abono orgánico.....	13
4.4.3. El compost.....	14
4.4.3.1. Microorganismos patógenos en el compost.....	14
4.4.4. Compostaje.....	15
4.4.5. Factores que afectan el proceso de compostaje.....	21
4.4.6. Ventajas del proceso de compostaje.....	26
4.4.7. Residuos sólidos urbanos.....	27
4.4.8. Origen de los contaminantes atmosféricos del compostaje.....	30
4.4.9. Los olores.....	30
IV. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
5.1. Tipo de investigación.....	33
5.2. Ubicación espacial y temporal de la investigación.....	33
5.2.1. Ubicación geográfica.....	34
5.3. Materiales y métodos.....	35
5.3.1. Descripción de los métodos.....	35
5.4. Población muestra.....	36
5.5. Materiales y equipos.....	36
5.6. Flujo grama de actividades.....	38
5.7. Descripción de procedimientos y actividades.....	39
5.7.1. Procedimientos de trabajo en campo.....	39
5.8. Identificación de variables.....	42
5.9. Aplicación estadística.....	44
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
6.1. Disposición de residuos sólidos orgánicos con usuarios de la EPIA para compostaje.....	45
6.1.1. Población potencial usuario/beneficiario en el área de estudio.....	45
6.1.2. Identificación de residuos orgánicos generados en EPIA.....	47
6.2. Compostaje de residuos sólidos orgánicos generados.....	56

6.2.1. Alternativa propuesta para reúso de RO en terrenos de cultivo.....	56
6.3 Tiempo de composta: Reducción y optimización	75
6.3.1 Uso de levadura de pan (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) + insumo (Sangre de ovino en la instalación de las pilas) en la composta de residuos orgánicos.....	75
6.3.2. Aplicación de solución líquida de microorganismos eficientes EM en T0 (sin aplicación alguna), T1 (levadura de pan) y T2 (levadura de pan, sangre). (Anexo: 13).....	77
6.3.3. Percepción del tiempo de compostaje (Ítem 2.8)	78
6.4. Determinación de la calidad de compost.....	84
6.4.1. Análisis de laboratorio de parámetros biológicos, físico y químico: ...	84
6.5. Aceptación del programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos en la EPIA	98
6.5.1. Estimación y proyección de producción de compost en EPIA.....	98
6.5.2. Espacio y área requerida	99
6.5.3. Mejora de la disposición de RO según el programa.....	100
6.5.4. Aceptabilidad del proceso de implementación (Ítem 4.7).....	108
CONCLUSIONES.....	111
RECOMENDACIONES	112
BIBLIOGRAFÍA	113
ANEXOS	117

RESUMEN

En la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria Filial Santo Tomás – UNSAAC, los residuos sólidos orgánicos generados se evacuaban al carro recolector del municipio, sin embargo dichos residuos son fuente de materia orgánica, que realizando, disposición y reciclaje generan beneficio para agricultura. Los objetivos fueron: compostar los residuos sólidos orgánicos, determinar la calidad de compost con levaduras y monitoreo de la aceptabilidad por usuarios para el diseño del programa a condiciones de la EPIA. En este estudio descriptivo, se aplicaron diversos métodos y materiales, en cada etapa; desde la sensibilización con sesiones informativas, implementación de contenedores, señalización, socialización del proceso a usuarios además, el compostaje se evaluó con DCA, conducido bajo procedimientos técnico productivo planificado, y monitoreo continuo, las propiedades biológicas, físicas y químicas se analizaron en laboratorio y para la validación de la propuesta se aplicó encuestas a un grupo muestral cuya , información fue analizada e interpretada con ANVA, T y Tukey.

Como resultados se obtuvo: que las 38 personas que constituyen la muestra generan principalmente tres grupos de residuos orgánicos (frutas-verduras, estiércoles y restos de cosecha), la adecuada disposición permitió obtener compost, siendo el T2 mejor, en menor tiempo (102 días), y con aplicación de levadura más sangre (según análisis), optándose como mejor alternativa; Se puso en funcionamiento el programa como resultado de la estimación y proyección de producción de compost en el tiempo y espacio requerido con plena aceptación a nivel de la EPIA, según análisis de las encuestas.

Palabras clave: Aceptación, diseño-programa, mejora-calidad, reducción- tiempo, residuos-sólidos- orgánicos, compost, validación.

ABSTRACT

In the Professional School of Agricultural Engineering Filial Santo Tomás - UNSAAC, the generated organic solid waste was evacuated to the municipal collection car, however such waste is a source of organic matter, which, by disposal, disposal and recycling, generate benefits for agriculture. The objectives were: composting organic solid waste, determining the quality of compost with yeasts and monitoring the acceptability by users for the design of the program under EPIA conditions. In this descriptive study, various methods and materials were applied, at each stage; from sensitization with informative sessions, container implementation, signaling, socialization of the process to users; Composting was evaluated with DCA, conducted under planned productive technical procedures, and continuous monitoring, biological, physical and chemical properties were analyzed in the laboratory. For the validation of the proposal, surveys were applied to the sample group (of 221 people, and 38 constitute the sample), information analyzed and interpreted with ANVA, T and Tukey.

As a result it was obtained: that the 38 people who constitute the sample mainly generate three groups of organic waste (fruits-vegetables, manures and crop residues), the adequate disposition allowed to obtain compost, being the T2 better, in less time (102 days), and with application of MS (according to analysis), choosing as the best alternative; The program was put into operation as a result of the estimation and projection of compost production in the time and space required with full acceptance at the EPIA level, according to survey analysis.

Key words: Acceptance, design-program, improvement-quality, reduction-time, solid-organic-waste, compost, validation.

I. INTRODUCCIÓN

La Escuela Profesional Ingeniería Agropecuaria, viene funcionando desde el año 2007, alberga a una comunidad educativa, en este contexto la convivencia diaria, el uso de espacios y la disposición de los residuos orgánicos, debe estar enfocados de manera coherente con el ambiente (MINAM, 2013).

Se tiene la necesidad de mejorar la condición de los suelos del área experimental de la EPIA ya que son muy pobres en nutrientes (UNSAAC-FCA-CISA, 2016); para lograr esta mejora, se tiene materia prima para la producción de compost que contribuirá en este proceso, como son: residuos sólidos orgánicos generados por estudiantes, kiosco, estiércol de animales menores y restos vegetales resultantes de las labores culturales realizadas en el área experimental de la Escuela, sobre todo los residuos por limpieza de área donde se retira el kikuyo, que en la mayoría de casos es quemado por los agricultores la colecta de los residuos sólidos orgánicos y su manejo también deberán ser parte de un plan de gestión de residuos sólidos que permita tener un ambiente saludable (El Peruano, D.L.N°1278, Art.2, 2019), por el que se planteó *¿Cómo diseñar un programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos en la EPIA?*: antes del presente trabajo no se obtenía beneficio de los residuos orgánicos producidos en la escuela y un inadecuado manejo podría generar un impacto negativo en el medio ambiente, y traería como consecuencia contaminación ambiental. Se debe hacer énfasis, que en la actualidad, se ha incrementado el uso del abono orgánico y a la fecha se está valorando cada vez más, gracias a la preferencia del consumo de productos orgánicos (Plazas y García, 2014).

Además, el compostaje puede ser alternativa para obtenerlos, mediante la disposición correcta y manejo de los residuos sólidos orgánicos generados en la EPIA. Estos residuos orgánicos pueden convertirse en insumo básico para desarrollar producción agrícola (Plazas y García, 2014). Por lo que el objetivo del trabajo es elaborar un programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos con énfasis en la producción de compost; donde se comparó dos tratamientos; T1 con aplicación de levadura de pan y T2 con aplicación de levadura de pan más sangre y un testigo sin aplicación alguna de microorganismos con la finalidad de evaluar su efecto en el rendimiento en la producción del compost cuyos resultados se muestran en el contenido del trabajo.

1.1. Problema objeto de investigación

1.1.1. Identificación del problema objeto de investigación (POI)

La contaminación y degradación ambiental a nivel mundial, regional, nacional y local es evidente en la actualidad (MINAM, 2016), como en la EPIA Santo Tomás se generan residuos sólidos orgánicos, donde la escasa cultura para disponer y reciclar los residuos dentro de la Escuela conlleva al desorden del ambiente (Anexo 1), por otro lado la falta de fertilización de las áreas de cultivo es una preocupación para la escuela; considerando que los residuos orgánicos generados por el kiosco, consumo de alimentos por estudiantes y estiércoles producidos por la crianza de animales menores, particularmente el (*Pennisetum clandestinum*) “kikuyo”; se ha convertido en una especie que invade áreas de cultivo con agresividad, considerado “maleza” por lo que los estudiantes hacían secar para quemar, con el propósito de controlar su propagación (Reunión:EPIA, 2018); dichos residuos no se le daba ningún uso, para ello se propone utilizar como fuente de materia prima para la elaboración de compost.

1.2. Planteamiento del problema

En la EPIA Santo Tomás, se halló una incorrecta disposición de residuos orgánicos y se requiere mejorar mediante el diseño de un programa de disposición y reciclaje, por lo que todos los residuos sólidos orgánicos vienen siendo tratados inadecuadamente, sin darle uso y valor, (Reunion:EPIA, 2018), corriendo el riesgo de generar contaminación de no ser intervenido en su momento.

En el presente trabajo se planteó diseñar un programa para disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos y compostarlos, a fin de reducir la contaminación ambiental y al mismo tiempo producir abono orgánico (Mendoza, 2012), para ser utilizado en las áreas experimentales de la Escuela. Considerando que el área experimental y áreas verdes, requieren fertilización para restituir nutrientes, que en mayor parte es producto de la degradación de suelos, motivo por el cual se da la necesidad de incorporar abonos orgánicos como el compost, para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, como cumplimiento a las recomendaciones para la conservación del ambiente y desarrollo en la EPIA.

1.2.1. Problema General

¿Cómo diseñar un programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos en la EPIA?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo compostar los residuos sólidos orgánicos generados por usuarios de la EPIA Santo Tomás?
- ¿Cuál es la calidad del compost obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en la EPIA Santo Tomás?
- ¿Cómo monitorear la aceptación y validación del posible diseño de programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos en la EPIA Santo Tomás?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.2. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

Diseñar un programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos en la EPIA.

2.1.2. Objetivos específicos

- Compostar los residuos sólidos orgánicos generados por usuarios de la EPIA Santo Tomás.
- Determinar la calidad del compost aplicando levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) que se obtendrá a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en la EPIA Santo Tomás.
- Monitorear la aceptación del posible programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos en la EPIA Santo Tomás.

2.2. Justificación

La Escuela Profesional Ingeniería Agropecuaria de Santo Tomás considera que las normas sobre la protección de ambientes educativos exigen intervenir frente a la generación de residuos sólidos orgánicos y plantean alternativas para reutilizar y valorar y evitar que este recurso sea enviado al botadero municipal sin tratamiento, así también es importante promover la educación ambiental en la comunidad universitaria, debido a la estimación previa sobre datos obtenidos por semana donde indica que, en la Escuela se producen 55.79 kg de materia orgánica compostable, (cáscaras de papa, huevo, restos de verduras) provenientes del kiosco y consumo de refrigerios por los estudiantes; 23.1 kg de estiércol de cuy provenientes del galpón de la EPIA; 4.2 kg de kikuyo verde por m² provenientes del deshierbe y preparación de suelo, y 400 kg de restos de cosecha por campaña agrícola que no son segregados correctamente; por otro lado EPIA tiene un área agropecuaria de experimentación (3500 m²) que requiere complementarse con prácticas de cultivos y crianzas con producción de estiércoles, brindando la restitución al terreno con materia orgánica procesado en compost, debido a que se debe mantener los niveles de nutrientes y principalmente la clase textural de franco arenosa, con el fin de mejorar las características de los suelos; a su vez las condiciones de un ambiente saludable de la escuela.

III. HIPOTESIS

3.1. Hipótesis general

El estudio generó el establecimiento de un programa de reciclaje de residuos sólidos orgánicos con producción de compost, para la mejora de las condiciones de los terrenos del área experimental en la EPIA.

3.2. Hipótesis específico

- La propuesta permitió producir compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en la EPIA Santo Tomás, como fuente de abono disponible para los terrenos experimentales.
- La calidad del compost mejoró al utilizar levadura y se disminuyó el tiempo de composta a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en la EPIA.
- La implementación del programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos contribuyó al manejo adecuado debidamente validado para la EPIA.

IV. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

4.1. Antecedentes

En Puebla México, experimentaron levadura de pan como acelerador de microorganismos alimentando con melaza o agua azucarada, para el compostaje de desechos orgánicos, desarrollaron un experimento utilizando proporciones para encontrar una óptima mezcla de acelerador, compararon la producción de composta con solo gallinaza utilizando tres composiciones diferentes de aceleradores y encontraron que si es posible reducir el tiempo en un 35%, las variables estudiadas fueron: Tamaño de las partículas, temperatura de la descomposición, adición de una aceleradora y humedad del material. Además concluyó indicando que es una solución eficaz y accesible en la agricultura familiar contribuyendo en la conservación de los recursos naturales, dado que la composta es una forma de degradar desechos orgánicos según **Guevara et al. (2016)**.

En la Tesis de investigación sobre la Calidad del compost utilizando levadura de pan en una unidad minera de Tacna a (4200-4445 m.s.n.m) obtuvo compost maduro con un valor aceptable de pH (8.24, ligeramente alcalino), una óptima relación C: N (14:1) en la pila Tipo 3 que consistió en compostar, residuos sólidos orgánicos, aserrín y como inoculante Microorganismos Eficientes (EM-Compost), siendo estos indicadores de la buena calidad de un compost producto de la aplicación de microorganismos. Además, señala que se obtuvo en un tiempo óptimo de producción teniendo un total de 84 días logrando reducir hasta en 28 días en comparación al método convencional (Tipo 1), durante el proceso señala que no se generó la presencia de vectores perjudiciales al proceso y durante el compostaje ni tuvo mayor problema con los olores emanados. El estudio tuvo una duración de 112 días (16 semanas) según **Córdova, (2016)**.

En estudios realizados en Huánuco cuyo título “*Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de Microorganismos Eficientes*” (*Saccharomyces cerevisiae, Aspergillus sp, Lactobacillus sp.*), En el proceso de compostaje en la central hidroeléctrica Chaglla” indica que el resultado de compostar materia orgánica más aserrín en cuatro tratamientos e incorporando microorganismos eficientes EM en diferentes dosis a tres tratamientos obtuvo un compost en el tratamiento cuatro cuya dosis utilizada fue 20 L en cuatro capas de 5L, determinó que es la mejor alternativa para la producción de compost, alcanzando temperaturas extremas de 69.5 C°, donde se dio por terminado a los 32 días el proceso de compostaje con una proporción de 84% MO. La elaboración de compost utilizando microorganismos a partir de residuos orgánicos es la relación que existe con el presente trabajo según **Cajahuanca, (2016)**.

Investigaciones similares como; tesis titulada Aplicación de tres tratamientos aceleradores para la elaboración de compost de residuos del Mercado Los Cedros, Distrito de Chorrillos, cuyo objetivo fue determinar la calidad del compost obtenido a partir de residuos provenientes del mercado, donde determinó parámetros físicos, químicos como humedad, conductividad, Ph, materia orgánica y contenido de nutrientes fosforo, nitrógeno y potasio. El presente trabajo se basó en tres tratamientos y un testigo, utilizando como aceleradores; para el primer tratamiento levadura, el segundo tratamiento lactobacillus y tercer tratamiento estiercol de cuy, obteniendo como resultado el mejor en calidad el tercer tratamiento, con una adecuada relación carbono/nitrógeno (24/96), mayor contenido de nutrientes NPK(1.58,1.7,3.09 %) y una adecuada cantidad de materia orgánica (82.37%) en comparación con los demás tratamientos. También concluye indicando que las fuentes generadoras influyen en la elaboración de compost por lo que los microorganismos son los que descomponen la materia orgánica contribuyendo a la reducción de los residuos orgánicos según **Damián,(2018)**.

De acuerdo a estudios realizados en el año 2013 por Ingenieros Agropecuarios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, grupo de investigación en Nutrición Agropecuaria en la Universidad del Cauca, desarrollado en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, sede las Guacas a una altitud de 1900 msnm con una temperatura ambiente promedio de 19°C, precipitación de 2000 mm/año con humedad relativa del 80% donde construyeron 8 composteras; el T1 estuvo conformado de residuos sólidos orgánicos, tierra y cal al 24% ,T2 residuos sólidos orgánicos, tierra y EM,T3 residuos sólidos orgánicos, tierra, EM y cal ; T4 residuos sólidos orgánicos y tierra, cada uno con volumen 1m³; se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 2 repeticiones, la variación entre tratamientos estuvo en la cal y EM combinación de bacterias ácido láctica (*Lactobacillus patustris*) una bacteria fototrófica (*Rhodopseudomonas palustris*), y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). Durante el desarrollo del compostaje se obtuvo una variación de PH entre 5,9 y 6, 6 donde el PH entre tratamientos fue similar pero el T2 se registró valores mayores, probablemente debido a la mineralización por adición de EM según **Muñoz et. al, (2013)**.

Estudios realizados por el grupo de Investigación en Nutrición Agropecuaria en la Universidad del Cauca, aseguran que la adición de estos microorganismos mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, debido a que la presencia de *Saccharomyces cerevisiae* permite la mineralización estructuras vegetales como ligninas presentes en los restos de cosecha de tomate, la mayoría de cultivos prosperan mejor en tierra con valores de pH entre 6 y 7, además el pH ejerce la influencia individual más importante sobre el aprovechamiento del fertilizante para el cultivo. Por otra parte, según la norma Norma Técnica Colombiana (NTC) N°5167 para productos orgánicos usados como abonos, fertilizantes y enmiendas de suelo, el pH debe estar en un rango de 4 a 9, debido a su efecto sobre la concentración de elementos nutritivos disponibles para las plantas y la actividad microbiana; además se encontró que en tratamientos donde utilizaron EM, presentan valores de materia orgánica entre 2 y 3,8% superiores a las otras formulaciones evaluadas según **Navia, et al. (2013)**.

En el trabajo de investigación titulada *Elaboración de un plan de segregación de residuos orgánicos para la producción de compost en el distrito de Chancay-San Marcos-Cajamarca 2015*; cuyo objetivo fue elaborar un plan de segregación de residuos orgánicos para la producción de compost, indica que el plan de segregación propuesto en su trabajo, permite la segregación de residuos orgánicos, evitando que lleguen al botadero de la basura y la generación del gas metano, uno de los principales gases del efecto invernadero responsable del cambio climático en nuestro planeta, según lo manifiesta la organización ecologista Green Peace. Además llega a la conclusión que el plan de segregación de residuos orgánicos para la producción de compost es viable, y la aplicación del plan de segregación mejora la calidad de vida de los pobladores del distrito de Chancay, además evita el deterioro del medio ambiente y la mejora sus cultivos con el uso del compost según **Alcántara & Rabanal, (2015)**.

En tesis titulado "*Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*", tuvo como objetivo construir un estado del arte acerca del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia durante los últimos 10 años mediante un análisis crítico y reflexivo de la información recopilada. En su trabajo pone énfasis sobre el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos donde indica que no se debe seguir viendo como un proceso aislado, pues debe ser intergrado con las empresas que prestan servicio de aseo público, así se genera más cultura y convicción del usuario con relación al ambiente. Las conclusiones a las que llegó tuvo ocho categorías de análisis, las cuales contienen datos importantes respecto al tema como los residuos sólidos y su clasificación, generación de residuos sólidos orgánicos, experiencias sobre el aprovechamiento de los residuos orgánicos urbanos, normatividad, la Gestión Integral de Residuos Sólidos, impactos y costos ambientales y económicos. También indican que los factores claves que influyen en el logro efectivo de programas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos urbanos son: participación efectiva de todos los actores que intervienen en el proceso, apoyo o intervención directa de las municipalidades como instituciones activas de recolección, transporte, gestión y control de los proyectos según **Jaramillo & Zapata, (2008)**.

4.2. Marco legal

4.2.1. Ley General de Residuos Sólidos N° 27314

En nuestro país, se cuenta con la Ley General de Residuos Sólidos, esta Ley establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana. En el ámbito de la Ley 27314, no contemplaba una visión integral de la gestión de residuos. A partir del año 2008, la Ley 27314 ha sido modificada por el Decreto Legislativo 1065, el cual introduce nuevos lineamientos de la política de residuos sólidos, entre ellos el previsto en el artículo 4.5 y 4.6: Donde indica desarrollar y usar tecnologías, métodos, prácticas y procesos de producción y comercialización que favorezcan la minimización o reaprovechamiento de residuos sólidos y su manejo adecuado. Fomentar el reaprovechamiento de los residuos sólidos y la adopción complementaria de prácticas de tratamiento y adecuada disposición final. Como vemos con la modificación del artículo 4 de la Ley General de Residuos sólidos, comprobamos que hay un cambio en el enfoque del manejo de residuos sólidos, dando cabida al desarrollo de tecnologías eficientes en los procesos que comprende una adecuada gestión de estos materiales. Además, esta Ley exige que los residuos sólidos sean manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:

- Minimización de residuos.
- Segregación en la fuente.
- Reaprovechamiento.
- Almacenamiento.
- Recolección.
- Comercialización.
- Transporte.
- Tratamiento.
- Transferencia.
- Disposición final **(OEFA, 2013-2014)**.

4.3. Marco conceptual

4.3.1. Residuos sólidos

OEFA define a los residuos sólidos como sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido, desechados por su generador. Se entiende por generador a aquella persona que en razón de sus actividades produce residuos sólidos. Suele considerarse que carecen de valor económico, y se les conoce coloquialmente como “basura” **(OEFA, 2013-2014)**.

La generación de residuos sólidos en el Perú ha incrementado significativamente en los últimos años, además la gestión integral de los residuos por parte de las autoridades locales es insuficiente, llegando a afectar la salud de la población en varias partes del país. Dicha situación se manifiesta en que sólo se disponen en rellenos sanitarios 26%, se recicla el 14,7% y se vierte al ambiente el 59.3% del volumen de los residuos generados. Actualmente existen ocho rellenos sanitarios autorizados en todo el país, por lo que la mayoría de ciudades, trasladan sus residuos a botaderos, se persiste en prácticas inadecuadas, como la quema de los residuos sólidos con la finalidad de disminuir el volumen y el uso de áreas para botaderos; así mismo en estos lugares se realiza la segregación informal y la crianza de cerdos que son alimentados con restos de alimentos, generándose un grave riesgo para la salud de la población **(MINAM, 2013, p.17)**.

4.3.2. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS)

Conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos y actividades, definidos por el ente territorial para la prestación del servicio de aseo, basado en la Política Integral de Residuos Sólidos, el cual se obliga a ejecutar durante un periodo determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro en un Plan Financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo de la prestación de servicio de aseo, evaluado a través de la medición de resultados **(Rodríguez, 2012)**.

Según Gonzales, conceptualiza como gestión de operaciones y procesos encaminados a la reducción de la generación, segregación en la fuente y todas las etapas, de la gestión de residuos hasta su disposición final. **(Gonzales, 2013)**.

4.3.3. Gestión de Residuos Sólidos

Según Gonzales, conceptualiza la gestión de residuos sólidos como actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de residuos sólidos, de ámbito nacional, regional local y empresarial (**Gonzales, 2013**).

4.3.4. Manejo y disposición de residuos sólidos

Toda actividad técnica operativa de residuos sólidos, manipuleo, acondicionamiento, transporte, transferencia y disposición final o cualquier otro procedimiento técnico operativo utilizado desde la generación hasta la disposición final (**Gonzales, 2013**).

4.3.5. Manejo integral de residuos sólidos

Es un conjunto de acciones normativas, financieras y de planeamiento que se aplica a todas las etapas del manejo de residuos sólidos desde su generación, basándose en criterios sanitarios, ambientales de viabilidad técnica y económica para la reducción en la fuente, el aprovechamiento, tratamiento y la disposición final de residuos sólidos (**Ley 27314, 2008**).

4.3.6. Contenedor

Un contenedor de residuos es un recipiente de carga para el depósito y transporte de los mismos. Dependiendo del ámbito donde se vaya a usar y los residuos que vaya a cargar, puede estar fabricado en metal o plástico (**Recytrans, 2013**).

4.3.6.1. Código de colores para contenedor de residuos

- Azul : Papel y cartón
- Marrón : Orgánico
- Amarillo : Metales
- Blanco : Plástico
- Verde : Vidrio
- Rojo : Residuo peligroso
- Verde o gris : Resto de residuos sólidos urbanos
- Negro : Para lo que se pueda reciclar y no es catalogado como residuo peligroso (**Norma Técnica Peruana, 2005**).

4.3.7. Acciones a seguir para la implementación del programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos antes de la composta

Se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Objetivo
- b. Responsable
- c. Campaña de sensibilización dentro de la comunidad universitaria
- d. Señalización de espacios de recojo de residuos sólidos
- e. Implementación de contenedores
- f. Higiene de los lugares de almacenamiento
- g. Facilidad de recojo de los residuos sólidos orgánicos
- h. Llevar un control de origen de residuos orgánicos y medición
- i. Acopio de los residuos sólidos orgánicos (Adaptado para la EPIA de Protocolo Oseocar, 2010).

4.4. Bases teóricas filosóficas

4.4.1. Educación ambiental

LORA, conceptualiza como un proceso permanente en el cual los individuos y las comunidades adquieren conciencia de su medio y aprenden los conocimientos, valores, destrezas, las experiencias y también la determinación que las capacite para actuar individual y colectivamente en la resolución ambiental **(Lora, 2014)**.

4.4.2. Abono orgánico

Mendoza en el año 2012, indica que los abonos orgánicos son todos aquellos productos que poseen de una manera equilibrada los micronutrientes necesarios para las actividades bioquímicas de las plantas, también poseen grandes cantidades de microorganismos, dado que todos ellos provienen mayormente de insumos totalmente orgánicos procedentes de los campos. En general los abonos orgánicos se clasifican en dos tipos:

- Abonos orgánicos sólidos: compost, humus de lombriz, bokashi, abonos verdes.
- Abonos orgánicos líquidos: biol, te de humus, te de compost **(Mendoza, 2012)**.

4.4.3. El compost

Mendoza, indica que el compost es un abono orgánico que resulta de la degradación de los residuos orgánicos, tanto vegetales como animales, transformados por la micro flora y la micro fauna del suelo en una sustancia que mejora la estructura y la estabilidad de la tierra **(Mendoza, 2012)**.

El compost tiene una particularidad especial respecto a los fertilizantes tradicionales, y es que solo puede ser obtenido de manera natural, utilizando los residuos que comúnmente botamos y ayudando a la no contaminación del medio ambiente **(Mendoza, 2012)**.

El compost orgánico otorga muchos beneficios, debido a que es un acondicionador de suelos con características húmicas, no contiene microorganismos patógenos, por lo que puede ser manejado y almacenado sin riesgo **(Mendoza, 2012)**.

Es muy beneficioso para el crecimiento de las plantas, ya que sirve como fuente de materia orgánica para ayudar a la formación de humus en el suelo, y mejorar el crecimiento de los cultivos en la agricultura, dado que contiene valores apreciables de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio **(Mendoza, 2012)**.

El compost también se puede definir como un producto benéfico para el crecimiento de las plantas, estabilizado y sanitizado por un proceso controlado de descomposición de la materia orgánica inicial **(Duran, Alba & Gerrero, 2005)**.

4.4.3.1. Microorganismos patógenos en el compost

En el compost se pueden encontrar muchas variedades de microorganismos patógenos que pueden ser eliminados cuando la temperatura en las pilas de compostaje se encuentra entre 55°C y 70°C, en intervalos de tiempo que pueden ir de 30 a 60 minutos. La destrucción de patógenos durante la etapa termófila hace que se obtenga un abono orgánico que no sea contaminante. Entre los microorganismos patógenos que pueden abundar más en el proceso de compostaje y que representa un riesgo para los animales, plantas y para el hombre mismo se encuentra la *Salmonella* spp y el *Escherichia coli* **(Mendoza, 2012)**.

A continuación, se muestra en la **tabla 1** los microorganismos patógenos que pueden estar presentes en el compost, junto con sus temperaturas y tiempos para su destrucción.

Tabla 1. Microorganismos patógenos asociados al compost.

Microrganismos	Temperatura (°C)	Tiempo de destrucción (min)
<i>Salmonella typhosa</i>	56	60
<i>Salmonella spp</i>	55	60
<i>Escherichia coli</i>	55	60
<i>Micrococcus aureus</i>	50	10
<i>Streptococcus Pyogenes</i>	54	10
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	55	45
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	66	20
<i>Shigella spp</i>	55	60
<i>Brucella abortus</i>	61	3
<i>Taenia saginata</i>	71	5
<i>Trichinella spiralis</i>	50	60
<i>Necator americanus</i>	45	50

Fuente: elaboración propia sobre **(Mendoza, 2012)**.

4.4.4. Compostaje

El compostaje es un tratamiento biológico aerobio que antiguamente se consideraba un arte o una ciencia que convertía un residuo en un recurso beneficioso para la conservación de la fertilidad de los suelos: Compost es decir, es una técnica que imita a la naturaleza para transformar de forma más acelerada todo tipo de restos orgánicos, en lo que se denomina compost o mantillo, tras su aplicación en la superficie de nuestra tierra se ira asociando al humus, que es la esencia de buen vivir de un suelo saludable, fértil y equilibrado en la naturaleza **(Duran, Alba & Gerrero, 2005)**.

Esta técnica se basa en un proceso biológico (lleno de vida), que se realiza en condiciones de fermentación aerobia (con aire), con suficiente humedad y que asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un alimento homogéneo y altamente asimilable por nuestros suelos. En este proceso biológico interviene la población microbiana como son las bacterias, los ascomicetos, y los hongos que son los responsables del 95% de la actividad del compostaje y también las algas, protozoos y cianofíceas **(Duran, Alba & Gerrero, 2005)**.

Además, en la fase final de este proceso intervienen también microorganismos como colémbolos, ácaros, lombrices y otros de muchas especies (**Duran, Alba & Gerrero, 2005**).

4.4.4.1. Objetivo del compostaje

Mendoza indica que el objetivo principal del compostaje es convertir los residuos orgánicos putrescibles a materiales estables y libres de organismos patógenos que puedan afectar a los seres humanos, siendo capaz de eliminar insectos, huevos de larvas y enfermedades que puedan tener las plantas. El compostaje también contribuye a los procesos de secado de materiales orgánicos de naturaleza húmeda, como son los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, domesticas o industriales, mejorando su manejo y disposición final (**Mendoza, 2012**).

4.4.4.2. Sistemas de compostaje

Existen diferentes sistemas para desallorar el proceso de compostaje se pretende eliminar los microorganismos patógenos, ya que muchos de los residuos a compostar pueden contenerlos. Para realizar una clasificación de sistemas de compostaje, podemos establecer dos categorías principales: sistemas cerrados y sistemas abiertos (**Cordova, 2016**).

a. Sistemas de compostaje cerrados

Los sistemas cerrados permiten un mejor control de los distintos parámetros del proceso en la mayor parte de los casos, así como un menor tiempo de resistencia y la posibilidad de realizar un proceso continuo. Se caracteriza por llevar a cabo el compostaje en reactores cerrados, siendo el principal inconveniente que genera el elevado coste de inversión de las instalaciones. La forma más sencilla de estos sistemas, es entre los reactores de flujo vertical y horizontal (**Cordova, 2016**).

- Reactores de flujo vertical: Pueden ser continuos o discontinuos. Los discontinuos contiene, a diferentes alturas pilas de 2-3 m con un sistema de aireación forzada o volteo hacia pisos inferiores. Su principal inconveniente es el elevado costo, no obstante aunque la inversión inicial es más elevada que el sistema estáticas, tiene una baja relación costo por unidad de volumen de trabajo (**Cordova, 2016**).

- Reactores de flujo horizontal: Se dividen entre aquellos que poseen un depósito rotatorio, los que poseen un depósito de geometría variable con un dispositivo de agitación o los que no poseen un sistema de agitación y permanecen estáticos **(Cordova, 2016)**.

b. Sistemas de compostaje abierto

Los materiales a compostar se colocan en pilas /hileras, montones o mesetas y se diferencian dos tipos: **(Moreno & Moral, 2008)**.

c. Sistema de compostaje abierto dinámico

En este último sistema dinámico la aireación de la pila se realiza de forma periódica mediante volteos. Entre sus limitaciones, cabe citar que la ventilación de la pila solo se hace de manera periódica y por lo tanto el nivel de oxígeno no se mantiene constante, impidiéndose el aumento de las oxidaciones biológicas y haciendo que el proceso de compostaje sea más lento. Por otro lado, las instalaciones requieren mayor espacio que en otros métodos por que las pilas se voltean lateralmente. Otro aspecto a destacar es, que este sistema es menos efectivo en la inactivación de patógenos que los métodos estáticos (de Bertoldo y col, 1985), citado por **(Moreno & Moral, 2008)**.

d. Sistema de compostaje abierto estático

En este sistema, el material a compostar se coloca sobre un conjunto de tubos perforados o una solera porosa, conectados a un sistema que aspira o insufla aire a través de la pila. Cuando la temperatura excede el óptimo, unos sensores que controlan el ventilador lo activan para inyectar el aire necesario para enfriar la pila abasteciéndola de oxígeno **(Moreno & Moral, 2008)**.

La ventilación controlada impulsa la actividad de los microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje por lo que se consigue una rápida transformación de los residuos de compost (4-8semanas) .Es importante la homogeneidad del material a compostar ya que durante el proceso de compostaje no se realiza mezcla mecánica de materiales **(Moreno & Moral, 2008)**.

e. Otros sistemas, son los semi-abiertos estáticos como las pilas o hileras con cubierta semipermeable y los semi-cerrados dinámicos como la trincheras que consisten en canales rectangulares, abiertos por arriba, con maquina volteadora que renueve la pila de compostaje y la hace avanzar 3-4 metros cada vez. La combinación de la aireación forzada y el volteo mejora las condiciones y en general, acelera el proceso de compostaje en comparación con los sistemas que solamente son volteados o aireados **(Moreno & Moral, 2008)**.

4.4.4.3. El proceso de compostaje

La historia, la experiencia sobre el compostaje es amplia y los pilares sobre los que se fundamenta están muy bien definidos (Poincelot, 1975; Mustin, 1987; Haug, 1993; Houtking y Keener, 1993) citado por **(Moreno & Moral, 2008)**.

Es un proceso dinámico, biológico, aerobio y en consecuencia termófilo, que para llevarse a cabo necesita :materia orgánica, población microbiana inicial y las condiciones óptimas para que este se desarrolle con multiplicidad de funciones y actividades sinérgicas, para ello y para que la población microbiana sea lo más variada posible debe mantener una serie de equilibrios: aire/agua, biopolímeros y nutrientes y en el caso de aplicarse a elevadas cantidades de RO, un control muy estricto para conseguir: Eficiencia en el proceso, reducción al mínimo de las emisiones y de las pérdidas de nutrientes, un producto final de características conocidas y adecuadas para su destino **(Moreno & Moral, 2008)**.

Las condiciones ambientales (físicas y químicas) en las que se desarrolla la actividad microbiana (afectando a su supervivencia, metabolismo y crecimiento) están constantemente cambiando, como resultado de la acumulación de los subproductos de su misma actividad (incluida la energía calorífica) **(Moreno & Moral, 2008)**.

4.4.4.4. Sucesión microbiana durante el proceso de compostaje

Las variaciones en la comunidad microbiana durante el compostaje siguen un patrón predecible que puede ser aplicado a la mayoría de procesos, independientemente del tipo de sustrato **(Moreno & Moral, 2008)**.

▪ Componentes iniciales

La micro biota inicial de los materiales a comportar es muy variable dependiendo del sustrato y de las condiciones en que este es conservado. La mayoría de sustratos utilizados para compostaje presenta una cierta población microbiana natural, aunque existe una escasa información relativa a la composición de tal comunidad. Destaca estudio realizado quienes, encontraron escasos microorganismos meso filios y una elevada proporción de termófilos en residuos orgánicos domésticos (Ryckeboer y col, 2003) citado por **(Moreno & Moral, 2008)**.

▪ Fase mesófila inicial

La fase mesófila inicial es la parte dinámica del compostaje en la que incrementa rápidamente la temperatura (de 10-40 C°), el pH experimenta amplias variaciones y se degradan los compuestos orgánicos más simples. Inicialmente los sustratos están a temperatura ambiente y comienzan a actuar bacterias y hongos meso filios y termo tolerantes que utilizan rápidamente sustancias carbonadas solubles y de fácil degradación (azúcar y aminoácidos), ocasionando una disminución del pH, como, consecuencia de la producción de ácidos orgánicos. La actividad metabólica de los microorganismos en esta fase da lugar a un aumento rápido de la temperatura, lo que ocasiona la transición de micro biota mesófila a termófila cuando se alcanzan 42 a 45°C, iniciándose la fase termófila **(Moreno & Moral, 2008)**.

▪ Fase termófila

En la fase termófila proliferan exclusivamente microorganismos termotolerantes y termófilos tales como actinomicetos (*thermoactinomyces sp.*), diversos *bacillus* spp. Termófilos y bacterias gram negativas como *thermus e hidrogenobacter*. Los microorganismos no termotolerantes, incluyendo patógenos y parásitos, son inhibidos durante esta fase. Los hongos y las levaduras son reducidos notablemente desde el inicio de la fase termófila y son eliminados completamente a partir de los 60 °C **(Moreno & Moral, 2008)**.

En las primeras etapas de esta fase, la micro biota mesófila es inhibida por la temperatura, mientras que las poblaciones de termófilos no se desarrollan de forma adecuada porque aún no se alcanzado su rango óptimo de temperatura. Por ello, existe una ralentización en el incremento de temperatura respecto al incremento de la fase anterior **(Moreno & Moral, 2008)**.

Una vez que los microorganismos termófilos alcanzan un cierto número, el ritmo de incremento de temperatura se recupera. Con el aumento de la temperatura existe un descenso en la biodiversidad. En el inicio de la fase termófila, cuando los nutrientes fácilmente asimilables han sido retirados, comienzan a predominar los actinomicetos, en particular estreptomicetos que, junto con algunos *Bacillos*, comienzan a metabolizar proteínas, incrementando la liberación de amoniaco con la consiguiente alcalinización (Tuomela & col, 2000) citado por **(Moreno & Moral, 2008)**.

La actividad microbiana, por tanto, continúa siendo intensa y la temperatura sigue incrementándose hasta superar los 60°C. En esta fase, las tasas de degradación son relativamente elevadas comparadas con las de la etapa anterior (Tuomela y col, 2000) citado por **(Moreno & Moral, 2008)**.

Las bacterias más abundantes hasta que se alcanzan 50-60°C son los esporuladas como *Bacillus* spp y los actinomicetos termo tolerantes y termófilos. A temperaturas superiores a 60°C, la degradación es realizada exclusivamente por bacterias termófilas **(Moreno & Moral, 2008)**.

Por encima de los 60°C, el calor inhibe a los microorganismos, pero también actúa limitando el suministro de oxígeno (la solubilidad de oxígeno en agua es menor a mayor temperatura). Esto provoca una disminución de la actividad microbiana y, como consecuencia, una caída en la temperatura. Así, la tercera fase o fase de enfriamiento, se inicia cuando la temperatura es elevada y la fuente de carbono, directamente disponible, comienza a ser un factor limitante según **(Moreno & Moral, 2008)**.

▪ **Etapas de enfriamiento y maduración**

Esta etapa está caracterizada por el crecimiento de una nueva comunidad mesofila diferente a la de la fase mesofila inicial. En esta comunidad predominan hongos y actinomicetos y capaces de degradar compuestos complejos. Estos microorganismos recolonizan el material desde el entorno circundante, los bordes de la pila, o bien proceden de la germinación de esporas que resistieron la fase termófila. Aunque las bacterias mesófilas se encuentran en bajo número en estas fases, su diversidad es mayor que en las fases anteriores y presentan nuevas actividades para la elaboración del compost. Estas bacterias no solo están implicadas en la oxidación de la materia orgánica, también participan en la oxidación del hidrógeno, amonio, nitrito y sulfuros, en la fijación de nitrógeno, reducción de sulfatos, producción de polisacáridos y producción de nitrito a partir de amonio bajo condiciones heterotróficas (Díaz Raviña y col, 1989; Beffa y col, 1996), citado por **(Moreno & Moral, 2008)**.

4.4.5. Factores que afectan el proceso de compostaje

Todo material orgánico eventualmente se descompondrá; la velocidad a la cual se descompone depende de estos factores:

- Niveles de carbono y nitrógeno en el material.
- Cantidad de área superficial expuesta.
- Aireación, u oxígeno en la pila.
- Humedad.
- Temperatura alcanzada en la pila de composta.
- Temperaturas exteriores **(Duran, Alba & Guerrero 2005)**.

4.4.5.1. Relación carbono /Nitrógeno (C/N)

El carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo y se han de encontrar en unas proporciones determinadas para una buena fermentación; los microorganismos de una composta utilizan el carbono para energía y el nitrógeno para la síntesis de proteína. El parámetro que mide esta proporción se llama relación carbono/ nitrógeno **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

Si el material de partida es muy rico en carbono y pobre en nitrógeno, la relación será alta, el proceso de fermentación será lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de dióxido de carbono. Si por el contrario, el material es rico en nitrógeno, relación baja, se producirán pérdidas de este elemento en forma de amoníaco (NH₃) **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

Los valores de la relación C/N del material a fermentar han de estar entre 25 y 35 para que pueda darse una buena fermentación. Si son más altos, se ha de añadir materiales ricos en nitrógeno, como estiércoles y lodos de depuradoras; y si son más bajos, habrá que compensar la mezcla, añadiendo componentes ricos en carbono, como paja y otros **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

a. Materiales ricos en nitrógeno

- Lodos de depurados de aguas residuales.
- De animales, especialmente de conejo y ave.
- Material vegetal fresco de todo tipo.
- Restos de animales **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

b. Materiales ricos en carbono

- Paja y hojas seca.
- Aserrín y virutas de madera.
- Material vegetal seco en general **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

La materia orgánica de la basura tiene normalmente una relación de C/N de 30 a 40 y por si sola puede fermentar, aunque admite muy bien la mezcla de lodos y estiércoles. Durante el proceso de fermentación se producen pérdidas de carbono en forma de CO₂, por lo que la relación de C/N ira disminuyendo hasta alcanzar un valor de 12 a 18. Aunque también depende del material de partida, si el valor final es inferior, supone que la composta se ha mineralizado de manera excesiva, si es muy alto, puede indicar que no se ha descompuesto lo suficiente. La estabilidad de este valor es un buen indicio de que la fermentación ha finalizado y la composta ha madurado **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

4.4.5.2. Tamaño de partícula de residuos orgánicos para compostaje

El tamaño de partículas del material de partida es importante. Aunque no es necesario, por lo general la materia orgánica de las basuras se suele moler. Es preciso vigilar el grado de trituración, ya que un tamaño pequeño supone mayor superficie de ataque, y por tanto fermentaciones más rápidas y homogéneas. Sin embargo, si el tamaño es excesivamente pequeño puede originarse problemas de compactación excesiva que impide la necesaria aireación **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

4.4.5.3. Aireación en el proceso

La aireación es necesaria para garantizar el proceso aerobio, tanto para suministrar oxígeno como para que pueda desprenderse el dióxido de carbono producido. La aireación deficiente retrasa la fermentación aerobia, origina procesos de fermentación anaerobia, con sensibles pérdidas de nitrógeno y carbono, malos olores y temperatura baja, efectos que sirven de indicadores de la necesidad de aireación. Una aireación insuficiente provoca una sustitución por microorganismos aerobios por anaerobios, con el consiguiente retardo en la descomposición, la aparición de sulfuro de hidrógeno y la producción de malos olores **(Duran, Alba & Guerrero.2005)**.

El exceso de ventilación podrá causar el enfriamiento de la masa y una alta desecación con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los microorganismos **(Duran, Alba & Guerrero.2005)**.

La aireación es una variable de operación muy importante y la que más incide en los costes de operación, puesto que supone el 32-46% de los costes totales. La medida de la concentración de oxígeno necesita de equipos costosos, pero también puede realizarse de una manera indirecta por medio de las medidas de humedad y temperatura **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

4.4.5.4. Humedad

La humedad óptima es del 50% que al final del proceso ha de bajar hasta 30 o 40%. Es necesaria para la vida de los microorganismos. Un defecto de humedad provocara una sensible disminución de la actividad microbiana, por lo que se paralizara la fermentación y bajara la temperatura. Un exceso de humedad también tiene consecuencias negativas pues dificulta la circulación de oxígeno y puede causar fermentaciones anaerobias (**Duran, Alba & Guerrero, 2005**).

El exceso de humedad puede ser reducido aumentando la aireación. A su vez, con un buen control de la humedad y de la aireación, puede llevarse a cabo el control de temperatura. Esto es debido a que durante el proceso de compostaje se debe llegar a un equilibrio entre los huecos entre partículas (de tamaño variable) que pueden llenarse de aire o de agua. Por lo que, la humedad óptima depende del tipo de residuo ;es así que como se ha encontrado que, para la paja de cereales esta entre 75 y 85%, para astillas de madera entre 75 y 90% y para residuos sólidos urbano entre 50 y 55% (**Duran, Alba & Guerrero, 2005**).

Se considera importante evitar la humedad elevada, ya que cuando está muy alta el aire de los espacios entre partículas de residuos se desplaza y el proceso pasa a ser anaerobio. Por otro lado, si la humedad es muy baja, disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso retarda. Se consideran niveles óptimos de humedades entre 40%-60%. Estos dependen de los tipos de materiales a utilizar (**Jaramillo Eno & Zapata Márquez, 2008**).

4.4.5.5. Temperatura

Debido a su facilidad de medición y su relación con el proceso de fermentación la temperatura es el parámetro que más se utiliza para vigilar la fermentación. Durante los primeros días se debe elevar rápidamente hasta los 60 o 70 °C, comenzando posteriormente a estabilizarse y bajar lentamente hasta 40 o 50 °C. Cuando no se eleva hasta esos niveles, es un indicativo de que la fermentación no marcha bien. Si las temperaturas bajas son acompañadas de malos olores, es señal de fermentación anaerobia. Las temperaturas altas (mayores de 65°C) prolongadas, no son convenientes, pues pueden ocasionar una especie de suicidio bacteriano que frena la fermentación y también produce perdidas de nitrógeno (**Duran, Alba & Guerrero, 2005**).

4.4.5.6. Potencial hidrógeno (pH)

La acidez o pH es un factor menos importante de vigilar. Suele ser ligeramente ácido al inicio (cerca de 6), neutro hacia la mitad del proceso y algo alcalino (7 a 8) al final. Valores más altos (alcalinos) pueden provocar pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco. El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de procesos microbianos. En muchos trabajos se utiliza esta variable para estudiar esta evolución del compostaje. Sin embargo, su medida, que se realiza en el laboratorio sobre el extracto acuoso de las muestras tomando en las pilas, es sólo una aproximación del pH *in situ*. Mediante el seguimiento del pH se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla, ya que si en algún momento se crean condiciones anaeróbicas se liberan ácido orgánico que provoca el descenso del pH **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

Una composta es madura cuando la fermentación prácticamente está paralizada y el producto se puede considerar estable. Una composta poco madura puede provocar el acaparamiento de nitrógeno de las tierras. Si esto sucede cuando la tierra está sin cultivos, no hay problema, puesto que ese nitrógeno será devuelto, pero las consecuencias pueden ser negativas si se le aplica cuando hay cultivo **(Duran, Alba, & Guerrero, 2005)**.

Existen varios métodos para comprobar la madurez; uno ya mencionado es la estabilidad de los valores de la relación C/N. Otra forma es comprobar la estabilidad y la temperatura introduciendo a la composta en una cámara aislada térmicamente: si la temperatura se eleva, es un indicio de que siguen los procesos de fermentación. Existen otros métodos como pruebas de germinación, demanda de oxígeno, entre otros **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

Según algunos autores la evolución del pH en el compostaje presenta tres fases. Durante la fase mesófila inicial se observa una disminución del pH debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más lábil, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

En una segunda fase se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. Y en la tercera fase el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos que poseen propiedades de tampón **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

4.4.5.7. Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y la composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso (Sánchez-Monedero, 2001), citado por **(Fernández, 2014)**.

La CE tiende generalmente a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes. Ocurre a veces un descenso de la CE durante el proceso, lo que puede deberse a fenómenos de lixiviación en la masa, provocados por una humectación excesiva de la misma **(Fernández, 2014)**.

La dosis de compost que puede añadirse a un suelo debe ser proporcional a la CE del compost. Un exceso de salinidad en la solución del suelo dificulta la absorción de agua por las raíces de las plantas, de modo que en algunos casos, en estas condiciones, solo prosperan las especies resistentes **(Fernández, 2014)**.

4.4.6. Ventajas del proceso de compostaje

▪ Ahorro en abonos

Haciendo compost con nuestros restos no será necesario comprar ni abono ni sustrato, y que los tendremos gratis en casa y de gran calidad **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

▪ Ahorro en recogida de basuras

Se estima que el 40 y el 50% de una bolsa de basura doméstica está formada por desechos orgánicos. Es un gasto absurdo pagar por que se recojan, trasladen y amontonen para que se pudran estos restos y los de las podas y ciegas del césped- muchas veces a decenas de kilómetros-pudiéndolos transformar en un rico abono en nuestra propia casa o entorno inmediato con el consiguiente ahorro **(Duran, Alba & Guerrero, 2005)**.

- **Se contribuirá a reducir la contaminación**

Cuanto más cerca aprovechemos los restos orgánicos más se reducirá el consumo de combustibles para el transporte, habrá menos acumulación de desechos en vertederos y contribuiremos a una notable reducción de sustancias tóxicas y gases nocivos en los mismos, puesto que en los vertederos los restos orgánicos se pudren (sistema anaerobio), envueltos con todo tipo de materiales inorgánicos. Por su puesto que también evitaremos la contaminación producida al quemarlos **(Duran, Alba & Guerrero,2005)**.

- **Mejora de la salud de la tierra y de las plantas**

El compost obtenido de nuestros desechos orgánicos se puede utilizar para mejorar y fortalecer el suelo del césped, de los arbustos, de los árboles y del huerto, con una calidad de asimilación bastante superior a la de sustancias químicas o sustratos de origen desconocido que compramos, ya que el compost vigoriza la tierra y favorece la actividad de la vida microbiana, evita la erosión y el lixiviado de los nutrientes y en general potencia y favorece toda la actividad biológica de los suelos, que es la mejor garantía para prevenir plagas y enfermedades en los vegetales **(Duran, Alba & Guerrero,2005)**.

4.4.7. Residuos sólidos urbanos

Según la LGRS en su decreto supremo N°057-2004, define a los residuos sólidos como aquellas sustancias, productos o sub productos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan en la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:

- Minimización de residuos
- Segregación en la fuente
- Reaprovechamiento
- Almacenamiento
- Recolección
- Comercialización
- Transporte
- Tratamiento
- Disposición final **(Fernández, 2014)**.

4.4.7.1. Clasificación

La ley General de Residuos Sólidos clasifica a los residuos sólidos urbanos según su origen: **(Fernández, 2014)**.

a. Residuos Agropecuarios

Son aquellos residuos generados en el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias. Estos residuos incluyen los envases de fertilizantes, plaguicidas, agroquímicos diversos, entre otros **(Fernández, 2014)**.

b. Residuos comerciales

Son aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como: Centros de abastos de alimentos, restaurantes, supermercados, tiendas, bares bancos, centros de convenciones o espectáculos, oficinas de trabajo en general, entre otras actividades comerciales y laborales análogas. Estos residuos están constituidos mayormente por papel, plásticos, embalajes diversos, latas, entre otros similares **(Fernández, 2014)**.

c. Residuos domiciliarios

Son aquellos residuos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios, constituidos por restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales descartables, restos de aseo personal y otros similares **(Fernández, 2014)**.

d. Residuos de las actividades de construcción

Son aquellos residuos fundamentalmente inertes que son generados en las actividades de construcción y demolición de obras, tales como: edificios, puentes, carreteras, represas, canales, y obras afines a estas **(Fernández, 2014)**.

e. Residuos de los establecimientos de atención de salud

Son aquellos residuos generados en los procesos y en las actividades para la atención e investigación médica en establecimientos como: hospitales, clínicas y puestos de salud, entré otros afines **(Fernández, 2014)**.

Estos residuos se caracterizan por estar contaminados con agentes infecciosos o que pueden contener altas concentraciones de microorganismos que son de potencial peligro, tales como: agujas hipodérmicas, gasas, algodones, medios de cultivo, restos de comida, papeles, material de laboratorio, entre otros **(Fernández, 2014)**.

f. Residuos de instalaciones e instalaciones especiales

Son aquellos residuos sólidos generados en infraestructuras, normalmente de gran dimensión, complejidad y de riesgo en su operación, con el objeto de prestar ciertos servicios públicos o privados, tales como: plantas de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales, puertos, aeropuertos, terminales, terminales terrestres, instalaciones navieras y militares, entre otras; o de aquellas actividades públicas o privadas que movilizan recursos humanos, equipos o infraestructuras, en forma eventual, como conciertos musicales, campañas sanitarias u otras similares **(Fernandez,2014)**.

g. Residuos de limpieza de espacios públicos

Son aquellos residuos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas, parques y otras áreas públicas **(Fernández, 2014)**.

h. Residuos industriales

Son aquellos residuos generados en las actividades de las diversas ramas industriales, tales como: agroindustrial, manufacturera, minera, química, energética, pesquera y otras similares. Estos residuos se presentan como: lodos, cenizas, escorias metálicas, vidrios, plásticos, papel, cartón, madera, fibras, que generalmente se encuentra mezclados con sustancias alcalinas o ácidas, aceites pesados, entre otros, incluyendo en general los residuos considerados peligrosos **(Fernández, 2014)**.

4.4.8. Origen de los contaminantes atmosféricos del compostaje

Uno de los mayores problemas derivados de compostajes es el olor. Muchas plantas de compostaje se han cerrado debido al mal olor producido, asociado a una errónea ubicación de la planta de tratamiento de residuos. Actualmente en el diseño y localización de las plantas se formula una serie de parámetros, que tienen como objeto fundamental no producir malestar entre la comunidad próxima. El mal olor se suele asociar también con un impacto negativo sobre la salud **(Moreno & Moral, 2008)**.

Los malos olores se producen en las plantas de pila móvil al aire libre y en las primeras fases del proceso. También depende mucho de del tipo de residuo a compostar, así los residuos sólidos urbanos y los lodos de las depuradoras de aguas residuales son los que producen peores olores **(Moreno & Moral, 2008)**.

4.4.8.1 Amoniaco

El nitrógeno en forma de amoniaco es uno de los gases que se pueden desprender de las pilas de compostaje. El estudio de las distintas formas químicas de nitrógeno durante el compostaje, así como los procesos que determinan su transformación son de especial interés desde el punto de vista agrícola y medioambiental **(Moreno & Moral, 2008)**.

4.4.9. Los olores

Los conocimientos actuales sobre el origen de los olores, como actuar sobre ellos y su control permiten diseñar las plantas de compostaje de tal manera que el impacto ambiental sea mínimo en las comunidades adyacentes **(Moreno & Moral, 2008)**.

El factor más importante en el tipo de olor producido depende lógicamente de los residuos componentes de las pilas a compostar. Así, los materiales que se descomponen rápidamente son los que producen olores en proporciones altas. Por ejemplo, los biselados frescos producen olores más intensos que los digeridos. La hierba y residuos vegetales son de peor olor que los arbustos y hojas. Incluso las hojas húmedas producen un fuerte olor desagradable de fermentación muy superior al de las hojas secas **(Moreno & Moral, 2008)**.

4.4.9.1. Compuestos productores de olores

Los compuestos que producen olores también dependen muchos de las condiciones de la pila y de la fase de proceso de compostaje. De este modo, los olores emitidos en condiciones anaeróbicas son diferentes de los emitidos en condiciones aeróbicas. La generación y el nivel del olor durante el compostaje, del diseño de la experiencia y del manejo durante el proceso. Los problemas de olor se presentan en las plantas de tratamientos de residuos sólidos urbanos de granjas de animales y residuos de comida **(Moreno & Moral, 2008)**.

Durante la descomposición se generan, los compuestos mal olientes que al ser emitidos a la atmosfera producen malestar en la población próxima a la planta **(Moreno & Moral, 2008)**.

En una gran mayoría de países se ha prohibido su implantación en las proximidades de las ciudades y zonas de negocio. Nueva York, por ejemplo, exige una distancia mínima de 200 metros para residuos urbanos y biosolidos y de 75 metros para los de granja. Actualmente se generalizó la disposición del estado de California que establece una distancia mínima de 100 metros desde la planta de compostaje hasta la primera residencia u hospital **(Moreno & Moral, 2008)**.

4.4.9.2. Caracterización de los olores

Los olores se caracterizan con la utilización de diversos parámetros. A continuación, se especifican sus características fundamentales **(Moreno & Moral, 2008)**.

a. Cantidad de olor, diluciones hasta el umbral: Los niveles de los olores se expresan generalmente en función de la dilución que hay que realizar para llegar al umbral (D/U). Se utiliza esta relación en vez del valor absoluto de la concentración. Los valores D/U se determina mediante un panel de olores formado por ocho o nueve personas; indican el número de diluciones necesarias por el 50% del panel para detectar el olor (E/D50) **(Moreno & Moral, 2008)**.

b. Intensidad del olor: Esta es una medida de la fuerza de percepción del olor y está relacionada con la concentración. Se utiliza un compuesto patrón que suele ser el *n*-butanol y se expresa por miligramos por litro **(Moreno & Moral, 2008)**.

4.4.9.3. Dispersión de olores

Se utilizan modelos de dispersión de aire para analizar el impacto de la calidad de aire proyectado, para ello se seleccionan unas determinadas plantas de compostaje. Estos modelos permiten indicar la calidad del aire respecto a los olores mediante comparación con unas calidades de aire patrones. De este modo se pueden establecer las estrategias para conseguir un nivel aceptable de las emisiones. Estos modelos permiten planificar las regulaciones y evaluar el movimiento del olor y de compuestos específicos bajo un amplio rango de condiciones. La modelación es menos costosa que un muestreo en campo intensivo y suministra una información más cualificada sobre el impacto de las plantas en las comunidades vecinas, lo cual permite planificar y optimizar la localización de las plantas de compostaje. La dispersión de los compuestos contaminantes depende de las condiciones meteorológicas entre las que se encuentran la dirección y velocidad del viento, la cantidad de turbulencia, mecánica y termal, la estructura vertical termal, altura de la cual se mezclan con la atmosfera **(Moreno & Moral, 2008)**.

IV. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de investigación

El presente estudio corresponde a un nivel de investigación descriptivo; para elaborar el reporte final mediante la recolección de datos evaluación y medición sobre diversos variables y los resultados se explicarán mediante método deductivo desde un enfoque socio ambiental.

5.2. Ubicación espacial y temporal de la investigación

El presente trabajo de investigación fue realizado en:

Departamento : Cusco

Provincia : Chumbivilcas

Distrito : Santo Tomás

Comunidad : Puente Ccoyo Phullpuri Uscamarca

Sector : Accopampa

Lugar : Local de la Escuela Profesional Ingeniería Agropecuaria, área agrícola de experimentación **(MPCH, 2004)**.

El siguiente trabajo se realizó en periodo de tiempo de 20 de setiembre del 2018 al 05 de febrero 2019.

5.2.1. Ubicación geográfica

Geográficamente la zona de estudio está ubicado en:

Latitud Sur: 14°26'55.90, Longitud Oeste: 72°05'46.16, Altitud: 3672 m.s.n.m (INEI, 2014).

Figura 1. Ubicación del área de estudio.



Fuente:(Google Earth, 2019)

5.3. Materiales y métodos

5.3.1. Descripción de los métodos

El presente trabajo cualitativo y descriptivo está basado en proponer un modelo de programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos para mejorar y garantizar la salubridad en la Escuela Profesional Ingeniería Agropecuaria y así promover el cuidado del medio ambiente a la misma vez darle el tratamiento adecuado a los residuos orgánicos.

Donde:

En el primer objetivo se aplicaron métodos diversos de medición directa por observación con ayuda de instrumentos básicos de campo y gabinete. Adicionalmente se realizaron procedimientos técnicos de laboratorio para determinar algunas variables como pH, temperatura, humedad, evaluaciones por observación para población de insectos perjudiciales, se utilizó cuestionarios tipo encuesta para acopio de opiniones de usuarios.

En el segundo objetivo se utilizaron métodos diversos como muestreo de compost, estudio y análisis en laboratorio: pH, humedad, materia orgánica Conductividad eléctrica, análisis mecánico de macro y micronutrientes; se realizó medición del tiempo de compostaje por observación directa con ayuda de instrumentos de campo y laboratorio. (Muestreo aleatorizado; para determinar población microbiana se utilizó método de dilución por placa; así mismo se utilizó cuestionario tipo encuesta para usuarios de la EPIA respecto a la calidad del compost obtenido.

En el tercer objetivo se utilizaron encuestas y dialogo informativo mediante charlas a grupos de usuarios obtenidos por muestreo aleatorio y representativo de la población en la EPIA.

5.4. Población muestra

Para la aceptación del programa propuesto entre los usuarios/beneficiarios se recurrió a determinar la muestra a partir de una población pequeña y conocida, por consiguiente se tiene:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{(N - 1) \times e^2 + Z^2 \times p \times q}$$

$$n = \frac{221 \times 3.84 \times 0.85 \times 0.15}{220 \times 0.0025 + 3.84 \times 0.85 \times 0.15}$$

Donde:

- n=Tamaño de muestra.
- N= 221 (Tamaño de la población o universo muestral).
- Z= 1.96 (Valor crítico) correspondiente al nivel de confianza elegido (%).
- p= 0.85 (Característica estudiada presente en la población (%).)
- q= (0.15) característica estudiada ausente en la población (%).
- e= (0.05) Error máximo permitido para la media muestral (%). (Aguilar B, 2005)

$$n = \frac{221 \times (1.96)^2 \times 0.85 \times 0.15}{(221 - 1) \times (0.05)^2 + (1.96)^2 \times 0.85 \times 0.15}$$

$$n = \frac{108.2}{1.04} = 104$$

$$\frac{n}{N} = \frac{104}{221} = 0.47 \times 80 = 37.6 = 38$$

5.5. Materiales y equipos

a. Biológico:

- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), sangre de ovino.

b. Orgánico:

- Residuos sólidos orgánicos (restos de frutas, verduras, estiércoles, restos de cosecha y malezas).
- Compost (obtenido como resultado).

c. De gabinete:

- Equipo de proyección multimedia.
- Cámara fotográfica digital.
- Memoria USB.
- Computadora portátil (laptop) y base de datos excel, Word.
- Cuaderno de campo.
- Suministros de oficina.

d. De campo:

- Terreno.
- Cobertor para compostera (Rollizos de madera de 3m, listones de madera, clavos, alambres, plástico de 10m, cinta métrica, pico, barreta, manta de arpillera, pala).
- Baldes (de 20 litros para preparación de solución líquida).
- Contenedor de residuos orgánicos.
- Regadera.
- Zaranda.
- Costales.
- Manta arpillera.
- Carretillas.

e. De laboratorio:

- Termómetro digital.
- Medidor digital de pH
- Balanza electrónica.
- Balanza analítica con sensibilidad de 0,001 g.
- Agua destilada.
- Vaso precipitado de 250 ml.
- Probeta de 25ml y 100 ml.
- Pizeta de agua destilada.
- Indumentaria de laboratorio (mandil, botas, guantes, cotona, mascarilla).

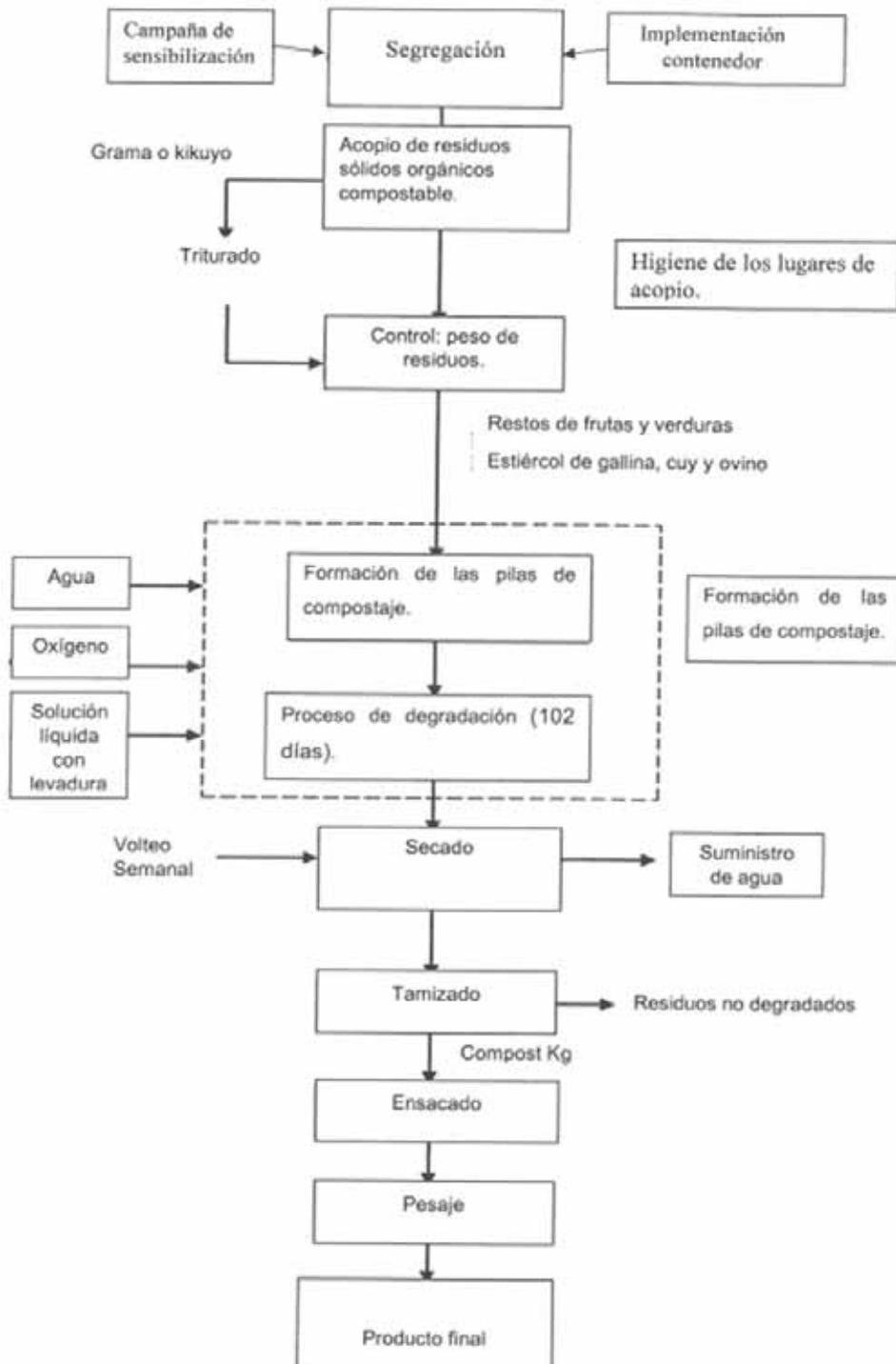
f. Insumos:

- Azúcar.
- Agua.

g. Recurso humano:

- Personal de apoyo en campo y gabinete.

5.6. Flujo grama de actividades.



Fuente: Autoría propia.

5.7. Descripción de procedimientos y actividades

5.7.1. Procedimientos de trabajo en campo

a. Campaña de sensibilización

Se brindaron sesiones informativas y extensión de la propuesta, mediante charlas en la Escuela Profesional Ingeniería Agropecuaria a toda la comunidad Universitaria, los cuales se ejecutó utilizando materiales de apoyo como cañón multimedia, afiches entre otros. La letrerización se realizó con mensajes elaborados por los estudiantes con el fin de motivar y avivar una conciencia del cuidado del ambiente a través de la segregación de residuos y el reciclaje.

Como parte de la campaña de sensibilización y para promover la segregación de residuos sólidos orgánicos se instalaron baterías de contenedores en lugares estratégicos que facilitó la recolección de los mismos.

b. Medición y acopio de residuos sólidos orgánicos compostable

Para ello se implementó baterías de contenedores que permitan segregar los residuos sólidos orgánicos, según sus características, los mismos que se establecieron en lugares estratégicos identificados en la escuela.

Todo el material compostable acopiado se procedió a medir utilizando una balanza electrónica, para determinar la cantidad de residuo sólido orgánico producido dentro de la Escuela.

c. Construcción del cobertor para el compostaje

Se identificó un área donde se ejecutó el proyecto, así mismo la construcción del cobertor.

El cobertor del compostaje se construyó con materiales de la zona utilizando palos de madera para todo el armado, y para el techo se utilizó plástico para proteger el ingreso de los rayos solares y el agua de lluvia, cuya dimensión del cobertor consta de 49 m², con un largo de 7m; con un ancho 7m y altura de 2m.

d. Acondicionamiento del suelo

Para la instalación de las pilas de compostaje se determinó las dimensiones de los tratamientos y repeticiones utilizando un flexómetro, en seguida se acondicionó el suelo limpiando de las malas hierbas, piedras, de tal forma tengan la misma condición física cada tratamiento y no afecte negativamente o dificulte el proceso de compostaje.

e. Determinar las dimensiones de las pilas de compostaje

Se considera que no existen dimensiones estandarizadas para la formación de las pilas de compostaje, sino que depende de cuanta disponibilidad de área se tenga. Para este trabajo de investigación se realizó 3 tratamientos las mismas que tuvieron las siguientes dimensiones:

- Largo :1 m
- Ancho:1 m
- Altura :1 m

La separación de las pilas fue de 0.50 m entre cada tratamiento.

f. Instalación y manejo de pilas

Se instalaron dos tratamientos y un testigo, cada tratamiento con tres repeticiones con un total de nueve pilas de compostaje. Cada una con 100 kg de residuos con proporciones iguales de materia orgánica dispuesta para compostaje como sigue, 15% de restos de fruta, 15% de verduras, 10% de estiércol de cuy, 30% de estiércol de gallina, 10 % de estiércol de ovino, 20% de materia verde.

g. Insumos como componentes del compost

Para el proceso de compostaje se utilizó estiércol de cuy, ovino, gallinaza, restos orgánicos generados por los estudiantes y materia verde de las labores culturales, donde cada tratamiento consta de 100 kg de materia compostable.

h. Aplicación de levadura de pan (*Saccharomyces cerevisiae*) y sangre

Se adicionó semanalmente a cada pila, una dosis de solución líquida de levadura de pan (*Saccharomyces cereviceae*) con azúcar (EM microorganismos eficientes). También se incorporó sangre de ovino en la instalación de las pilas de compostaje del tratamiento (T2), para acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica utilizada tal como se detalla en el siguiente orden:

T2, tratamiento 2, se le aplicó la solución líquida de EM cada semana en una dosis de 10 litros por pila;+ sangre de ovino, solo en la instalación de las pilas.

T1, Tratamiento 1, se le aplicó solo la solución líquida EM (*Saccharomyces cereviceae*) cada semana en una dosis de 10 litros por pila.

T0, tratamiento testigo, no recibió dosis alguna.

Para este trabajo se optó un sistema abierto o pilas de compostaje, que es la más accesible a las condiciones de la escuela.

i. Monitoreo y control del olor y presencia de moscas en las pilas de compostaje

Para monitorear el olor se realizó encuestas en formatos elaborados.

El control de la presencia de moscas se realizó instalando trampas cada 15 días, los mismos que fueron evaluados en cada tratamiento determinando cuál de los tratamientos es más aceptado socialmente, en el proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos en la comunidad universitaria de la Escuela.

j. Riego, volteos y temperatura

La frecuencia de riego se realizó de manera interdiaria por las mañanas, con las mismas cantidades para que la humedad se mantenga uniforme.

Los volteos se realizaron 1 vez por semana durante los 3 meses con la finalidad de oxigenar las pilas de compostaje.

El control de temperatura se realizó cada 3 días utilizando un termómetro para compostaje.

k. Toma de muestras

La frecuencia de toma de muestras se realizó cada dos semanas para el análisis del pH. Trascurrido los 3 meses y 12 días del compostaje se realizó el tamizado utilizando una malla con abertura de 24 mm de abertura y un segundo zarandeo con malla de 10 mm para obtener un compost con textura uniforme. El almacenamiento se realizó en sacos para luego ser pesado, utilizando una balanza electrónica para determinar la cantidad de compost obtenido.

5.8. Identificación de variables

- Peso de residuos orgánicos compostable.
- Materia orgánica por pila.
- Solución líquida con levadura (*Saccharomyces cereviceae*).
- Presencia de mosca en compostaje.
- Temperatura asociada a tratamientos.
- Peso de compost
- Calidad de compost.
- Tiempo de compostaje.
- Nivel de adopción por la población.
- Tolerancia a emanación de olores.
- Aceptabilidad del programa.
- Participación de la población.
- Factores agroclimáticos(Precipitación, luz)
- Contenedores de residuos.
- Dimensión de la pilas.
- Proporciones de materia orgánica en pilas.
- Riego.
- Frecuencia de volteo.
- Cobertor de las pilas de composta.

5.8.1. Operacionalización de variables

Tabla 2. Variables dependientes e independientes.

Variables independientes	
Restos orgánicos Contenedor de residuos Factores agroclimáticos Riego	
Variables dependientes	Indicadores
Calidad de compost.	Caracterización de cualidades físico químicas: textura, granulometría, humedad MO, NPK, relación carbono nitrógeno, magnesio, calcio, fosforo total y otros. Caracterización de cualidades microbiológicas: población bacteriana (número de colonias)
Tiempo de composta	Días transcurridos a la composta Número (días)
Nivel de adopción por la población. Tolerancia a emanaciones de olores.	Número de encuestados en la EPIA. Sesiones informativas.
Aceptabilidad del programa.	Localización, señalización de puntos de acopio
Participación de la población	Número de encuestados Lista de asistencia

5.9. Aplicación estadística

En el siguiente trabajo de investigación se hizo la instalación de las pilas de compostaje utilizando un diseño completamente aleatorio (DCA) el cual estará distribuido de la siguiente forma:

T0=Testigo (compostación tradicional sin aplicación de solución líquida levadura de pan.)

T1=Tratamiento 1 (residuos vegetales, estiércol de cuy, gallina, ovino y solución líquida de levadura de pan.)

T2=Tratamiento 2 (residuos vegetales, estiércol de cuy, gallina, ovino y solución líquida de levadura de pan + sangre.)

La aplicación de solución líquida fué en proporción de 10 litros por pila en los tratamientos 1 y 2 con una frecuencia una vez por semana.

- Para la estimación del comportamiento y evolución de la temperatura en pilas, peso del compost y población microbiana durante el proceso de compostaje de los residuos sólidos orgánicos, se aplicó la ecuación de regresión lineal:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \cdot x \qquad \hat{y} = b_0 + (-b_1 x)$$

Donde:

y = Datos de Temperatura promedio (°C) en interior de pilas

b₀ = valor del punto de intersección

b₁ = valor de la pendiente

x = Tiempo transcurrido para cada evaluación (nro. de días) durante la composta

- Para el análisis e interpretación de datos obtenidos para temperatura y pH en pilas, el peso de compost y población microbiana, se aplicó Análisis de varianza (ANVA), entre tratamientos y repeticiones para determinar la significancia estadística, de encontrarse se optó por una la aplicación de la prueba de T y Tukey al 95% de confianza.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Disposición de residuos sólidos orgánicos con usuarios de la EPIA para compostaje.

6.1.1. Población potencial usuario/beneficiario en el área de estudio

- Estimación de población.

Se ha hecho un reconocimiento mediante información primaria, sobre número promedio o con permanencia diaria de personas en la escuela por año, personal docente, estudiantes, personal administrativo y visitantes (autoridades, egresados y padres de familia). La mayor población son estudiantes de la EPIA, seguido de Docentes y otros.

Tabla 3. Total de personas con permanencia diaria en la EPIA por año.

Nro. Total de personas con presencia en la escuela.	Año 2016		Año 2017		Año 2018		Promedio anual	Usuarios en %
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres		
Nro. de docentes	9	6	10	5	11	4	15	6.8
Nro. de estudiantes matriculados	115	88	114	79	115	79	196	88.7
Nro. de personas administrativos	2	2	3	4	3	4	6	2.7
Nro. de personal eventual o visitantes	1	3	2	2	2	2	4	1.8
	Nro. total de personas						221	100

- Población muestra involucrado.

De la población total (221), según docentes de asignaturas importantes asistieron aproximadamente el 80% (156) estudiantes en las sesiones informativas (anexo 2 lista de asistencia de estudiantes); de las mismas los aportantes con el programa son aproximadamente el 80%, (124 personas) (anexo 2 lista de asistencia de estudiantes); así mismo los que apoyaron en las encuestas, que están a cargo de la crianza de animales en el EPIA entre practicantes y estudiantes mediante asignaturas afines son 38 estudiantes.

- Estimación de la población muestra para el acopio de percepciones y opinión de usuarios.

Siendo la población pequeña y finita de 221 personas, según la formula la muestra poblacional obtenida para la aplicación de encuestas semiestructurados es de 37.6 aproximando a 38 personas, los mismos fueron los principales informantes y participantes en las sesiones informativas (charlas).

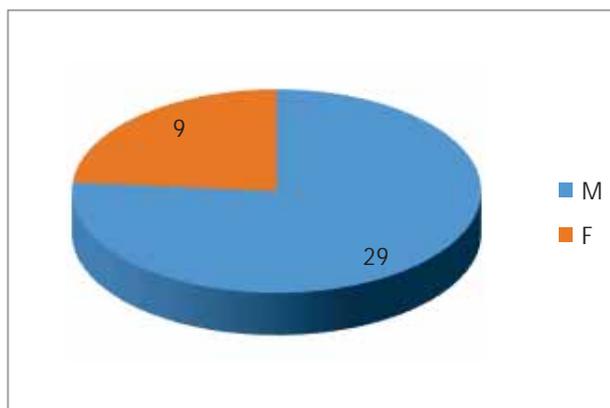
La encuesta se aplicó posterior a la cosecha de compost con el propósito de encontrar respuestas de todo el proceso y a fin de validar el programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos en la EPIA.

Las procedencias son diversas, cercanos al ámbito, donde se observa que de 29 encuestados son masculinos el 76% y de 9 encuestados son féminas que representa el 24% de la población de alumnos, docentes y administrativos de la EPIA filial Santo Tomás.

Tabla 4. Porcentaje de encuestados.

Género	N° de Encuestados	%
Masculino (M)	29	76%
Femenino (F)	9	24%
Total	38	100%

Figura 2. Porcentaje de encuestados según género.



Las edades de los que apoyaron directamente oscilan entre 17 a 32 años para varones y de 20 a 27 años para mujeres, siendo el promedio entre ambos de 23.5 a 24.5 años.

Tabla 5. El rango de edad en años.

Género	Min	Max	Promedio
M	17	32	24,5
F	20	27	23,5

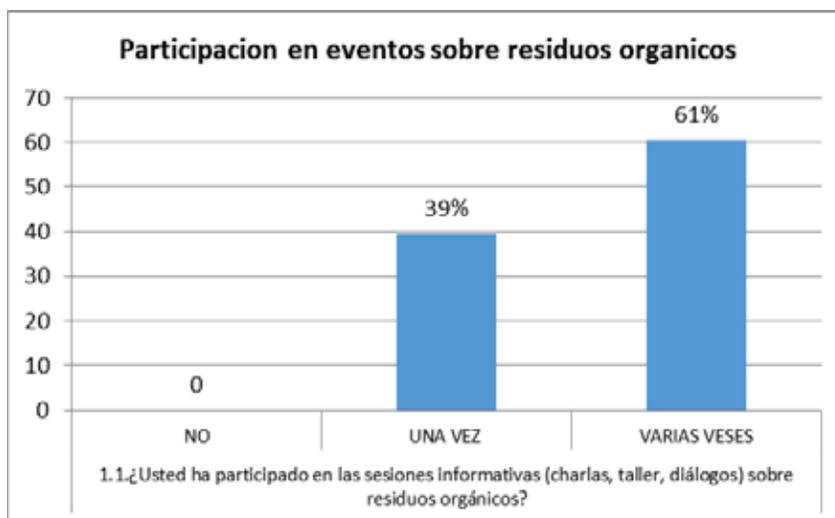
Con la muestra poblacional obtenida se efectuaron tres sesiones informativas desde antes de la instalación hasta la cosecha del compost, donde participaron un promedio de 50 usuarios por sesión. (Anexo 2)

Tabla 6. Participación en sesiones informativas sobre residuos orgánicos.

1.1. ¿Usted ha participado en las sesiones informativas (charlas, taller, diálogos) sobre residuos orgánicos?		
No	Una vez	Varias veces
0	39	61

Todos participaron de las sesiones informativas, 61% asistieron en varias sesiones y 39% una vez. (Anexo 3).

Figura 3. Participación en sesiones informativas sobre residuos orgánicos



6.1.2. Identificación de residuos orgánicos generados en EPIA

a. Reconocimiento de tipos de residuos de origen vegetal y animal.

Los tipos de residuos orgánicos vegetales encontrados en contenedores, fueron diversos, se hallaron residuos de 09 frutas y 10 hortalizas en principal y adicionalmente restos de alimentos principales (papa, arroz, pan).

Tabla 7. Listado de residuos de origen vegetal

Restos de frutas frescas	Especie al que corresponde
1. Cascara de plátano	<i>Musa paradisiaca</i>
2. Cascara de naranja	<i>Citrus cinensis</i>
3. Cascara de mandarina	<i>Citrus reticulata</i>
4. Cascara de manzana	<i>Pyrus malus</i>
5. Cascara de kiwi	<i>Actinidia delisiosa</i>
6. Cascaras de pera	<i>Pyrus comunis</i>
7. Cascara de piña	<i>Ananas comosus</i>
8. Cascara de durazno	<i>Prunus pérsica</i>
9. Uva malogradas	<i>Vitis vinífera</i>
Restos de verduras frescas	
10. Hojas de Brócoli	<i>Brassica oleracea</i>
11. Hojas Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>
12. Cascara Zanahoria	<i>Daucus carota</i>
13. Hojas de cebolla	<i>Allium cepa</i>
14. Cascara de Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
15. Hojas de coliflor	<i>Brassica oleracea var botrytis</i>
16. Restos de tomate	<i>Licopersycum esculentum</i>
17. Rabanito	<i>Raphanus sativos</i>
18. Cascara de haba	<i>Vicia faba</i>
19. Acelga	<i>Beta bulgaris</i>
Residuos pre cosidos (sancochado,)	
20. Restos de tubérculos de papa	<i>Solanum tuberosum</i>
21. Granos de Arroz	<i>Oriza sativa</i>
22. Restos de Pan	

Fuente:(López, 2018)

b. Estimación de cantidad de residuos (peso en tiempo determinado)

Las cantidades de residuos depositados en contenedores varía de acuerdo al día y la semana por lo que de lunes a jueves hay mayor cantidad de residuos. En los días viernes o días con actividades culturales se encontraron menores cantidades, debido a que la población usuaria solo permanece durante las primeras horas de la mañana.

▪ **Medición directa**

Se realizó 1 estimación directa en peso kg por día y por semana, se encontró residuos orgánicos de frutas y verduras; estiércoles de cuy, ovino y gallina y, restos vegetales de parcelas dispuestos y segregados a los respectivos contenedores para su reciclaje y posterior compostaje. (Ver anexo: 04)

- Mediante encuesta (ítems 1.7 y 1.8)

Se ha encontrado 3 grupos de residuos orgánicos en la EPIA: Residuos de frutas y verduras; estiércoles de cuy, ovino, gallina y, restos vegetales de parcelas (malezas, cultivos).

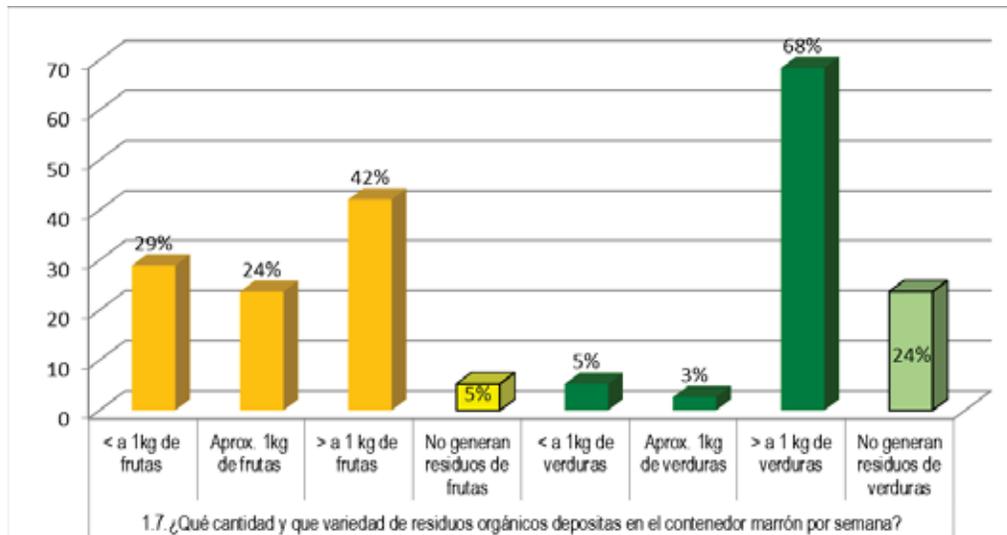
c. Residuos generados por usuarios

Del total de encuestados, todos generan residuos orgánicos procedentes de frutas y verduras.

Tabla 8. Cantidad de residuos orgánicos depositados en contenedor marrón en %.

1.7. ¿Qué cantidad y que variedad de residuos orgánicos depositas en el contenedor marrón por semana?							
< a 1 kg de frutas	Aprox. 1kg de frutas	> a 1kg de frutas	No generan residuos de frutas	< a 1 kg de verduras	Aprox. 1 kg de verduras	> a 1 kg de verduras	No generan residuos de verduras
29 %	24 %	42 %	5 %	5 %	3 %	68 %	24 %

Figura 4. Cantidad de residuos orgánicos depositados en contenedores.



El 95% de encuestados señalan que generan residuos a partir de frutas; de los mismos el 42% afirma que generan y depositan residuos a partir de frutas mayor a 1 kg durante la semana, seguido del 29% que genera y depositan una cantidad menor a 1 Kg y, el 24% generan y depositan 1 Kg de residuos de frutas durante la semana.

Mientras que el 5% de encuestados (02 personas) indican que no generan residuos de frutas, sin embargo, si generan y depositan residuos a partir de Verduras.

El 76% de encuestados señalan que generan residuos a partir de verduras; de los mismos el 68% afirma que estos residuos las depositan en su contenedor en cantidad mayor a 1 kg, seguido del 5% que depositan una cantidad menor a 1 Kg y, el 3% de los que generan depositan 1 Kg de residuos de verduras durante la semana.

Mientras que el 24% de encuestados indican que no generan residuos de verduras; sin embargo, si, generan residuos a partir de frutas y los depositan en los contenedores indicados.

En ambos casos se denota que un mayor porcentaje de encuestados (42% y 68%) si depositan residuos de frutas y verduras mayor a 1 kg durante la semana.

Tabla 9. Restos de frutas generados por grupos de personas.

11 personas	9 personas	16 personas
0.5 Kg	1 Kg	1.5 Kg
5,5 Kg	9 Kg	24 Kg

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Restos de frutas generados según grupos de personas durante la semana.



Con respecto a las cantidades de residuos de frutas generados; se tiene; 16 personas que generan a un aproximado de 1.5 Kg de residuos hacen un total de 24 Kg de residuos durante la semana, siendo el máximo valor encontrado con el que se deberá estimar la propuesta de compostaje a futuro, seguido de 09 personas que acumulan hasta 9 Kg y el resto generan hasta 5,5 Kg de residuos e frutas durante la semana. Entre todos estos tres grupos según las cantidades mayores generadas se logra acopiar un total de 24 Kg de residuos a partir de frutas durante una semana.

Tabla 10. Restos de verduras generadas por grupos de personas.

2 personas	1 persona	26 personas
0.5 Kg	1 Kg	1.5 Kg
1 Kg	1 Kg	39 Kg

Figura 6. Residuos de verduras generados según grupos de personas durante la semana.



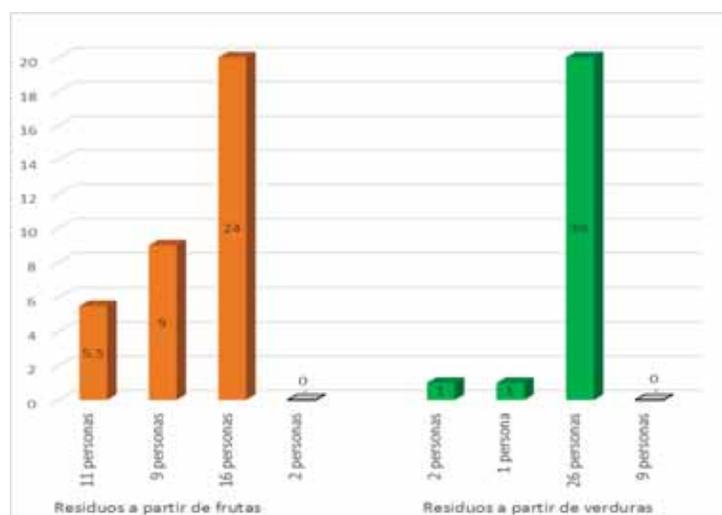
Con respecto a las cantidades de residuos de verduras generados; se tiene; 26 personas que generan a un aproximado de 1.5 Kg por cada uno de residuos hacen un total de 39 Kg de residuos durante la semana, siendo el máximo valor encontrado con el que se deberá estimar la propuesta de compostaje a futuro, seguido de 01 persona que acumulan hasta 1 Kg y el resto (02 personas) generan hasta 1 Kg de residuos de verduras durante la semana.

Entre todos estos tres grupos según las mayores cantidades generadas de residuos se logra acopiar un total de 39 Kg de residuos a partir de verduras durante una semana.

Tabla 11. Comparación de restos de frutas y verduras generados en la EPIA

Residuos a partir de frutas				Residuos a partir de verduras			
11 personas	9 personas	16 personas	2 personas	2 personas	1 persona	26 personas	9 personas
Prom 0.5 Kg	Prom 1 Kg	Prom 1.5 Kg	0	0.5 Kg	1 Kg	1.5 Kg	0
5.5 Kg	9 Kg	24 Kg	0	1 Kg	1 Kg	39 Kg	0

Figura 7. Comparación de restos de frutas y verduras generados EPIA.



Comparativamente las mayores cantidades de residuos de frutas y verduras dispuestas según opinión de consultados se tiene un total de 24 Kg de frutas y 39 Kg de verduras que se generan durante una semana dentro de la EPIA.

d. Residuos generados por crianzas

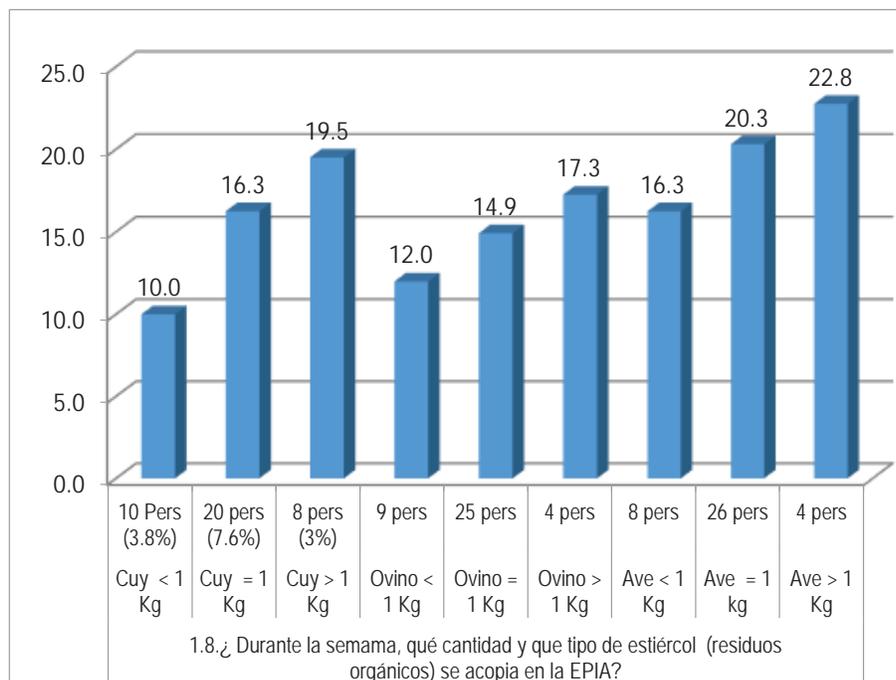
Los residuos orgánicos generados en la EPIA también son estiércoles de crianzas: de Cuyes, Ovinos y Aves; según encuestas levantadas, y el programa de crianza de animales en establo y galpones, los mismos generan residuos orgánicos que son acopiados para las composteras con participación de estudiantes y personal de servicio.

Se cuenta con estiércoles disponibles de tres especies cuy (*Cavia porcellus*), Ovino (*Ovis aries*), Gallinas domesticas (*Gallus gallus domesticus*), Siendo fuente importante para acopiar y disponer de compuestos y nutrientes como N, P K y otros.

Tabla 12. Cantidad y tipo de estiércoles generados en la EPIA.

1.8. ¿Durante la semana, qué cantidad y que tipo de estiércol (residuos orgánicos) se acopia en la EPIA?								
Cuy < 1 Kg	Cuy = 1 Kg	Cuy > 1 Kg	Ovino < 1 Kg	Ovino = 1 Kg	Ovino > 1 Kg	Ave < 1 Kg	Ave = 1 kg	Ave > 1 Kg
10 Pers	20 Pers	8 Pers	9 Pers	25 Pers	4 Pers	8 Pers	26 Pers	4 Pers
10.0 Kg	16.3 Kg	19.5 Kg	12.0 Kg	14.9 Kg	17.3 Kg	16.3 Kg	20.3 Kg	22.8 Kg
Cantidad estimada sobre valores máximos de estiércol disponible								59.6 Kg

Figura 8. Cantidad y tipo de estiércoles generados en la EPIA.



Para el caso de cuyes: 20 consultados manifiestan que el promedio aproximado de estiércol fresco acumulado durante la semana en el galpón es de 16.3 kg, siendo el promedio aproximado de estiércol fresco de cuy acopiado durante la semana de 15 Kg.

Para el caso de Ovinos durante la semana: 4 encuestados señalan haber acopiado hasta 17.3 Kg de estiércol fresco de Ovino, seguido de 25 personas quienes señalan haber acopiado un promedio de 14.9 Kg de estiércol durante la semana, y finalmente 9 personas indican haber acopiado 12 Kg durante la semana, haciendo un total aproximado de 15 Kg de estiércol fresco acumulado durante la semana.

Para el caso de gallinas ponedoras durante la semana: 4 encuestados señalan haber acopiado hasta 22.8 Kg de gallinaza, seguido de 26 personas quienes señalan haber acopiado un promedio de 20.3 Kg de gallinaza durante la semana, y finalmente 8 personas indican haber copiado 16.3 Kg durante la semana.

Se ha encontrado valores máximos de 19.5, 17.3, 22.8 kg para cuy, ovino y aves respectivamente, haciendo un total de 59.6 kg (Aprox. 60 kg) de estiércol como residuos orgánicos disponibles y acopiados por semana en la EPIA, para la composta a futuro.

Tabla 13. Comparación y rango de cantidades de estiércol generados.

Especie	Cantidad de estiércol por semana		
	Cuy	5 a 30 Kg	4 a 30 Kg
Ovino	5 a 30 Kg	5 a 30 Kg	12 a 20 Kg
Gallina	5 a 30 Kg	7 a 28 kg	20 a 25 Kg

Según las encuestas; se encontró que las cantidades de estiércoles generados por semana como residuos orgánicos tienen una variación considerable según especies:

Para el caso del Cuy, el rango se halla entre 4 kg y 50 Kg. Es decir hubo personas que encontraron 4 kg y otras hasta de 50 kg de estiércol.

Para el caso de Ovino el rango se halla entre 5 kg y 30 Kg.

Para el caso de Gallina el rango se halla entre 5 kg y 30 Kg. Las cantidades mayores se acopian durante las mañanas y fines de semana y las menores cantidades se acopian durante la tarde. (Ver anexo: 5)

e. Restos de especies vegetales en parcelas; malezas y cultivos.

Para este caso se ha encontrado 300 Kg aproximadamente de restos de maleza fresca de diversas especies en parcelas experimentales: kikuyo (*pennisetum sp*), icchu (*Stipa sp*), nabo (*Brassica sp*), entre otros, los mismos son fuentes como materia orgánica y fueron incorporados previamente secados para el compostaje. La producción es temporal durante la época de lluvias, se ha encontrado que cada 4 semanas se puede obtener hasta 300 Kg.

f. Implementación de contenedores.

Complementario al programa y al estudio se ha logrado ubicar e instalar en lugares estratégicos con mayor concentración de usuarios debidamente señalizados, los contenedores metálicos de 0.18m³ (cilindros acondicionados de 200 litros), llevan su código de colores según la Norma técnica peruana.

- Azul: Papel y cartón.
- Marrón: Orgánico.
- Amarillo: metales.
- Blanco: Plástico.
- Verde: vidrio.
- Rojo: Residuo peligroso.
- Verde o gris: Resto de residuos sólidos urbanos.
- Negro: Para lo que se pueda reciclar .

FUENTE: NTP 900.058 aprobado por INDECOPI – 2015.

Los residuos orgánicos de frutos, verduras y estiércoles se vienen depositando en el contenedor de color marrón. (Ver anexo: 6)

6.2. Compostaje de residuos sólidos orgánicos generados

Según la metodología planteada el compostaje en pilas pequeñas, inició el 26 de octubre del 2018 culminando el 05 febrero del 2019, se instalaron 9 pilas debidamente codificados y aleatorizados (T0 con 3 pilas, T1 con 03 pilas y T2 con 03 pilas) con orientación de norte-sur, las evaluaciones se realizaron periódicamente de acuerdo al cronograma de actividades, en las mismas según opinión de consultados (encuestados) se encontraron los resultados siguientes:

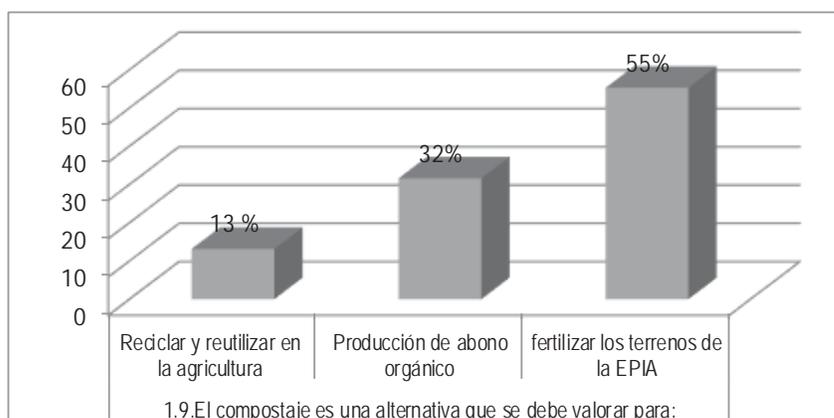
6.2.1. Alternativa propuesta para reúso de RO en terrenos de cultivo

a. Alternativa determinada: compostaje (Ítem1.9)

Para todos los consultados (100%); coinciden en orientar al uso y aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el EPIA para la agricultura; donde el 55% de consultados refiere que los residuos deben valorarse como alternativa de restitución de la fertilidad de los terrenos experimentales de la EPIA mediante el compostaje, seguido de 32% de consultados para la producción de abonos orgánicos, y un 13% señala en términos generales para reciclar y reutilizar en la agricultura.

Siendo unánime la ratificación de la propuesta implementada, esto se debe a que en el ámbito se cuenta con recursos suelo y especies cultivadas las que son parte de la dinámica agroecológica de la sede académica.

Figura 9. Opinión sobre el compostaje como alternativa.



b. Importancia de la segregación de los RO que se generan (Ítem 1.2)

El 63% de los encuestados, afirman que es muy importante el tratamiento de residuos orgánicos, y el 37% considera importante, ninguno es indiferente. En la actualidad como señala en la Ley General de Residuos Sólidos – 27314, en lo que concierne a lineamientos de gestión tiene como finalidad el manejo integral y sostenible, mediante la articulación, integración y compatibilización de las políticas, planes, programas, estrategias y acciones de quienes intervienen en la gestión y manejo de residuos sólidos, aplicando los lineamientos para establecer un sistema de responsabilidad compartida y manejo integral de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, afín de evitar situaciones de riesgo e impactos negativos a la salud humana y el ambiente.

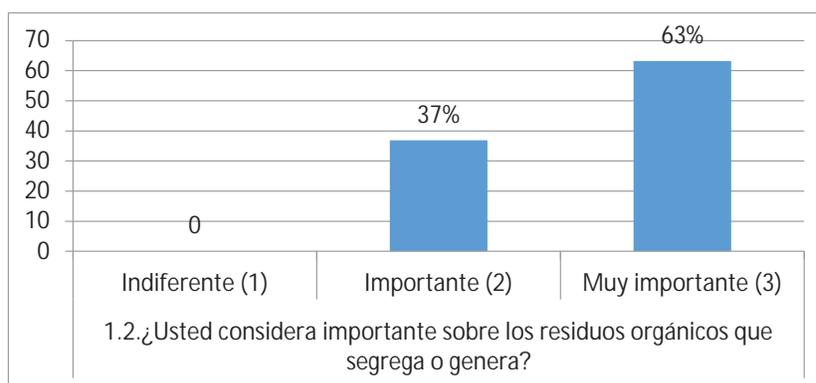
Así mismo señala fomentar el reaprovechamiento de los residuos sólidos y la adopción complementaria de prácticas de tratamiento y adecuada disposición final.

Los residuos orgánicos en particular deben ser aprovechados y reutilizados en las mismas o actividades afines en el entorno de esta manera se contribuya en hacer cumplir con los ciclos de los Factores y elementos del espacio agroecológico para mantenerlo en equilibrio.

Tabla 14. Consideración de tratamiento de residuos orgánicos.

1.2. ¿Usted considera importante sobre el tratamiento de residuos orgánicos que segrega o genera?		
Indiferente (1)	Importante (2)	Muy importante (3)
0	37%	63%

Figura 10. Consideración de tratamiento de residuos orgánicos.



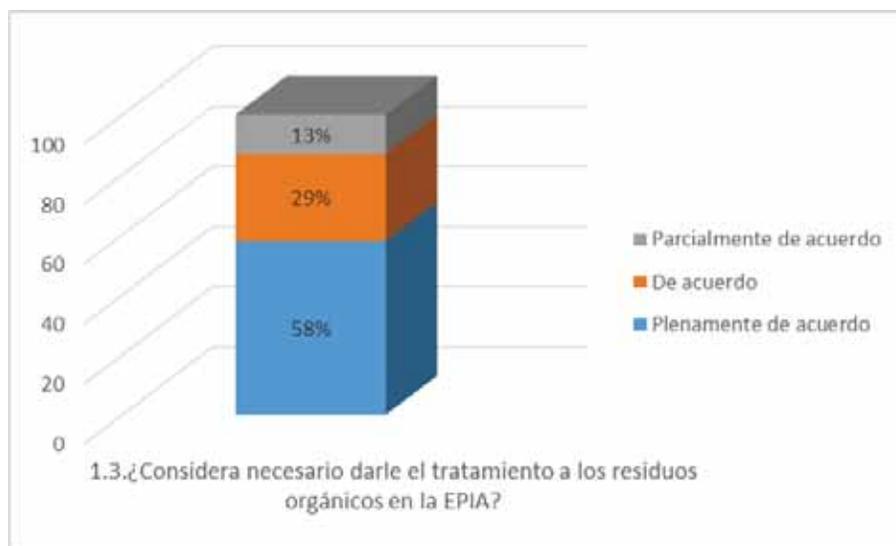
c. Necesidad de tratamiento de RO (Ítem 1.3)

Todos los consultados se ratifican estar de acuerdo en realizar el tratamiento; 58% consideran estar plenamente de acuerdo; seguido del 29% quienes consideran estar de Acuerdo y el resto (13%) se manifiestan estar parcialmente de acuerdo. Siendo coherente en la actualidad la respuesta de la comunidad universitaria, que a la creciente generación de residuos orgánicos hay mayor necesidad de realizar el debido tratamiento en la EPIA.

Tabla 15. Opinión sobre necesidad de tratamiento de los residuos orgánicos.

1.3. ¿Considera necesario darle el tratamiento a los residuos orgánicos en la EPIA?		
Parcialmente de acuerdo	De acuerdo	Plenamente de acuerdo
13%	29%	58%

Figura 11. Opinión sobre necesidad de tratamiento de los residuos orgánicos.



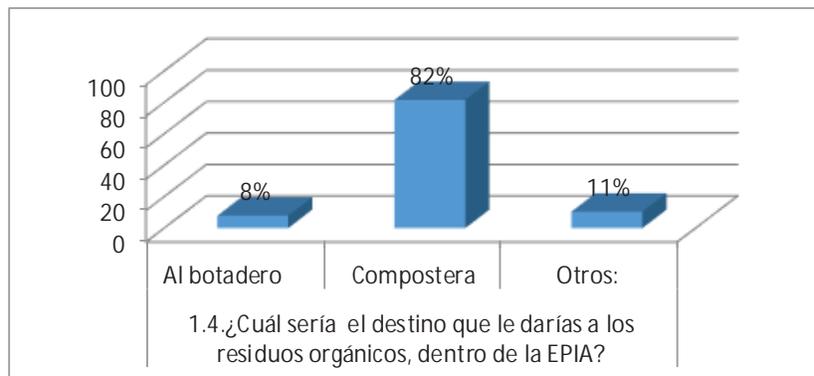
Así mismo, la figura anterior explica y asegura según la opinión de todos los encuestados (100%), que existe la necesidad de realizar el tratamiento que corresponde (compostaje), además que fortalece la propuesta sobre la implementación del programa de disposición de residuos orgánicos en la EPIA.

d. Destino (Ítem:1.4) y disposición correcta de RO (Ítem 1.6)

Por lo general un 82% de encuestados, asumen que los residuos orgánicos deben destinarse a las composteras, Mientras el 8% no percibe con claridad su aprovechamiento (sugiere destinar a un botadero).

El destino y la disposición correcta está orientado a la producción de compost y beneficiar los suelos agrícolas (según ítem anterior), esto a su vez, es debido a que los estudiantes fueron asimilando la importancia del tratamiento de residuos orgánicos y la disposición para producir compost mejorado y aprovechar en restituir la fertilidad de los suelos agrícolas, también por inducción mediante temáticas y aprendizajes desde materias como Fitopatología, Manejo y fertilización de suelos, entre otros.

Figura 12. Opinión sobre el destino de restos orgánicos.

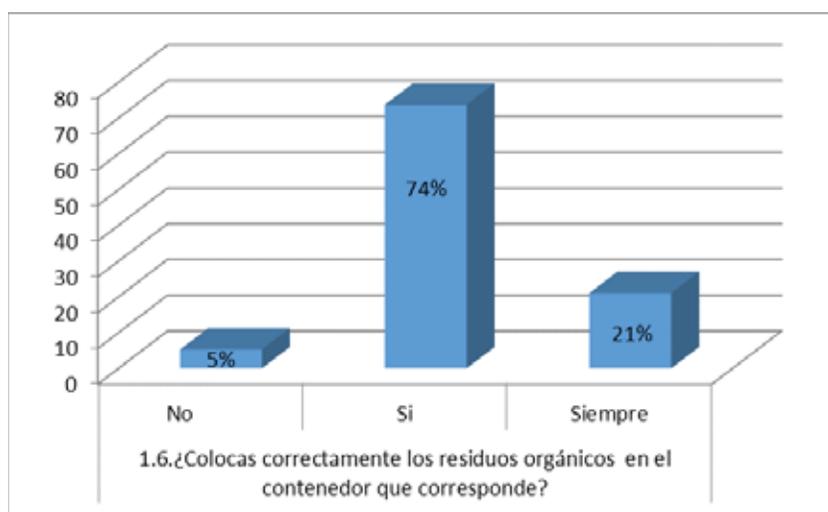


La mayoría de consultados refiere que colocan correctamente los residuos orgánicos en el contenedor respectivo (contenedor marrón); el 74% afirma que si las realiza, más aun el 21% los hace siempre, mientras un 5% de consultados aún no las realiza acertadamente.

Tabla 16. Respuesta sobre disposición de residuos orgánicos.

1.6. ¿Colocas correctamente los residuos orgánicos en el contenedor que corresponde?		
No	Si	Siempre
5%	74%	21%

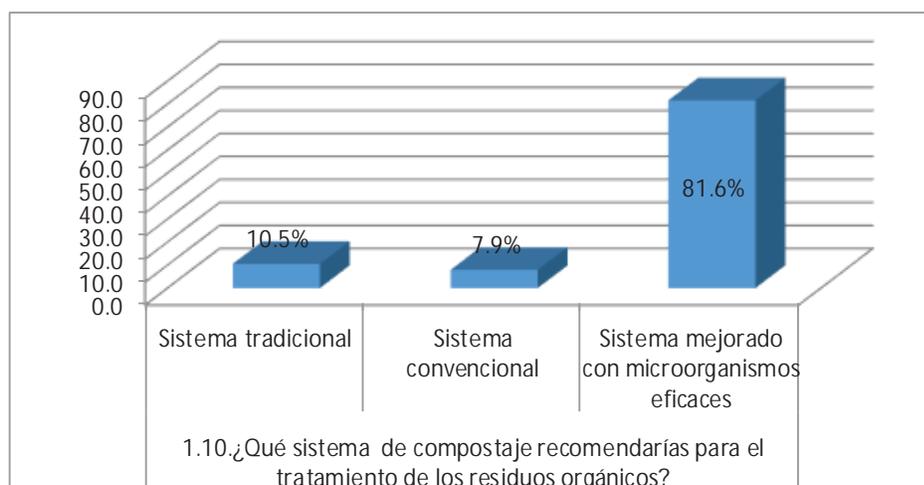
Figura 13. Respuesta sobre disposición de residuos orgánicos.



e. Mejora del compostaje con aplicación de levadura + sangre (Ítem:1.10)

La recomendación para el compostaje fue unánime, así mismo un 81.6 % de consultados señalan que se debe optar por un sistema mejorado, inclusive con microorganismos eficaces, sin embargo, un 10.5% aun prefiere aplicar el sistema tradicional, mientras el 7.9% propone aplicar el sistema convencional. La priorización del método es debido a que durante el desarrollo del programa se ha realizado eventos de inducción para el uso de tecnologías amigables de procesamiento de residuos en el contexto actual. Para este caso se ha establecido aplicar pilas pequeñas con incorporación de levadura + sangre como alternativa priorizada y realizable.

Figura 14. Recomendación sobre tratamiento de residuos orgánicos.



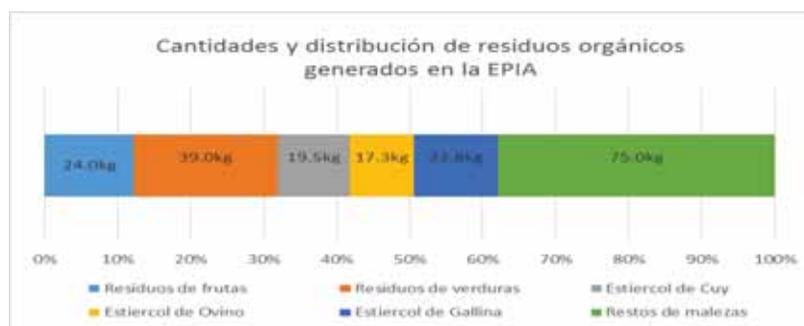
f. Procedimientos de compostaje

Los procedimientos conocidos como acopio, apilado, riegos, volteos y cosecha en este tipo de compostaje (a pequeña escala y aplicada) fueron realizados y conducidos con apoyo eventual de practicantes, estudiantes y con asesoría docente, las cuales se describen:

- **Acopio**

La cantidad de residuos orgánicos que se encontró en la EPIA según encuestados suman un total de 197.8 kg por semana: residuos de verduras 24 kg, frutas 39 kg, estiércol 59.8 kg y restos de cosecha 75 kg. Considerando que para iniciar el compostaje se requirió acopiar 989 kg (Aproximado) que tomó un tiempo de 5 semanas, del cual se utilizó 900 kg que equivale al 100%, entre los mismos resultan estar en diversas cantidades.

Figura 15. Residuos orgánicos generados en la EPIA.



Los residuos orgánicos segregados en contenedores, fueron dispuestos a las composteras, mediante acopio semanal y destinado en el área designada para el compostaje hasta el día de la instalación.

De los residuos encontrados se ha dispuesto de la siguiente forma:

15% de frutas, 15% de verduras, 10% de estiércol de cuy, 10 % de estiércol de ovino, 30% de estiércol de gallina, 20% de restos de maleza.

El traslado en carretillas desde contenedores y galpones hasta el área de compostaje facilitó el trabajo. (Anexo: 7)

▪ **Instalación de pilas de compostaje**

Las pilas se instalaron previamente en áreas acondicionadas y demarcadas a utilizar con apoyo de dos jornales según dimensiones planteadas (1m² de área /pila), el colocado se realizó por capas repetidas hasta dos veces. Se inició con esparcir una capa de estiércol de gallina hasta 15 cm; seguido de restos de maleza hasta 10 cm, luego estiércol de cuy hasta 5cm, seguidamente restos de frutas y verduras mezclados hasta 10 cm y por último se colocó estiércol de ovino hasta 5 cm de espesor, luego se colocó en el mismo orden para una segunda tanda, llegando hasta una altura de 95 cm, este orden se instaló con el propósito de que los sustratos se mantengan en aireación y regulación de temperatura. (Anexo: 8)

Tabla 17. Composición de las pilas de compostaje.

Instalación de pilas según proporción establecida (%) y pesos por pila (Kg)								
Tratamientos		15% de frutas	15% de verduras	10% de estiércol de cuy	10 % de estiércol de ovino	30% de estiércol de gallina	20% de restos de maleza.	Total por pila (Kg)
T 0 (PILA 1)	R1	15	15	10	10	30	20	100
	R2	15	15	10	10	30	20	100
	R3	15	15	10	10	30	20	100
T1 (PILA 2)	R1	15	15	10	10	30	20	100
	R2	15	15	10	10	30	20	100
	R3	15	15	10	10	30	20	100
T2 (PILA 3)	R1	15	15	10	10	30	20	100
	R2	15	15	10	10	30	20	100
	R3	15	15	10	10	30	20	100
Total de materia orgánica dispuesta para compostaje								900

- **Frecuencia de volteo**

Los volteos se realizaron manualmente con pala, cada semana durante todo el periodo de compostaje para uniformizar y dar aireación del compost y evitar la disminución de microorganismos, haciendo un total de 12 volteos hasta la finalización del compostaje. (Anexo: 9)

g. Monitoreo y control

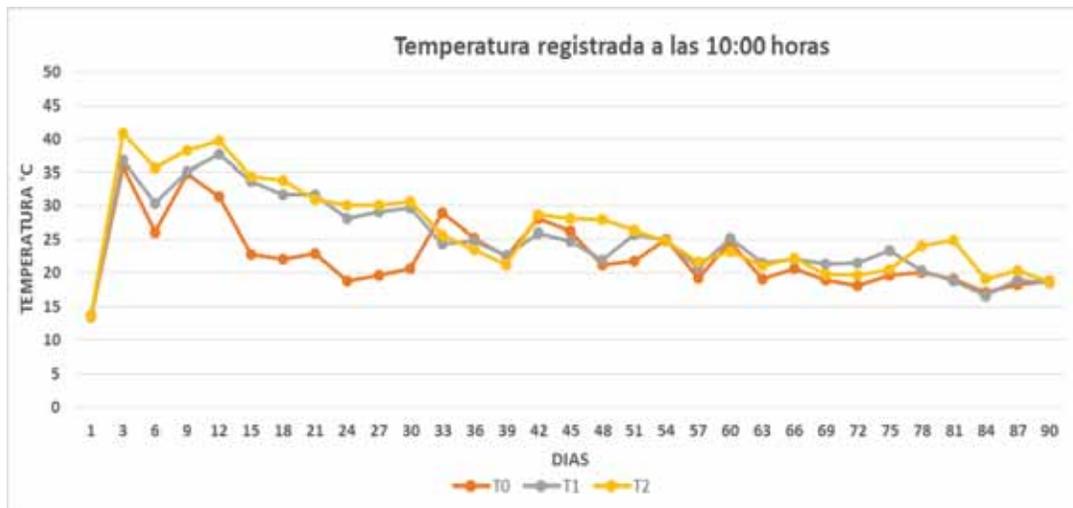
- **Temperatura asociada a tratamientos.**

Para el monitoreo y control del proceso de compostaje, fue necesario medir la temperatura (valores de y) cada tres días (valores de x); dos veces por día; a las 10:00 y 15:00 horas, haciendo cuatro lecturas en cada pila de compost; 2 hacia los extremos y 2 hacia la parte intermedia a una profundidad de 30 cm, se utilizó un termómetro de compost digital, haciendo un total de 30 mediciones durante la campaña, los datos se vaciaron a una matriz para analizar la curva de evolución.

En las mediciones realizadas, no se observaron elevaciones o incrementos, ni descensos considerables de temperatura en el interior de pilas, así como señalan algunos autores como (Duran, Alba, & Guerrero, 2005), indican que las temperaturas altas (mayores de 65°C) prolongadas, no son convenientes, pues pueden ocasionar una especie de suicidio bacteriano que frena la fermentación y también produce pérdidas de nitrógeno. En estas condiciones climáticas en el ámbito estudiado para el caso de compostaje no se reportaron incrementos ni descensos excesivos de temperatura, además durante la campaña la temperatura tuvo un comportamiento normal. El monitoreo de la temperatura (C°) tiene un comportamiento que una vez instalada, muestra una temperatura promedio similar al del ambiente entre 13.7°C para todo los casos durante la mañana, a partir de esta la temperatura para los siguientes días se incrementaron hasta el día 12 con valores entre 40.8 y 39.7°C, posteriormente se denota que el T2 es el que generó temperaturas ligeramente superior al resto de los tratamientos, mientras que T0 mostró temperaturas con valores inferiores, habiendo un comportamiento descendente y con algunas ligeras oscilaciones, finalmente se uniformizaron a la culminación del compostaje, habiéndose registrado una temperatura promedio de 18.7 °C para todos los casos, no habiendo incrementos ni descensos fuertes de temperatura Durante las horas de la mañana. (Anexo: 17 y18).

y = Datos de Temperatura promedio (°C) en interior de pilas
x = Tiempo transcurrido para cada evaluación (nro. de días) durante la composta

Figura 16. Registro de temperaturas por las mañanas.



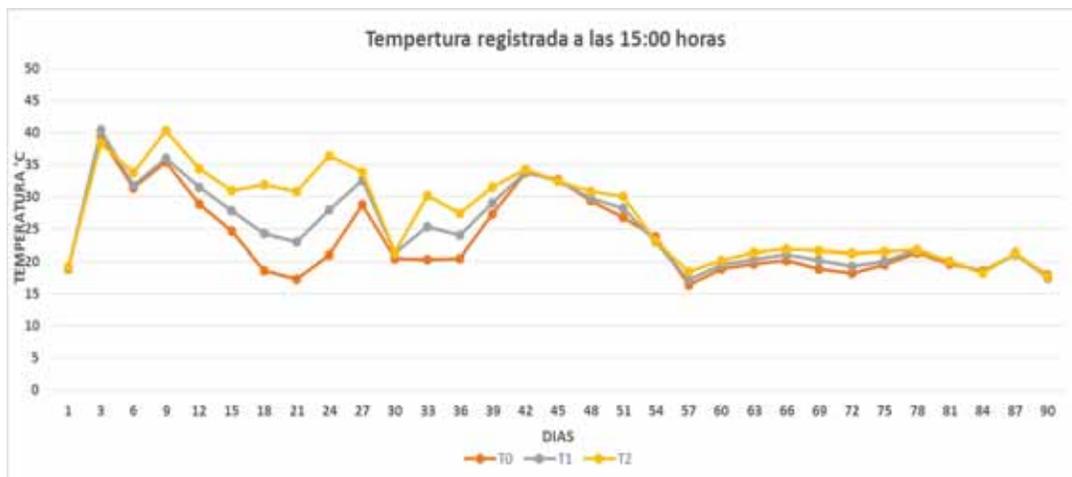
El comportamiento de la temperatura en función de la frecuencia del tiempo evaluado (cada 3 días) describe una trayectoria con tendencia negativa que corresponde al modelo $y=b_0 + b_1.x$ ($y = -0.1709x + 34.153$); inicialmente llega a incrementarse hasta 40.8 °C al tercer día, debido a la mayor actividad microbiana (etapa mesófila), a partir de este valor muestra una tendencia decreciente debido al crecimiento de una nueva comunidad mesófila diferente a la de la fase inicial donde predominan hongos y actinomicetos (Moreno & Moral, 2008), es decir a la actividad microbiana y la degradación de residuos, como también a las condiciones de la variabilidad climática del ambiente que se dieron con independencia (variables independiente no controlados) y que influyen en el proceso de compostaje. Este mismo comportamiento se aprecia a las 15:00 horas.

Figura 17. Comportamiento de T °C en función al tiempo de compostaje para T2 a las 10:00 horas.



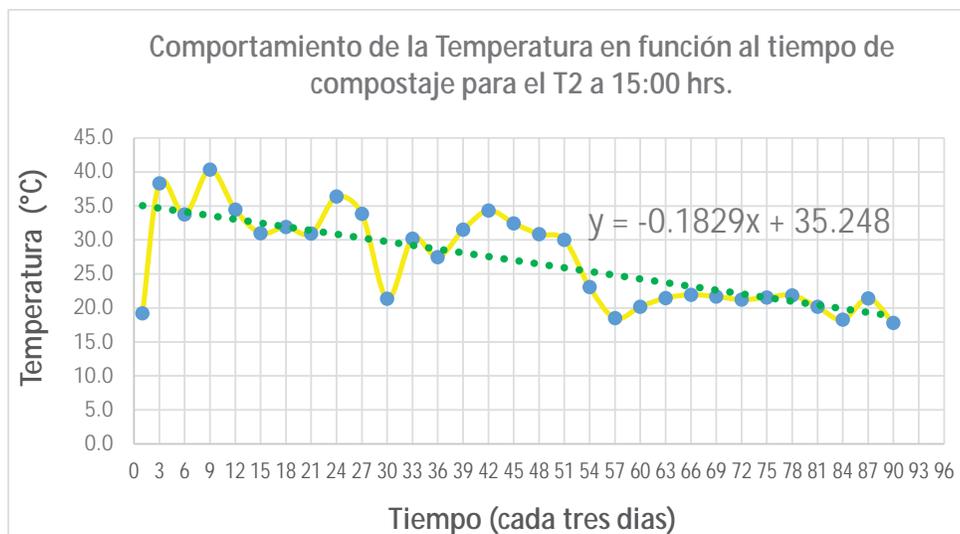
Para el caso de la temperatura registrado durante las horas de la tarde (15:00) se observa que el comportamiento fue de manera similar a la temperatura registrada por las mañanas, donde al inicio se registró una temperatura promedio de 19°C ligeramente superior al de la mañana, en el transcurso se incrementaron considerablemente para el T2 llegando a 40.3 °C a los 09 días de instalado, durante el compostaje se detectaron ligeros incrementos de temperatura a los 27 y 42 días con 32.6 y 34.3°C, respectivamente.

Figura 18. Registro de temperaturas por las tardes.



El comportamiento de la temperatura en función de la frecuencia del tiempo evaluado (cada 3 días) a 15:00 horas. Describe una trayectoria con tendencia negativa, similar al T2 para la mañana, corresponde al modelo $y=b_0 + b_1 \cdot x$ ($y = -0.1829x + 35.248$); estos valores también se comportaron en forma descendente hasta llegar a la culminación.

Figura 19. Comportamiento de temperatura en función al tiempo en el compostaje para T2 a las 15:00 horas.



Este comportamiento normal de la T° a cada día transcurrido; cuya tendencia es a bajar, probablemente se debe a la reducción de microorganismos presentes.

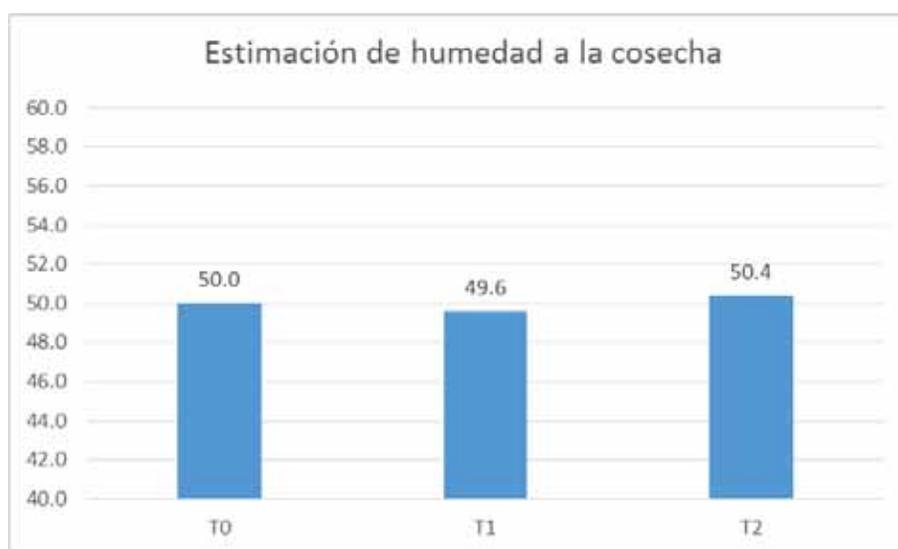
- Monitoreo y control de humedad (riego periódico)

La humedad se controló utilizando el método del puño, se debe especificar que se cubrió con un aislante de plástico en la parte superior para evitar el exceso de humedad por el ingreso de lluvia; se regó cada 2 días con 20 litros de agua por cada pila, de manera uniforme y constante durante el proceso de compostaje, se mantuvo con promedios aproximadamente de 50% de humedad para todos los casos. A la culminación (102 días) del compostaje se determinó el contenido de agua en términos de % de humedad, en la mismas se aprecia que los valores resultantes se hallan próximos entre sí, siendo el T2 el que resultó con 50.4 %, seguido del T0 con 50.0 y el T1 tuvo un 49.6 % de humedad. Siendo para todos los casos en particular óptimos debido a que se hallan dentro del rango recomendado entre 40-60% (Jaramillo Enao & Zapata Márquez, 2008) (Anexo:11)

Tabla 18.Determinación de humedad del compost.

Tratamientos y repeticiones	Peso húmedo en muestra de 10 gramos (gr)	Peso seco en estufa a 180°C por 24 horas (gr)	Humedad (gr)	Humedad (%)
T0R1	10	5.09	4.91	49.1
T0R2	10	5.00	5.00	50
T0R3	10	4.91	5.09	50.9
T1R1	10	5.01	4.99	49.9
T1R2	10	5.59	4.41	44.1
T1R3	10	4.53	5.47	54.7
T2R1	10	4.78	5.22	52.2
T2R2	10	5.16	4.84	48.4
T2R3	10	4.95	5.05	50.5

Figura 20. Humedad a la cosecha de compost.



- Monitoreo de potencial hidrógeno (pH)

Se realizó utilizando un pH metro digital desde el primer día y luego cada 20 días, durante el proceso de compostaje en las mismas se aprecia un comportamiento normal con valores promedio ligeramente superiores hacia el inicio de la composta llegando a registrarse hasta 9.44 para el T0, 9.09 par T1 y 9.00 para T2. Para las siguientes fechas fueron descendiendo paulatinamente habiéndose registrado en la última fecha con valores de 8.71 para T0, 8.76 para T2 y 8.67 para T1; haciendo un promedio general de pH 8.71, el mismo se considera como ligeramente alcalino. (Anexo: 12)

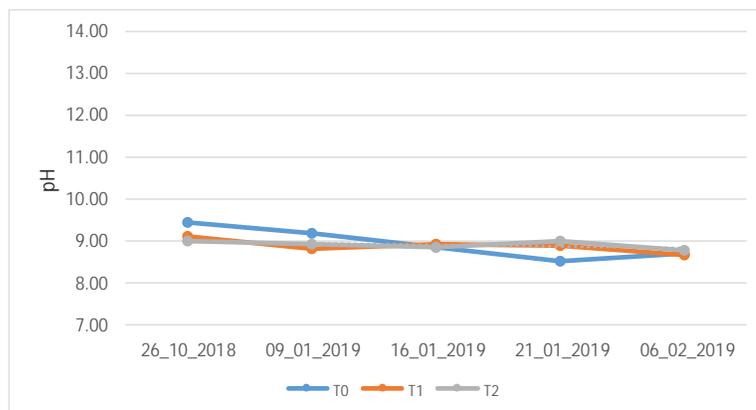
Tabla 19. Monitoreo de potencial hidrogeno (pH).

FECHA	TIEMPO (días)	T0R1	T0R2	T0R3	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3
26/10/2018	1	9.49	9.56	9.28	8.95	9.1	9.23	9.03	8.97	8.99
09/01/2019	20	9.44	9.11	9	8.75	8.76	8.96	8.95	9.17	8.65
16/01/2019	43	8.83	8.95	8.8	8.9	8.98	8.92	8.85	8.92	8.78
21/01/2019	63	8.09	8.61	8.82	8.9	8.78	9	8.89	9.01	9.14
10/02/2019	83	8.81	8.96	8.35	8.35	8.74	8.92	8.84	8.85	8.58

Tabla 20. Promedio de potencial hidrógeno (pH) por tratamientos.

FECHA	T0	T1	T2
	pH	pH	pH
26_10_2018	9.44	9.09	9
14_11_2019	9.18	8.82	8.92
16_01_2019	8.86	8.93	8.85
21_01_2019	8.51	8.89	9.01
10_02_2019	8.71	8.67	8.76

Figura 21. Medición de pH durante el proceso de composta.



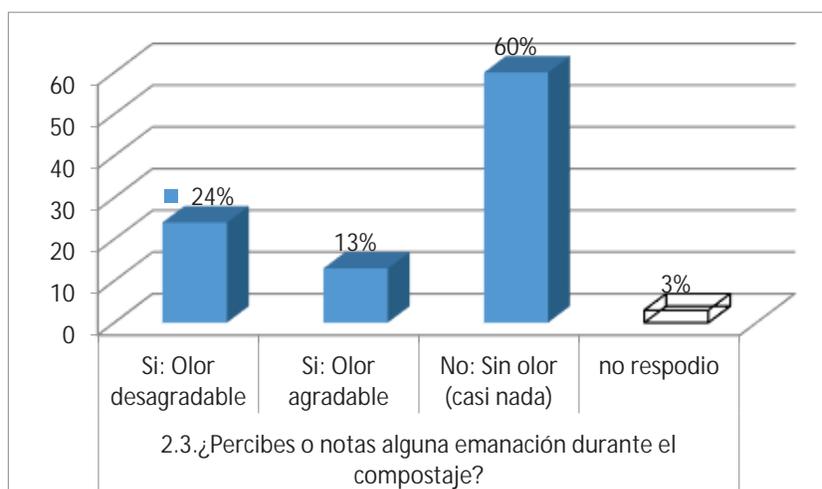
- Percepción y control de emanaciones de olor (Ítems 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6)

El 60% indica que la emanación de olores no es detectable (el compostaje no tiene olores desagradables); el 13% de consultados refieren haber detectado olor agradable durante el compostaje. Sin embargo, el 24% de consultados indican haber percibido olor desagradable durante el inicio del proceso de compostación (formación de gases como metano, y otros), a los 15 días de compostaje (09/11/18) entra en proceso de transformación y crecimiento de la población de microorganismos benéficos, las que generan olores.

Tabla 21. Percepción de emanación de olor.

2.3. ¿Percibes o notas alguna emanación durante el compostaje?			
Si: Olor desagradable	Si: Olor agradable	No: Sin olor (casi nada)	no respondió
24%	13%	60%	3%

Figura 22 . Percepción de emanación de olor.

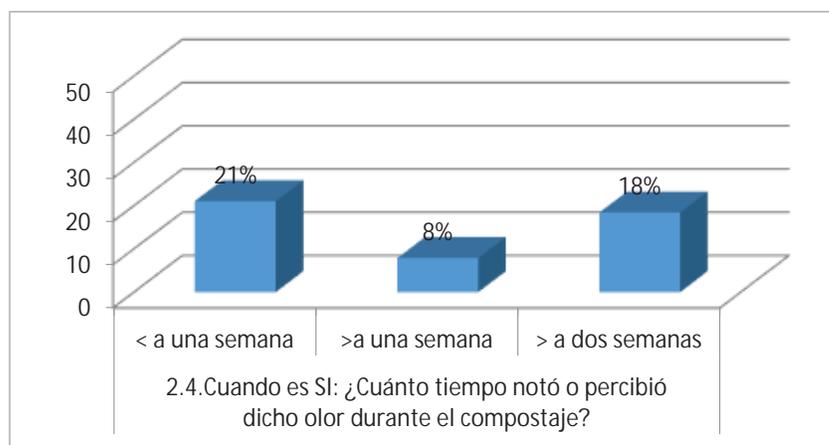


Para los que percibieron el olor al aproximarse a la compostera (de la figura anterior: 24+13 = 37 personas, que equivale a 47% de consultados): para esta cuestión respondieron el 47% de consultados; de los cuales el 21% indican que el olor percibido fue < a 1 semana, seguido de 18% que indican que fue > a dos semanas y, finalmente el 8% señalan > a 1 semana.

Tabla 22. Tiempo de percepción de emanación de olor.

2.4. Cuando es SI: ¿Cuánto tiempo notó o percibió dicho olor durante el compostaje?		
< a una semana	>a una semana	> a dos semanas
21%	8%	18%

Figura 23. Tiempo de percepción de emanación de olor.

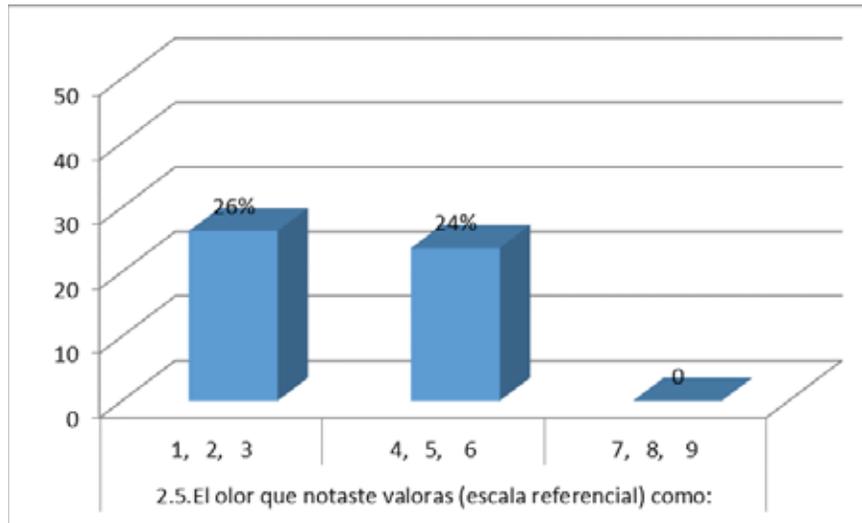


El 26% de consultados sobre olores percibidos; señalan que percibieron desde “casi nada de olor” hasta un “olor menos perceptible”, también el 24% señala haber percibido desde suave perceptible hasta perceptible. Sin embargo, ninguno (0%) percibió olores notorios a fuertes que ahuyenten o alteren la comodidad en un ambiente típico de compostaje.

Tabla 23. Valoración de olor percibido por consultados.

2.5.El olor que notaste valoras (escala referencial) como:		
1, 2, 3 casi nada menos - perceptible	4, 5, 6 suave perceptible – perceptible	7, 8, 9 notorios – fuertes
26%	24%	0%

Figura 24. Valoración del olor percibido por consultados.

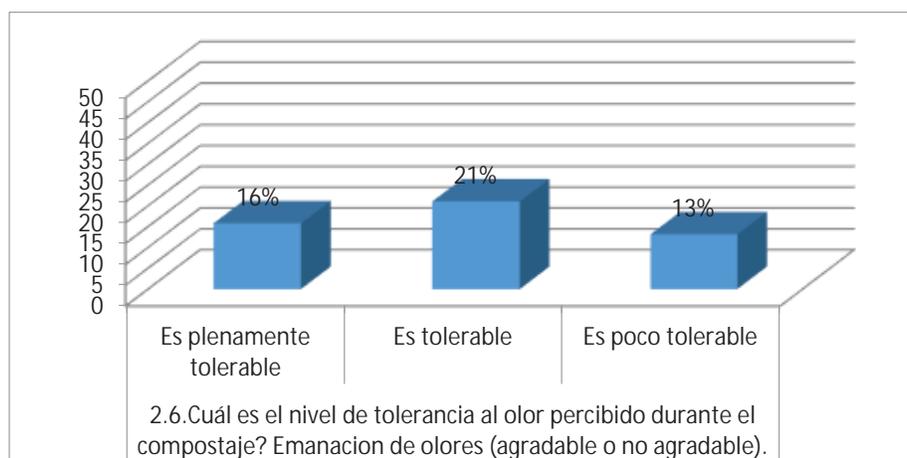


Respecto de la percepción de olor (agradable y no agradable) como nivel referencial de tolerancia al olor durante algún periodo probablemente con mayor actividad microbiana y emanación de olores en la composta; todos los consultados afirman tolerar dichos olores: El 21 % considera que es tolerable el poco olor y menos percibido (ítem 2.5: 26% de consultados), seguido del 16% quienes indican que es plenamente tolerable, mientras que el 13% señala tener poca tolerancia percibida durante por lo menos dos semanas (Ítem 2.4) en el proceso de compostaje.

Tabla 24. Nivel de tolerancia al olor percibido durante el compostaje.

2.6. ¿Cuál es el nivel referencial de tolerancia al olor percibido durante el compostaje? Emanación de olores (agradable o no agradable).		
Es plenamente tolerable	Es tolerable	Es poco tolerable
16%	21%	13%

Figura 25. Nivel de tolerancia al olor percibido durante el compostaje.



- Control de plagas potenciales: mosca común (*myzus sp*).

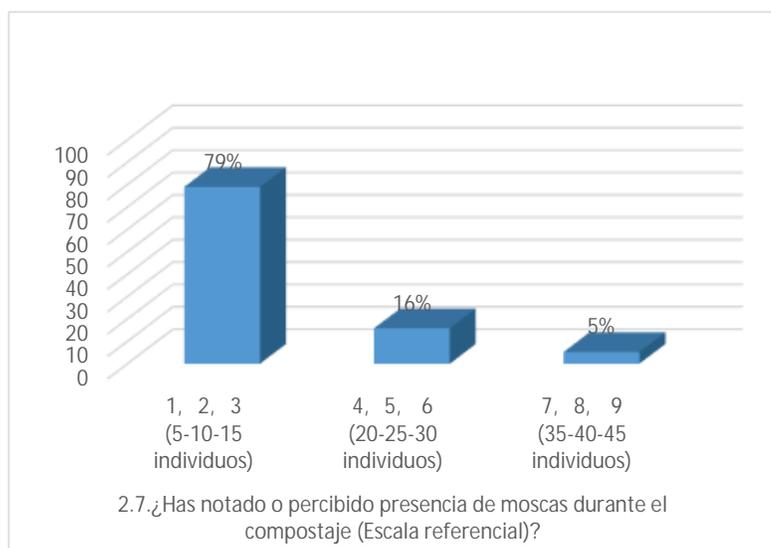
La proliferación de plagas potenciales en composteras es común para el cual se hace el monitoreo y control mediante indicadores y métodos como el de control etológico en principal, para el presente trabajo se ha hecho el monitoreo mediante encuestas y medición directa utilizando trampas pegantes, como resultado se identificó solo un tipo de insecto que corresponde a la mosca común (*myzus sp*).

Mediante encuesta: la presencia de moscas comunes (*Myzus sp*) fue percibida por todo los consultados; de los cuales el 79 % indica haber notado de 5 hasta 15 moscas en la compostera, seguido de un 16% indica haber notado entre 20 a 30 moscas y el resto hasta unos 35 moscas durante el momento de su visita a la compostera. Siendo muy poca la población de mosca común visualizada por los consultados.

Tabla 25. Percepción de presencia de moscas durante el compostaje.

2.7. ¿Has notado o percibido presencia de moscas durante el compostaje (Escala referencial)?		
1, 2, 3 (5-10-15 moscas)	4, 5, 6 (20-25-30 moscas)	7, 8, 9 (35-40-45 moscas)
79%	16%	5%

Figura 26. Percepción de presencia de moscas durante el compostaje.



Por medición directa a 24 y 48 horas de instalado las trampas: la poca presencia de moscas se corrobora con los resultados encontrados por captura mediante trampas pegantes sin atractante (*Myzus sp*) en cada pila de composta.

Según el cuadro de Monitoreo realizado cada 15 días, se tiene el número de mosca común (*myzus sp*) atraídos, por los olores naturales que emana el compost, en las cuales se visualizaron moscas revoloteando y otras posadas sobre las pilas de compost, se observó que a 24 horas se encontraron los mayores números de moscas atrapados para todos los tratamientos, sin variaciones considerables; siendo el T0 y T2 los que muestran hasta 15 individuos y para el T1 14 individuos. A 48 horas se encontraron en T2 hasta 20 individuos seguido de T0 con 18 individuos y para T1 con 17 individuos.

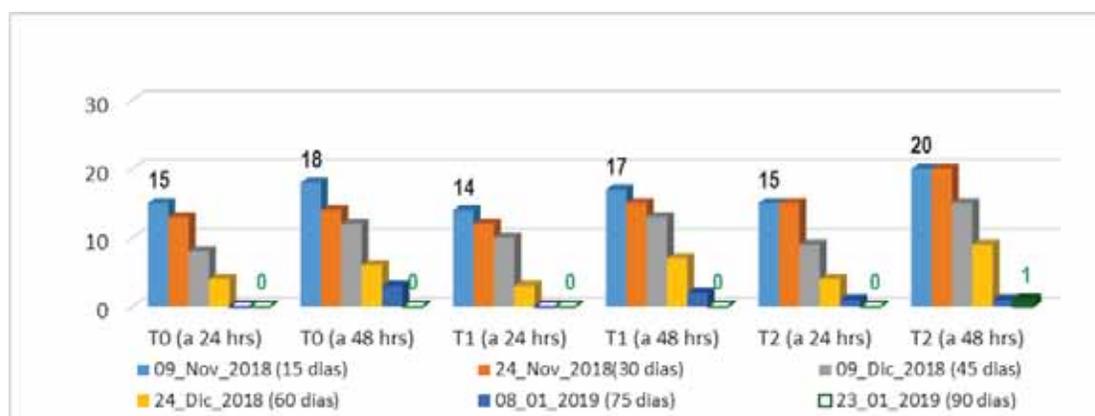
A partir de estos valores en número de moscas encontrados fue disminuyendo considerablemente para las siguientes observaciones, hasta previa a la culminación de la composta se observó 1 mosca en el T2 y en el resto no se encontró.

La población detectada fue mínima, a su vez la captura mediante trampas pegantes sin atractantes considerando como control, redujo la población oportunamente, de esta manera se fue generando un espacio salubre con comodidad durante el manejo de pilas de compostaje dentro de la propuesta del programa.

Tabla 26. Número de mosca adulta capturados a 24 y 48 horas de instalado la trampa.

Fecha de Instalación de Trampa	T0 (a 24 hrs)	T0 (a 48 hrs)	T1 (a 24 hrs)	T1 (a 48 hrs)	T2 (a 24 hrs)	T2 (a 48 hrs)
09_Nov_2018 (15 días)	15	18	14	17	15	20
24_Nov_2018(30 días)	13	14	12	15	15	20
09_Dic_2018 (45 días)	8	12	10	13	9	15
24_Dic_2018 (60 días)	4	6	3	7	4	9
08_01_2019 (75 días)	0	3	0	2	1	1
23_01_2019 (90 días)	0	0	0	0	0	1

Figura 27. Monitoreo y control de la presencia de mosca común (Myzus sp) en pilas de composta.



Según estudios similares la presencia de moscas es mínimo a condiciones de pisos o zonas agroecológicas como Santo Tomás (3660 msnm), por el que no se reportó otras plagas.

6.3 Tiempo de composta: Reducción y optimización

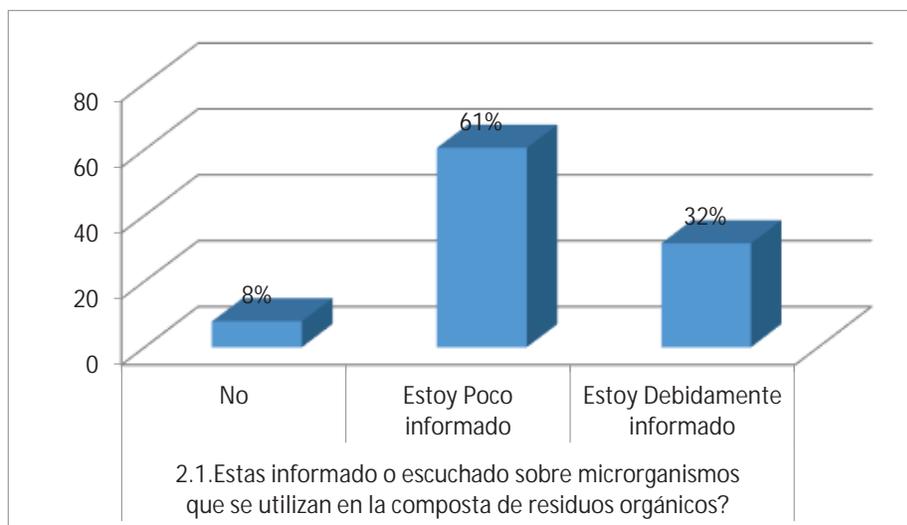
6.3.1 Uso de levadura de pan (*Saccharomyces cerevisiae*) + insumo (Sangre de ovino en la instalación de las pilas) en la composta de residuos orgánicos

Para estimar sobre el uso de levadura según los consultados refieren que, El 61% de consultados señalan estar poco informados sobre el uso de microorganismos en la composta de residuos orgánicos, seguido de un 32% de consultados quienes indican estar debidamente informados mediante los medios informativos brindados en la EPIA, sin embargo el 8% (4 personas) indican que aún no estar informados.

Tabla 27. Respuesta de consultados sobre microorganismos utilizados en compostaje.

2.1. Estas informado o escuchado sobre microorganismos que se utilizan en la composta de residuos orgánicos?		
No	Estoy Poco informado	Estoy Debidamente informado
8%	61%	32%

Figura 28. Respuesta de consultados sobre microorganismos utilizados en compostaje.

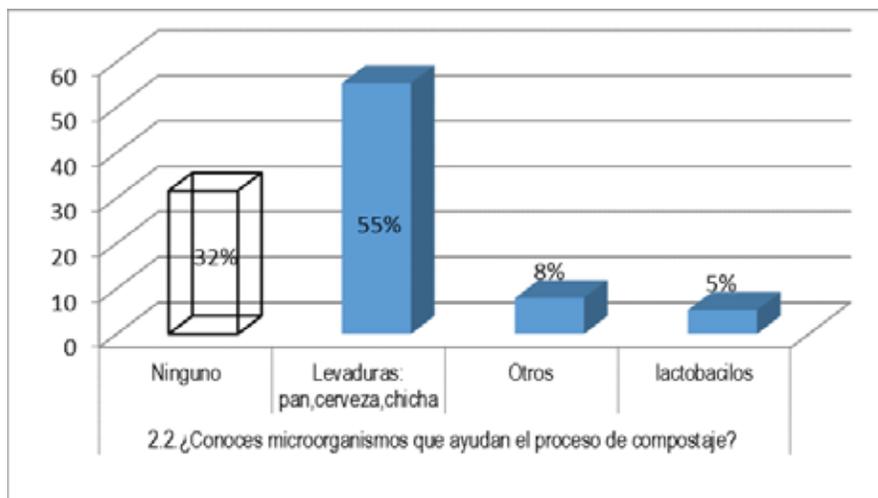


La mayoría de los consultados (68%) manifiestan conocer microorganismos que ayudan en el proceso de composta de residuos orgánicos; de los mismos, más de la mitad de consultados que son el 55% conocen microorganismos del grupo de Levaduras de pan, cerveza y chicha (bebida en base a jora de maíz), seguido de un 8% que conocen otros y el 5% señala que conocen del grupo de Lactobacilos. Sin embargo, el 32% de consultados señalan aun no conocer microorganismos que ayudan el compostaje de residuos orgánicos.

Tabla 28. Respuesta sobre conocimiento de microorganismos para compostaje.

2.2. ¿Conoces microorganismos que ayudan el proceso de compostaje?				
Ninguno	Levaduras: pan, cerveza, chicha	Otros	lactobacilos	
32%	55%	8%	5%	
No conocen 32%		Si conocen 68%		

Figura 29. Respuesta sobre conocimiento de microorganismos para compostaje.



6.3.2. Aplicación de solución líquida de microorganismos eficientes EM en T0 (sin aplicación alguna), T1 (levadura de pan) y T2 (levadura de pan, sangre). (Anexo: 13)

- Inoculación en periodos de tiempo.

T0 = El tratamiento testigo no tuvo aplicación de microorganismos, sin embargo, los residuos orgánicos generarían poblaciones mínimas de manera natural, además los análisis de laboratorio mostraron existencia de poblaciones.

T1 = El tratamiento 1 recibió levadura de pan (*Saccharomyces cerevisiae*), para cada pila se preparó una solución líquida, Se colocó 100 gr de levadura en 10 Lts de agua y se añadió 250 gr de azúcar, se mezclaron en un balde de 20 litros, luego se puso en reposo durante 2 horas para la fermentación, hasta la formación de espuma y un manto a manera de nata cerca hacia la superficie de la solución. Quedando listo para la aplicación en cada pila.

T2 = El tratamiento 2 tuvo como base los mismos insumos y cantidades que para el tratamiento 1, al que se le añadió por única vez 500 ml de sangre fresca de ovino para cada solución preparada .

El número de aplicaciones fue 14, cada aplicación se hizo por periodos de cada 7 días, el mismo momento del volteo de las pilas y fueron aplicados vía aspersión con pulverizadora manual para cada pila de compost del T1 y T2.

Tabla 29. Aplicaciones de solución líquida por periodos según tratamientos.

Número de aplicación	Fecha de aplicación	Periodo de aplicación (Días)	T0 (Testigo)			T1: 10 Lts de solución			T2: 10 Lt de solución		
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	27/10/2018	0	R1	R2	R3						
2	03/11/2018	7	Sin aplicación de levadura			10	10	10	10	10	10
3	10/11/2018	14				10	10	10	10	10	10
4	17/11/2018	21				10	10	10	10	10	10
5	24/11/2018	28				10	10	10	10	10	10
6	01/12/2018	35				10	10	10	10	10	10
7	08/12/2018	42				10	10	10	10	10	10
8	15/12/2018	49				10	10	10	10	10	10
9	22/12/2018	56				10	10	10	10	10	10
10	29/12/2018	63				10	10	10	10	10	10
11	05/01/2019	70				10	10	10	10	10	10
12	12/01/2019	77				10	10	10	10	10	10
13	19/01/2019	84				10	10	10	10	10	10
14	27/10/2018	91				10	10	10	10	10	10
Total de solución aplicado (Lt)						140	140	140	140	140	140
Total de levadura de pan aplicado (gr)						1400	1400	1400	1400	1400	1400
Total de azúcar aplicado (gr)						2800	2800	2800	2800	2800	2800
Total de sangre fresca de ovino aplicado al primer día (ml)						-	-	-	500	500	500
Total de agua utilizada (Lt)						140	140	140	140	140	140

6.3.3. Percepción del tiempo de compostaje (Ítem 2.8)

La aplicación de microorganismos eficientes en el proceso de compostaje como la levadura de pan y otros contribuye en la reducción del tiempo de composta de acuerdo a otras tesis realizadas con uso de levaduras (Córdova, L. 2016) que obtuvo compost con diferentes tratamientos, en un tiempo que fluctúa de 87-112 días; para el presente trabajo se ha realizado acopio de opinión de usuarios mediante encuestas y medición directa mediante observación visual según los días transcurridos:

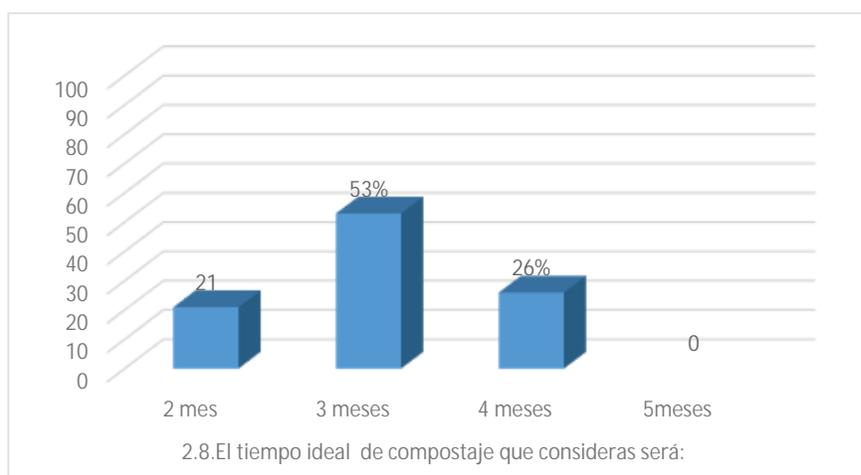
Según opinión de encuestados: de acuerdo a la experiencia de los participantes quienes fueron parte del proceso de implementación del programa, pudieron dar su opinión sobre el tiempo diferenciado de la obtención de compost entre los tratamientos T0, T1 y T2 y sus repeticiones aplicando microorganismos; donde el 53% de consultados considera que el tiempo prudencial de composta debería ser entre 3 meses, seguidamente el 26% considera que la composta se dé hasta en 4 meses e inversamente el 21% opinó hacer el compostaje en un tiempo de 2 meses.

Haciendo un promedio general de opiniones el tiempo estimado para el compostaje sería 3 meses, con el propósito de mejorar y optimizar los procedimientos agronómicos y del aprovechamiento de residuos generados dentro de la Escuela.

Tabla 30. Tiempo considerado para compostaje.

<i>2.8.El tiempo ideal de compostaje que consideras será:</i>				
Tiempo	2 mes	3 meses	4 meses	5 meses
Total % de consultados	21%	53%	26%	0

Figura 30. Tiempo considerado para compostaje.



Según medición directa: Para determinar el tiempo de composta entre tratamientos se realizó mediante la observación visual y la prueba de tamizado en las que se apreciaron en cada pila las características del producto; donde el T2 mostró una temperatura constante, textura franco arenoso, coloración marrón oscuro sin presencia de restos de materia orgánica y residuos, Mientras que el T1 aún mostró restos orgánicos sin compostar, en principal el T0 mostró regular cantidad de material sin compostar por las que se procedió a determinar el peso tomando en cuenta los días transcurridos.(Anexo:14)

Tabla 31. Cantidad de compost obtenido a la cosecha.

Tratamientos y repeticiones		Peso de compost húmedo a 102 días (Kg)	Peso promedio de compost a 102 días (Kg)	Cantidad inicial de materiales a compostar (Kg)	Cantidad de compost a la cosecha (Kg)	Cantidad de materia por compostar en referencia a 87 Kg de T2 (Kg)
T0	R1	38				
	R2	38	39	100	39	48
	R3	41.4				
T1	R1	60.4				
	R2	79.8	75	100	75	12
	R3	84.2				
T2	R1	79.5				
	R2	88.8	87	100	87	0
	R3	92.2				

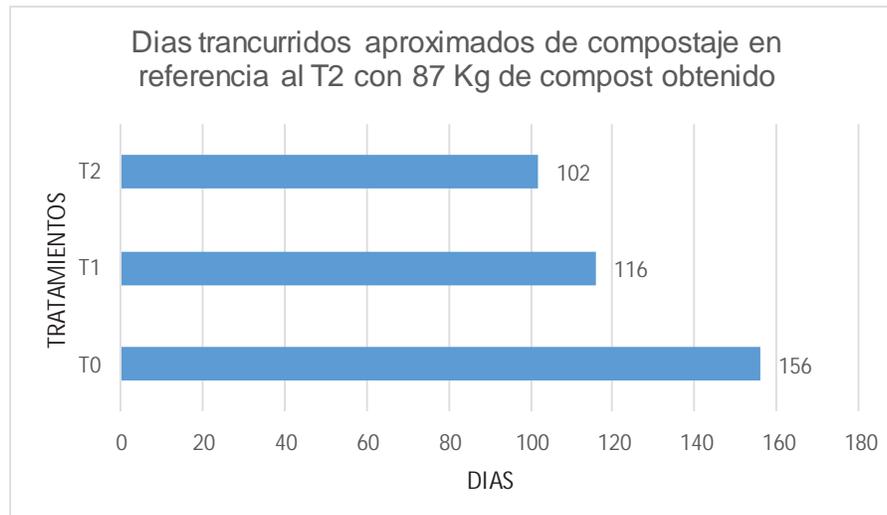
Se denota que el T2 muestra la mayor cantidad de compost con 87 Kg que equivale a 87 %, habiendo reducción del 13 % del peso, respecto del peso total e inicial de 100% instalados.

En el T1 se acumuló hasta 75 Kg, quedando aproximadamente 12 Kg para compostar y requiriendo unos 14 días para terminar de compostarse.

El T0 a los 102 días solo llegó al 39 % que equivale a 39 Kg, lo que indica que requiere más días que el T1 para terminar de compostarse (mayor a 150 días).

Consiguientemente, se encontró que en el T2 se terminó de compostar en 102 días, siendo el menor número de días transcurridos (con aplicación de levadura más sangre), resultando favorable para elegir esta alternativa en la implementación del programa de disposición de residuos sólidos orgánicos.

Figura 31. Cantidad de compost obtenido a la cosecha.



- Análisis de varianza para el peso de compost obtenido.

Tabla 32. Peso promedio de compost obtenido a 102 días.

Repetición	Testigo/T0	Tratamiento/T1	Tratamiento/T2
r1	38.0	60.4	79.5
r2	38.0	79.8	88.8
r3	41.4	84.2	92.2
Med	39.1	74.8	86.8
Var	3.85	160.36	43.22

El análisis de varianza denota que es estadísticamente significativo (con una probabilidad de $0.00103 > 0.05$ al 95% de confianza) las diferencias entre tratamientos determinados sobre el peso total de compost obtenidos a los 102 días con respecto al tratamiento en el que culminó de compostarse (T2).

RESUMEN ENTRE TRATAMIENTOS				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T0	3	117.4	39.133	3.853
T1	3	224.4	74.8	160.36
T2	3	260.5	86.833	43.223

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2	3692.20	1846.10	26.69877	0.00103	5.14325
Dentro de Tratamientos	6	414.87	69.15			
Total	8	4107.08				

Mientras el ANVA para repeticiones no muestra diferencias significativas donde la probabilidad es menor a 0.05 de confianza (95%), por el que los promedios obtenidos son similares.

Análisis de varianza de un factor RESUMEN ENTRE REPETICIONES						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
R1	3	177.9	59.3	431.47		
R2	3	206.6	68.86667	734.81333		
R3	3	217.8	72.6	746.08		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2	282.35	141.17	0.22147	0.80761	5.14325
Dentro de Repeticiones	6	3824.73	637.45			
Total	8	4107.08				

- Prueba de T para el peso de compost obtenido.

Según las probabilidades existe diferencia estadística entre T0 y T1 ($p=0.0404$), así mismo se encontró diferencias estadísticas significativas entre T0 y T2 ($p=0.0068$); debido a la incorporación de levadura en solución líquida al T2, que aceleró la descomposición de materia orgánica en menor tiempo obteniendo mayor cantidad de compost que T0, inclusive T1. Mientras que para T1 y T2 no se observa diferencia estadística ($p=0.2402$).

Tabla 33. Resultado de prueba de T para el peso de compost obtenido.

Prueba t	T0		T1		T2	
	T0	T1	T0	T2	T1	T2
Media	39.13	74.80	39.13	86.83	74.80	86.83
Varianza	3.85	160.36	3.85	43.22	160.36	43.22
Observaciones	3	3	3	3	3	3
Diferencia hipotética de las medias	0		0		0	
Grados de libertad	2		2		3	
Estadístico t	-4.82		-12.04		-1.46	
P(T<=t) una cola	0.0202		0.0034		0.1201	
Valor crítico de t (una cola)	2.92		2.92		2.35	
P(T<=t) dos colas	0.0404	(Sign)	0.0068	(Sign)	0.2402	(No sign)
Valor crítico de t (dos colas)	4.30		4.30		3.18	

- Prueba de Tukey para peso promedio de compost obtenido a 102 días.

Ho: El peso promedio en todos los tratamientos es igual, al 95% de confianza.

Se rechaza

Ha: Al menos en un tratamiento el peso promedio es distinto, al 95% de confianza.

Se acepta.

Existe significancia estadística entre T0 y T1, así mismo se encontró significancia estadística entre T0 y T2 y, entre T1 y T2 no es significativo.

<i>Valor f</i>	<i>26.7</i>		
<i>P</i>	<i>0.00103</i>		
<i>R</i>	<i>3</i>		
<i>T</i>	<i>3</i>		
<i>&</i>	<i>0.05</i>		
<i>DHS*(ALS)</i>	<i>20.84</i>		
<i>multiplicador q&</i>	<i>4.34</i>		
<i>CMe</i>	<i>69.15</i>		
<i>N</i>	<i>3</i>		
<i>Tratamiento</i>	<i>Media</i>		
<i>T0</i>	<i>39.13</i>		
<i>T1</i>	<i>74.8</i>		
<i>T2</i>	<i>86.83</i>		
<i>Tratamientos</i>	<i>Dif</i>	<i>ALS</i>	<i>Signnificancia</i>
<i>T0-T1</i>	<i>-35.67</i>	<i>20.84</i>	<i>Sig*</i>
<i>T0-T2</i>	<i>-47.7</i>	<i>20.84</i>	<i>Sig*</i>
<i>T1-T2</i>	<i>-12.03</i>	<i>20.84</i>	<i>No sign</i>
<i>OM</i>	<i>Trat</i>	<i>Media</i>	<i>ALS(&:0.05)</i>
<i>1°</i>	<i>T2</i>	<i>86.83</i>	<i>a</i>
<i>2°</i>	<i>T1</i>	<i>74.8</i>	<i>b</i>
<i>3°</i>	<i>T0</i>	<i>39.13</i>	<i>c</i>

Según el Tukey se concluye que el T2 resultó ubicarse en primer orden con un valor (T2=86.83) para peso promedio de compost obtenido a los 102 días, seguido de T1 que ocupó el segundo lugar con un valor de (T1=74.8) y el T0 ocupó el último lugar.

Los resultados indican que se cuenta con 1 alternativa de prioridad, siendo el T2 el que brinda mejores opciones para el compostaje en el programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos a condiciones de la EPIA, mientras que T1 se ubica en segunda opción.

6.4. Determinación de la calidad de compost

6.4.1. Análisis de laboratorio de parámetros biológicos, físico y químico:

a. Determinación de población microbiana

- Población microbiana durante el compostaje.

Según los resultados de Laboratorio para la población total promedio de microorganismos presente en el compost se tiene:

La población de microorganismos encontrados en la fase inicial hasta la fase final del compostaje difieren considerablemente, hubo incremento de la población microbiana principalmente en las pilas con tratamientos, hasta antes de la fase final, disminuyendo probablemente por el descenso de la temperatura y la disponibilidad de materia orgánica, pH, otros: siendo el T2 el que presentó un comportamiento notorio con valores 2.72, 3.85 y 3.54 (UFC) desde la fase inicial, intermedio y final, respectivamente.

Tabla 34. Evolución de la población microbiana en las pilas de compostaje.

<i>Tratamientos</i>	<i>Población microbiana Inicial</i>	<i>Población microbiana Intermedia</i>	<i>Población microbiana final</i>
<i>T0</i>	2.02	2.60	1.54
<i>T1</i>	1.68	2.65	2.04
<i>T2</i>	2.72	3.85	3.54
<i>Prom</i>	2.14	3.03	2.37

El proceso de compostaje generó equilibrio en la población microbiana es decir entre la fase inicial y final se hallaron similares poblaciones. Considerando que la fase final es determinante para la calidad del compost obtenido, se denota que el promedio de tratamiento del T0 es menor que al del T1 y al del T2; siendo este último el que supera al resto de los tratamientos debido al crecimiento microbiano (Moreno & Moral, 2008).

Figura 32. Población de microorganismos durante el compostaje.

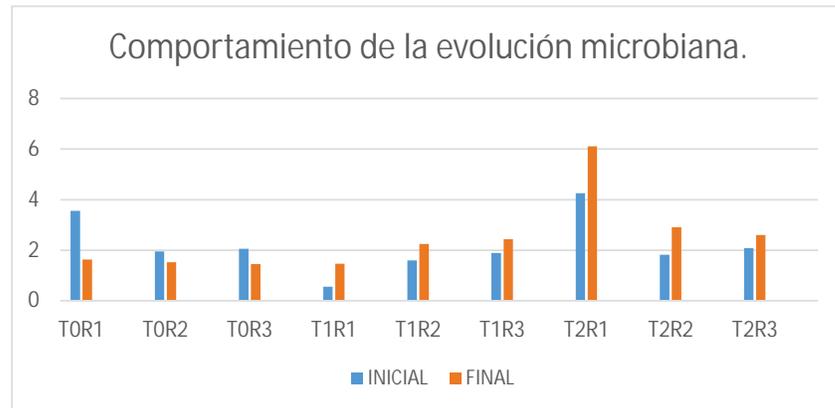
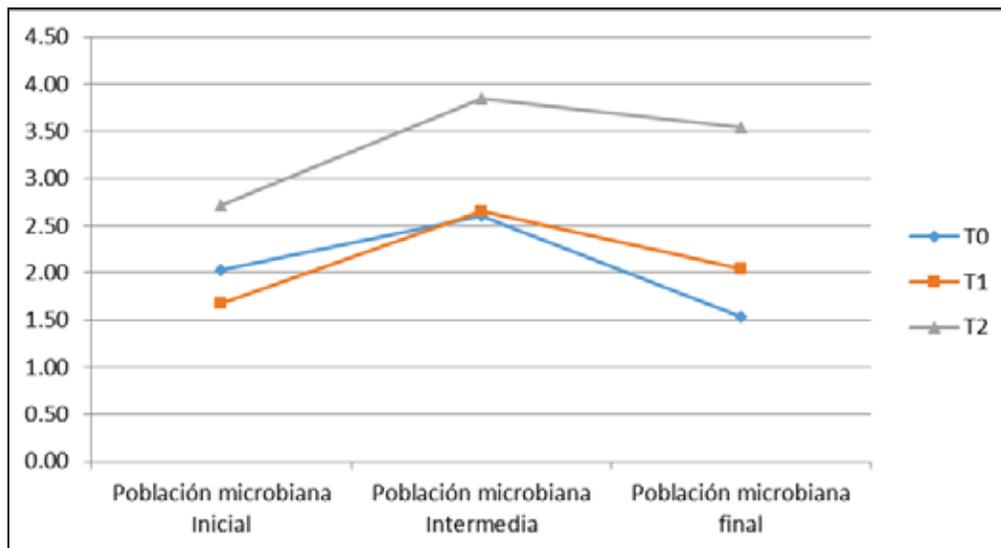


Figura 33. Evolución de la población microbiana por tratamientos.



En todos los casos los valores mayores encontrados fueron en la fase intermedia siguiendo una curva normal, debido a que se adicionaron solución con levadura las que probablemente ayudaron en la multiplicación microbiana y por ende una mejor descomposición de la materia orgánica para mejorar la calidad de compost.

- Análisis de varianza.

La población de microorganismos según el ANVA entre tratamientos no mostró diferencias estadísticas ($p=0.64155$).

RESUMEN PARA TRATAMIENTOS						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
INICIAL	9	19.76	2.1955556	1.19057778		
FINAL	9	22.36	2.4844444	2.14530278		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1	0.3756	0.37555	0.22516	0.64155	4.49399
Dentro de grupos	16	26.687	1.6679403			
Total	17	27.063				

El análisis de laboratorio indica que si se cuenta con poblaciones de microorganismos en colonias y en cantidades considerables.

b. Determinación parámetros físico y químicos

- Propiedades físicas: Textura, pH, otros.

La determinación de parámetros físico químicos como: Temperatura, pH, Humedad, Peso, Nro. De días de compostación, otros, se realizaron en forma directa con análisis de muestras en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes – UNALM, (Ver anexo: 15), a fin de determinar la calidad de compost obtenidos en el ensayo muestran lo siguiente:

- Textura.

El análisis mecánico del compost a los 90 días denota entre 58 a 64% de arena, entre 28 y 32% de limo y entre 8 a 10% de arcilla habiendo considerable incremento en T1 y T2 e inversamente con disminución en T1 y T2 para limo y arcilla. Consiguientemente corresponde a la clase textural de Franco Arenoso (Fr.A.), siendo una textura apropiada para ser utilizado como abono orgánico o sustrato en especies cultivadas.

La clase textural encontrada en el compost, tiene similitud a los resultados obtenidos del análisis de suelos del campo experimental de la EPIA. (CISA-UNSAAC, 2016).

Tabla 35. Resultado de laboratorio, análisis mecánico.

Claves	Análisis Mecánico			Clase	
	Arena	Limo	Arcilla		Textural
	%	%	%		
T1	64	28	8	100	Fr.A.
T2	60	32	8	100	Fr.A.
T0	58	32	10	100	Fr.A.

Fuente: Resultados de Análisis en laboratorio UNALM– 2019.

▪ Potencial de hidrogeniones (pH).

El registro directo del pH en los tratamientos en cada periodo de tiempo mostró los siguientes resultados: el comportamiento en el T0 fue normal, al inicio de la composta en el día cero, culminado la instalación se registró un valor promedio de 9.44 de pH; seguido en el tratamiento T1,T2 con un valor promedio de pH 9.00.

A los 30 días se registraron valores de 9.22, 8.95 y 8.95 de pH en T0, T1 y T2, respectivamente; A los 75 días se registraron valores de 9.18, 8.82 y 8.92 de pH en T0, T1 y T2, respectivamente.

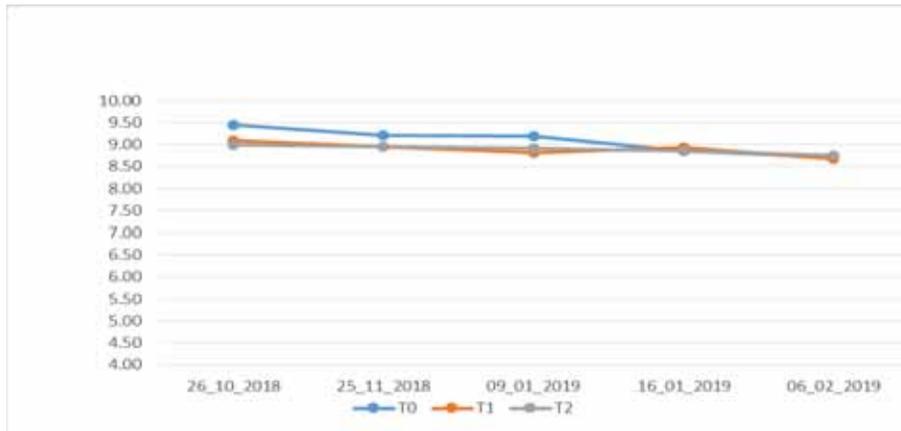
A los 82 días se registraron valores de 8.86, 8.93 y 8.85 de pH en T0, T1 y T2, respectivamente; finalmente a los 102 días se registraron valores de 8.71, 8.67 y 8.76 de pH en T0, T1 y T2, respectivamente.

La figura muestra una tendencia negativa; al inicio el pH registrado para todos los casos es fuertemente alcalino, con el transcurrir de los días se observó disminución paulatina hasta los 102 días en todos los casos.

Tabla 36. pH Promedio por tratamientos determinados según fechas.

Fechas	T0	T1	T2
26_10_2018	9.44	9.09	9.00
09_01_2019	9.18	8.82	8.92
16_01_2019	8.86	8.93	8.85
21_01_2019	8.51	8.89	9.01
16_02_2019	8.71	8.67	8.76

Figura 34. pH Promedio por tratamientos determinados según fechas.



Se aprecia una similitud entre la medición directa y entre los valores obtenidos a nivel de Laboratorio. A condiciones de comunidades alto andinas como en la escuela, el pH fluctúa entre los valores encontrados.

- Humedad.

Según medición directa la humedad de compost expresado en porcentaje se encontró entre los valores siguientes:

Tabla 37. Promedio de contenido de humedad (%) en compost a la cosecha.

Tratamientos	Humedad (%)
T0	50.0
T1	49.6
T2	50.4

El control de la humedad se realizó por el método del puño cada mes y la evaluación del % de humedad, fue por el método de la estufa, obteniéndose los datos de la tabla 36.

La humedad obtenida es óptima haciendo el promedio entre tratamientos es de 50%, siendo el mismo valor que refiere Duran, Alba, & Guerreo (2005), como señala Mendoza, M.A. (2012); se mantuvo en condiciones ideales, con la finalidad de que no haya saturación ni resequead de los materiales que se utilizaron durante el compostaje.

- La conductividad eléctrica.

A la culminación del compostaje se ha determinado en Laboratorio, un valor de 3.89 para el T2, siendo superior al valor encontrado en T1 con 3.35 y con 3.12 para el T0, siendo este último un valor inferior a T2 y T1.

- Temperatura.

De acuerdo a los datos encontrados por medición directa la temperatura durante el compostaje expresó comportamiento y valores normales, así como los valores promedio de temperatura según estudios similares se hallan dentro del rango de parámetros. Durante el proceso de compostaje, la temperatura máxima registrada fue para el T2 con 40.8 °C a la primera semana, razón por la cual el desarrollo de microorganismos se vio favorecido durante el compostaje y la temperatura mínima registrada fue de 17.4 °C hacia la culminación del compostaje, como señala Córdova, L. (2016), durante la transformación del material orgánico, que implica liberación de energía en forma de calor, el que posteriormente desciende gradualmente hasta nivelarse a valores de temperatura ambiente y al presentarse estabilización en el gradiente de temperatura, se deduce que el proceso de compostaje está en su fase final.(Anexo:16)

- Materia orgánica.

Para el contenido del % de materia orgánica el T0 resultó tener un 14.71 %, seguido de T2 y T1 con valor de 13.33 para ambos casos. Esto indica que el T0 demora en su descomposición ya que no cuenta con microorganismos inoculados, en cambio para T1 y T2 con menor valor que T0 probablemente es porque contienen microorganismos (Levadura y sangre) que favorecen en el proceso de compostaje reduciendo el contenido de materia orgánica, en nutrientes más asimilables, Además del proceso de compostaje mantiene su valor muy próximo al del testigo.

- Nutrientes principales (N, P, K).

Nitrógeno: Según el análisis de laboratorio el % de N determinado en el compost es de; para el T2 se obtuvo 0.99% seguido del T1 con 0.76 % y el T0 con 0.73%. Siendo el T2 el que resultó con un valor mayor debido probablemente a la incorporación y multiplicación de levaduras (levadura de pan). Los valores obtenidos relativamente menores son debido a que los restos vegetales más adultos como ramas, tallos, etc. son menos ricos en nitrógeno (Cajahuanca, S. 2016). (Ver anexo: 16)

Los valores obtenidos en estiércol fresco de cuy van desde 0,70 a 1.5% de N según Pantoja (2014) y Borrero (2001) citados por Barreros, E. (2017), El % de N obtenido en la compostación a condiciones de Santo Tomás, se halla dentro de estos valores señalados, para todos los tratamientos siendo el más relevante el T2 con 0,99% de N.

Tabla 38. Resultado de nitrógeno en laboratorio.

Clave Laboratorio	Tratamientos	N (%)
307	T2	0.99
306	T1	0.76
305	T0	0.73

El contenido promedio de elementos químicos es de 1.5% de N, 0.7% de P y 1,7% de K (b).

Figura 35. Resultados de análisis de Nitrógeno (%).



Fosforo: Siendo el T2 en el que se obtuvo el valor mayor de 499.8 ppm de fosforo seguido del T1 475.2 ppm y el testigo se mantuvo con un valor de 461.4 ppm que es inferior al T2 y T1, esto indicaría que hay incremento relativo de fosforo a la aplicación de microorganismos que aceleran en el proceso de compostaje. (Ver anexo: 15)

Potasio: presente en el compost se obtuvo un valor de 6000 ppm en el T1 siendo el valor menor, de 6700 ppm en T2 y 7400 ppm en el T0 siendo este último el que mantuvo superior a todos el mismo que indicaría que hay un nivel alto de potasio en los tratamientos debido a la incorporación de estiércoles con fuente de potasio. (Anexo: 15)

Otros componentes como la CIC, cationes cambiabiles y otros se halla con valores variados y próximos entre sí, la mayoría de los valores se hallan dentro de rango óptimo que recomiendan.

Tabla 39. Características físico químico encontrados en compost.

Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P Ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiabiles					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Set. De Bases
								Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
								meq/100g							
T1	8.90	3.35	0.00	13.33	475.2	6000	20.48	12.66	3.43	3.07	1.32	0.00	20.48	20.48	100
T2	8.95	3.89	0.00	13.33	499.8	6700	17.12	9.15	3.77	3.07	1.13	0.00	17.12	17.12	100
T0	8.86	3.12	0.00	14.71	461.4	7400	20.48	13.31	3.30	2.74	1.13	0.00	20.48	20.48	100

Fuente: Resultado de laboratorio de UNALM.

Las características determinadas del compost se hallan entre los valores recomendados, por lo que la calidad del producto obtenido es aceptada. Inclusive sin presencia de carbonatos.

- Análisis de varianza para parámetros que determinan la calidad: pH, temperatura.

El comportamiento del pH (tabla 19 y figura 20) describe una tendencia descendente y de manera similar para todos los casos, habiéndose mantenido sin mayores variaciones.

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
T0	5	44.7	8.94	0.13795		
T1	5	44.4	8.88	0.0236		
T2	5	44.54	8.908	0.01107		
ANÁLISIS DE VARIANZA ENTRE TRATAMIENTOS						
Origen de variaciones	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor para F
Entre grupos	2	0.00901	0.00450	0.07832	0.9251	3.88529
Dentro de los grupos	12	0.69048	0.05754			
Total	14	0.69949				

El ANVA respecto del pH, indica que no se tiene diferencias estadísticas entre tratamientos y repeticiones con mediciones por periodos (para Tratamientos: $p=0.92513$; para repeticiones: $p= 0.07568$, al 95% de confianza). El pH se mantuvo (8.88 a 8.94) con un comportamiento continuo sin variaciones, debido a que las pilas contenían materia orgánica con la misma composición y proporción (figura 16 y tabla 16); con buena cantidad de residuos vegetales para todos los tratamientos, además de encontró que los microorganismos incorporados no influyeron en el pH.

El ANVA respecto de la temperatura según el registro a 10:00 horas

ANVA						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
T0	31	701.4	22.6258065	26.0906452		
T1	31	783.2	25.2645161	35.4043656		
T2	31	820.6	26.4709677	45.6787957		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor para F
Entre grupos	2	239.770323	119.885161	3.35582	0.03930	3.09770
Dentro de grupos	90	3215.21419	35.7246022			
Total	92	3454.98452				

Entre tratamientos según el registro a 10:00 horas del día, el ANVA denota que hay diferencia estadística ($p=0.03930$) al 95% de confianza (alfa 0.05), la temperatura en las pilas no fué influenciada por la temperatura ambiental con las variaciones de luminosidad (rayos solares) que algunas mañanas son soleados y otras mañanas nublados, siendo un factor que favorece o retarda el desarrollo de los microorganismos, por lo tanto:

Ho: El promedio del comportamiento de la Temperatura por etapas a 10:00 horas es igual, al 95% de confianza Se rechaza
Ha: El promedio del comportamiento de la Temperatura en al menos una etapa a las 10:00 horas es distinto, al 95% de confianza Se Acepta

Según la prueba de Tukey la °T promedio registrada a 10:00 horas entre tratamientos T0 y T2 tiene diferencias estadísticas debido al buen desarrollo microbiano, mientras entre otros tratamientos no tienen significancia. La temperatura para T1 y T2 se ha comportado de manera similar.

Valor f	3.355		
P	0.039		
R	31		
T	3		
A	0.05		
DHS* (ALS)	3.61		
Multiplicador $q\alpha$	3.36		
CMe	35.72		
n	31		
Tratamientos	Media		
T0	22.63		
T1	25.26		
T2	26.47		
Tratamientos	Dif	ALS	Significancia
T0 - T1	-2.64	3.61	No sign
T0 - T2	-3.85	3.61	Sig *
T1 - T2	-1.21	3.61	No sign
OM	Trat	Media	ALS($\alpha: 0.05$)
1°	T2	26.47	a
2°	T1	25.26	b
3°	T0	22.63	c

Se concluye que el (T2=26.47) resultó con mayor valor promedio respecto a la temperatura en las pilas de compostaje a las 10:00 horas , ubicándose en primer orden, lo que significa probablemente que las condiciones de temperatura fueron óptimas para el desarrollo de la población microbiana y la composta. Seguido del T1 que ocupó el segundo lugar con un valor (T1=25.26), finalmente el T0 resultó en último lugar que corresponde al testigo.

Entre tratamientos según el registro a 15:00 horas del día, se observa que no hay diferencia estadística al 95% de confianza ($p=0.10526$).

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2	185.514839	92.7574194	2.30858	0.10526	3.09770
Dentro de los grupos	90	3616.14323	40.1793692			
Total	92	3801.65806				

Entre las fechas de registro a 10:00 horas del día por etapas, se observa que hay diferencia estadística al 95% de confianza ($p=0.00000$), debido a la evolución de las diferentes fases durante el compostaje hubo incremento y disminución de la población microbiana.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor para F
Entre grupos	30	2805.77785	93.5259283	8.93183	0.00000	1.64301
Dentro de los grupos	62	649.206667	10.4710753			
Total	92	3454.98452				

H_0 : El promedio del comportamiento de la Temperatura por etapas a 10:00 hrs es igual, al 95% de confianza.

Se rechaza

H_a : El promedio del comportamiento de la Temperatura en al menos una etapa a las 10:00 hrs es distinto, al 95% de confianza.

Se Acepta

Prueba de Tukey para temperatura a 10:00 horas por etapas.

Temperatura por etapas	Diferencia	ALS	Significancia
$T_i - T_c$	-21.65	2.14	Sig *
$T_i - T_d$	-11.67	2.14	Sig *
$T_i - T_m$	-6.27	2.14	Sig *
$T_c - T_d$	10.0	2.14	Sig *
$T_c - T_m$	15.4	2.14	Sig *
$T_d - T_m$	5.40	2.14	Sig *

Según Tukey para la T° registrada las 10:00 horas en las diferentes etapas muestran significancia estadística debido al comportamiento variado durante el compostaje, por consiguiente describió una curva típica (figura 17 y figura 18).

Entre las fechas de registro a 15:00 horas del día por etapas, se observa que hay diferencia estadística al 95% de confianza ($p=0.00000$), debido a la evolución de las diferentes fases durante el compostaje hubo incremento y disminución de la población microbiana.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor para F
Entre grupos	30	3326.0114	110.867047	14.45139	0.00000	1.643018
Dentro de los grupos	62	475.646667	7.67172043			
Total	92	3801.65806				

Ho: El promedio del comportamiento de la temperatura por etapas a 15:00hrs es igual, al 95% de confianza:

Se rechaza

Ha: El promedio del comportamiento de la temperatura en al menos una etapa a las 15:00 hrs, es distinto, al 95%:

Se Acepta

Según la prueba de Tukey para temperatura registrada a 15:00 horas por etapas son significativos debido al comportamiento variado de la temperatura.

Prueba de Tukey para temperatura a 15:00 horas por etapas.

Temperatura por etapas	Diferencia	ALS	Significancia
$T_i - T_c$	-21.54	1.84	Sig *
$T_i - T_d$	-12.12	1.84	Sig *
$T_i - T_m$	-6.32	1.84	Sig *
$T_c - T_d$	9.4	1.84	Sig *
$T_c - T_m$	15.2	1.84	Sig *
$T_d - T_m$	5.81	1.84	Sig *

Durante la mañana hasta la hora de registro (10:00hrs) por etapas el comportamiento de la temperatura es variado, mientras que pasado el mediodía (15:00) la temperatura ambiental es más constante, así mismo, según experiencias similares al inicio de composta, hay incremento de temperatura en la fase mesófila y hacia la culminación de la composta irá disminuyendo, lo que indica que es un comportamiento normal, para obtener compost con buenas características biológicas con poblaciones de microorganismos benéficos presentes.

c. Características visualizadas de compost obtenido

A la cosecha el T0 mostró coloración Marrón claro, y el T1 y T2 se distinguieron de color Marrón oscuro.

Ninguno de los tratamientos presentó vectores.

Tabla 40. Características visualizadas de compost obtenido.

Tratamientos/ Repeticiones	Color	Presencia de vectores
T0, r1	Marrón claro	Ninguno
T0, r2	Marrón claro	Ninguno
T0, r3	Marrón claro	Ninguno
T1, r1	Marrón oscuro	Ninguno
T1, r2	Marrón oscuro	Ninguno
T1, r3	Marrón oscuro	Ninguno
T2, r1	Marrón oscuro	Ninguno
T2, r2	Marrón oscuro	Ninguno
T2, r3	Marrón oscuro	Ninguno

d. Determinación de la calidad del compost por usuarios de la EPIA

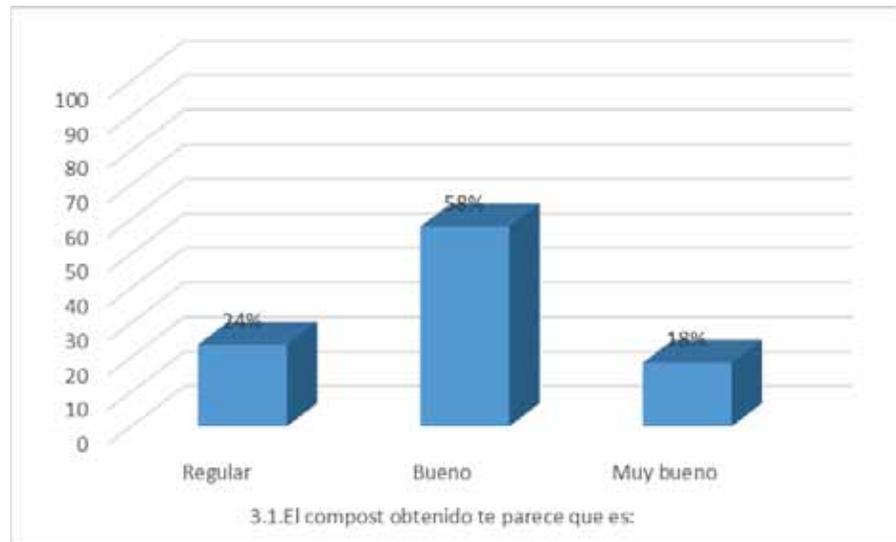
- Percepción de involucrados sobre el compost obtenido.

La calidad del compost observado y percibido por los consultados a la culminación del compostaje para el T2 en principal fue: Para el 18% de consultados el compost resultó con condiciones perceptibles de "muy bueno" seguido de la mayoría de consultados de 58% indican que el compost es "bueno" y los restantes 24% indican que el compost es "regular". Consiguientemente el compost fue reconocido por la mayoría con una calidad desde bueno hasta muy bueno.

Tabla 41. Calificación por consultados sobre el compost obtenido.

3.1.El compost obtenido te parece que es:		
Regular	Bueno	Muy bueno
24%	58%	18%

Figura 36.Calificación por consultados sobre el compost obtenido.



La calidad del compost observado y percibido por los consultados a la culminación del compostaje fue: Para el 18% de consultados el compost resultó con condiciones perceptibles de "muy bueno" seguido de una mayoría de consultados con un 58% indican que el compost es "bueno" y los restantes 24% indican que el compost es "regular".

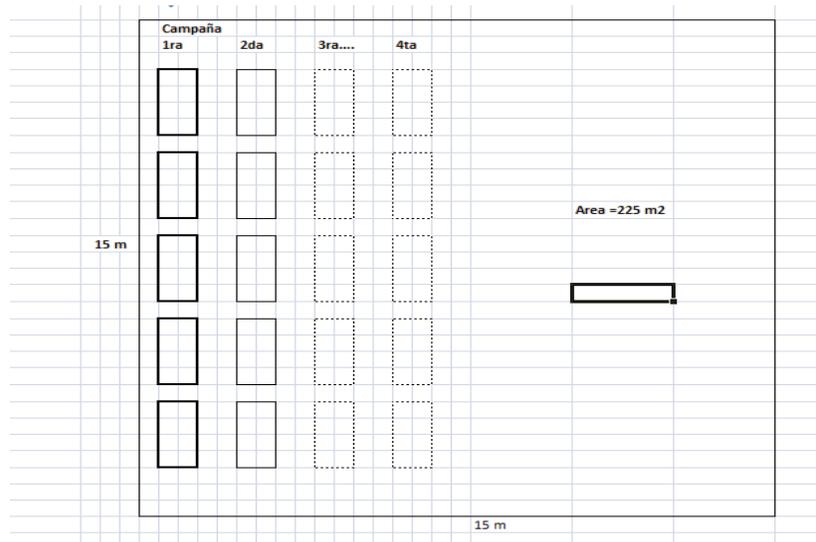
Consiguientemente el compost fue reconocido por la mayoría con una calidad desde bueno hasta muy bueno.

Apenas obtenido el compost, también se dispuso para que sea utilizado y aplicado en diversas parcelas de producción de cultivos, a cargo de docentes y estudiantes, este uso indica la necesidad de utilizar el producto obtenido y realizar abonamiento en diversos cultivos con el propósito de aprovechar la disponibilidad de nutrientes que contiene el compost, así como resultado de la implementación del programa.

6.5.2. Espacio y área requerida

La propuesta para la implementación del programa en la fase de producción de compost requiere de 225 m² de área debidamente protegida, en la misma, durante la primera campaña se deberán instalar 05 pilas (1m de ancho x 2 m de largo) para que sea manejable y realizable por 02 personales, de manera sistemática y periódica.

Figura 38 . Espacio y área requerida para la propuesta de producción de compost.



6.5.3. Mejora de la disposición de RO según el programa

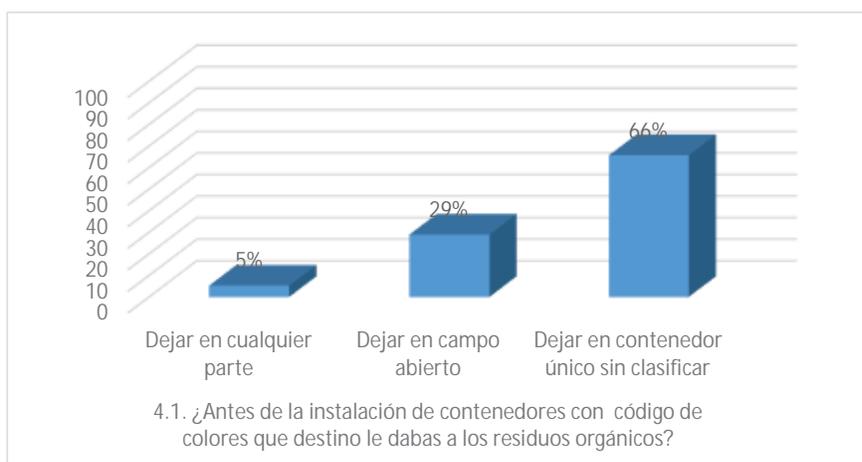
- Previa a la propuesta (Ítem 4.1)

Los residuos orgánicos y otros para el 66% de consultados se dejaban en el contenedor único que existía previa a la implementación del programa, y el 29% dejaban en campo abiertamente, mientras un 5% las dejaba en cualquier parte de la Escuela.

Tabla 42. Destino de restos orgánicos antes de la implementación de contenedores.

4.1. ¿Antes de la instalación de contenedores con código de colores que destino le dabas a los residuos orgánicos?		
Deja en cualquier parte de las aulas o del pabellón	Deja en campo abierto Patio, áreas deportivas, áreas verdes	Dejar en contenedor único sin clasificar
5%	29%	66%

Figura 39 . Destino de restos orgánicos antes de la implementación de contenedores.



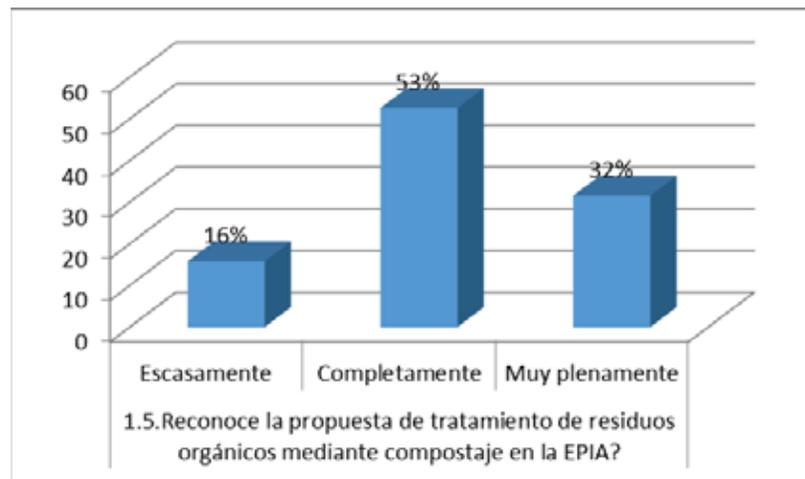
- Reconocimiento de la propuesta

Se aprecia que el 53% de los consultados reconocen completamente la propuesta del programa, más aún el 32% las reconocen muy plenamente y solo el 16% escasamente. Esto indica que la aceptación es progresiva.

Tabla 43. Reconocimiento de la propuesta por los consultados.

1.5. Reconoce la propuesta de tratamiento de residuos orgánicos mediante compostaje en la EPIA?		
Escasamente	Completamente	Muy plenamente
16%	53%	32%

Figura 40. Reconocimiento de la propuesta por los consultados.



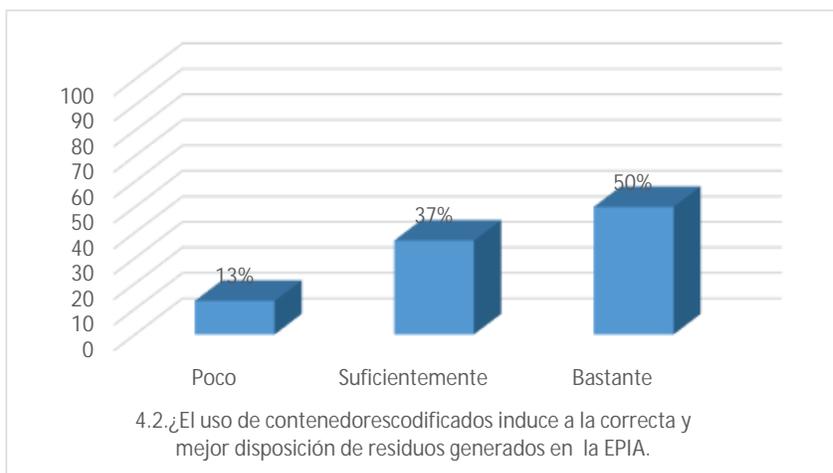
- Utilización de contenedores para la disposición de RO (Ítem 4.2)

Para el 50% de consultados, el uso de contenedores codificados principalmente para los residuos orgánicos, les indujo "bastante" para la correcta y mejor disposición de los residuos que se generan diariamente, seguido del 37% quienes indican que les indujo "suficientemente", y aun para el 13% indujo "poco". Los contenedores instalados y ubicados estratégicamente para todos los consultados sin excepción indujeron convincentemente en la práctica y cultura de disposición correcta de residuos en el interior de la Escuela.

Tabla 44. Utilización de contenedores para la disposición de residuos orgánicos.

4.2. ¿El uso de contenedores codificados induce a la correcta y mejor disposición de residuos generados en la EPIA.		
Poco	Suficientemente	Bastante
13%	37%	50%

Figura 41. Utilización de contenedores para la disposición de RO.



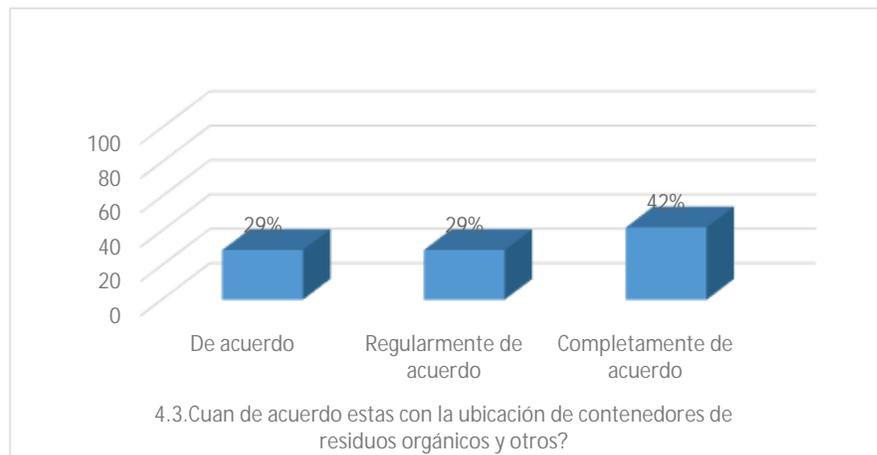
- Validación de la ubicación de contenedores (Ítem 4.3)

Para los consultados los procesos iniciales y hasta la etapa de culminación de la presente tesis señalan estar de acuerdo en alguna medida con el tratamiento de residuos orgánicos: El 42% señala estar completamente de acuerdo seguido del 29% quienes señalan estar regularmente de acuerdo y el restante 29% también indican estar de acuerdo, siendo este último grupo los que requieran mayor inducción y culturización para fortalecer el sistema de tratamiento de residuos sólidos orgánicos dentro de la Escuela.

Tabla 45. Validación de la ubicación de contenedores en la EPIA.

4.3. Cuan de acuerdo estas con la ubicación de contenedores de residuos orgánicos y otros?		
De acuerdo	Regularmente de acuerdo	Completamente de acuerdo
29%	29%	42%

Figura 42 . Validación de la ubicación de contenedores en la EPIA.



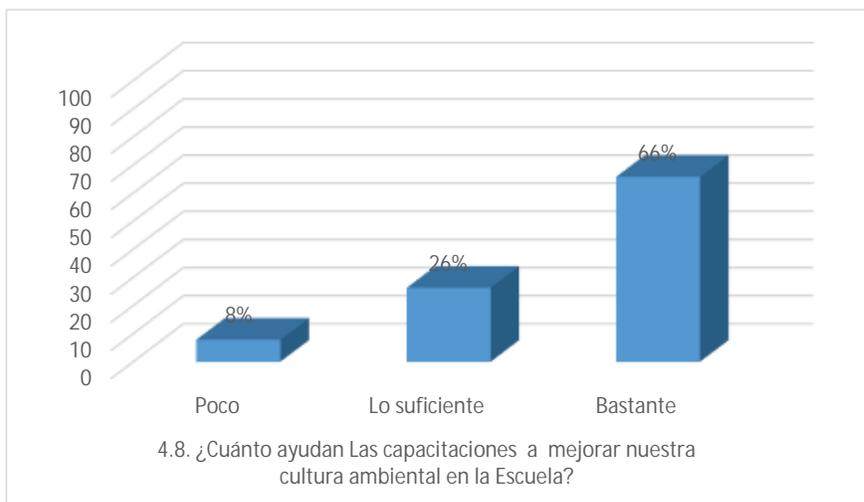
- Validación de la disposición y reciclaje de RO: sesiones informativas (Ítem 4.8).

El programa tuvo diversos espacios informativos (charlas) de acuerdo al cronograma propuesto, se realizaron 3 sesiones de charlas, con temas como “Manejo y segregación de residuos sólidos”, “Las tres R’s: reduce, recicla y reutiliza” y “Reutilización de residuos sólidos orgánicos, importancia de segregar los residuos sólidos orgánicos: compostaje”, en las que participaron un promedio de 50 usuarios (ver registro de participación). Consiguientemente la opinión brindada fue la siguiente:

Tabla 46. Validación de la disposición de RO.

4.8. ¿Cuánto ayudan las capacitaciones a mejorar nuestra cultura ambiental en la Escuela?		
Poco	Lo suficiente	Bastante
8	26	66

Figura 43. Validación de la disposición de RO.



El 66% de consultados reconoce que las capacitaciones en sus diversas modalidades y temas ayudan bastante en fortalecer la cultura ambiental en el ámbito de la escuela, seguido del 26% quienes también indican que las sesiones de capacitación ayudan suficientemente para fortalecer la cultura ambiental, de esta manera se dé cumplimiento al derecho de contar con un ambiente saludable aún de generarse residuos con algún nivel de contaminantes por actividades agropecuarias educativas y productivas que pertenecen a la escuela.

Así mismo de tener el deber de contribuir en el cumplimiento de las normas establecidas, por lo que el 8% de los consultados cuando indican que las sesiones o espacios de capacitación brindado aún ayudan poco, los que requieren retroalimentación en los diversos procesos del programa.

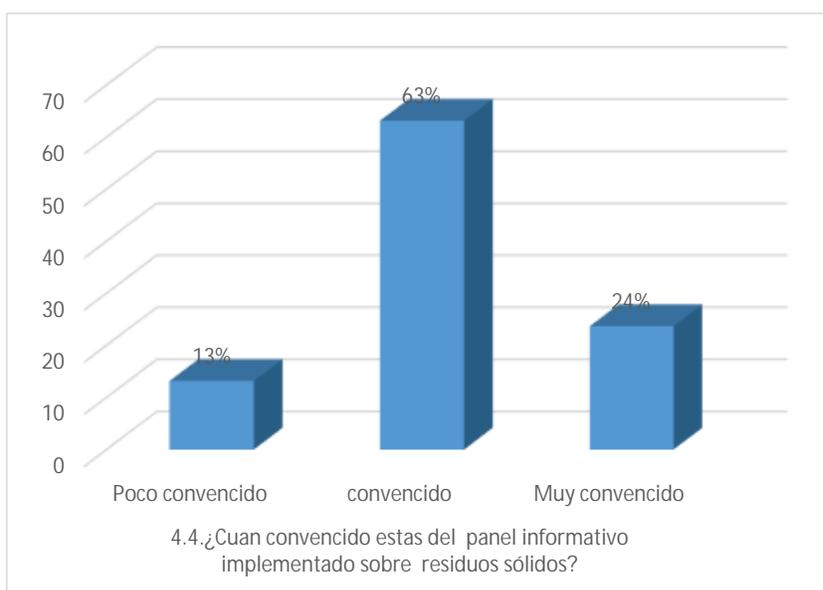
- Instalación de Panel informativo y señalización (Ítems 4.4, 4.5).

La difusión mediante el panel con información sencilla y comprensible fue reconocida por todos los consultados debido a que todos respondieron según niveles y de estar convencidos: El 63% señala estar convencido con la información y mensaje brindado en esta etapa inicial de la implementación del programa, seguido de un 24% de consultados quienes indican estar muy convencidos y un 13 % señala estar poco convencido lo que indica que hay un porcentaje de consultados que requiere brindar y mejora la información contenida en el panel.

Tabla 47. Resultado sobre la implementación del panel informativo.

4.4. ¿Cuán convencido estas del panel informativo implementado sobre residuos sólidos?		
Poco convencido	Convencido	Muy convencido
13%	63%	24%

Figura 44. Resultado sobre la implementación del panel informativo.

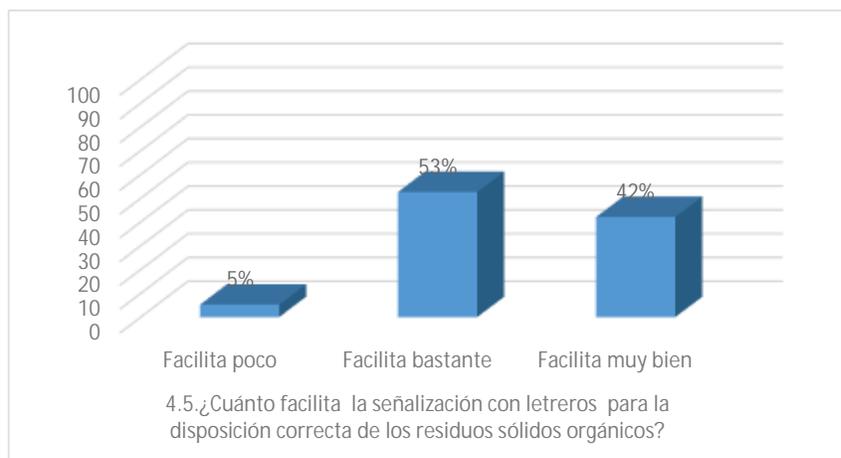


La señalización con letreros y rotulado según los tipos de residuos y colocados en sus respectivos contenedores de acuerdo a la normativa sobre tratamiento de residuos se ha dado cumplimiento desde el inicio del programa y la ejecución del presente trabajo mediante las cuales el 53% de los consultados indican que facilita bastante en la disposición correcta de residuos generados en el interior de la Escuela, seguido del 42% quienes indican que la señalización facilita muy bien para la disposición mientras que el 5% que equivale a una (1) persona indica que facilita poco.

Tabla 48. Señalización y rotulado de contenedores.

4.5. ¿Cuánto facilita la señalización con letreros para la disposición correcta de los residuos sólidos orgánicos?		
Facilita poco	Facilita bastante	Facilita muy bien
5%	53%	42%

Figura 45. Señalización y rotulado de contenedores.



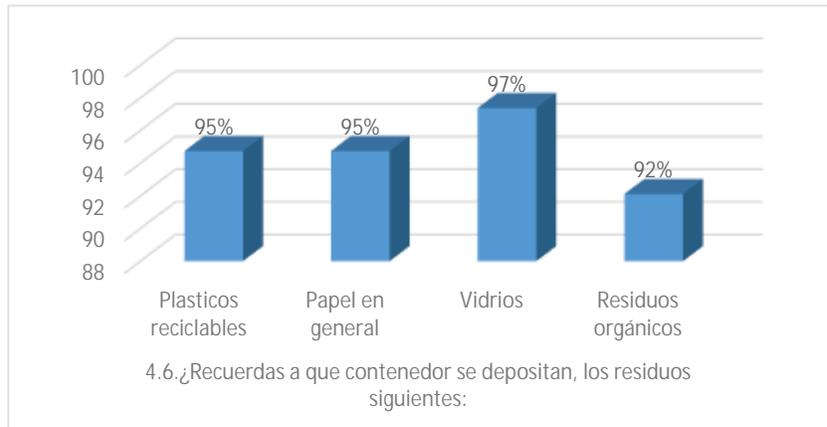
- **Prácticas de reconocimiento sobre disposición de residuos (Ítem 4.6).**

A la cuestión consultada sobre si recuerdan plenamente a que contenedor se depositan los diversos tipos de residuos se encontró lo siguiente: Con mayor importancia para los residuos orgánicos el 92 % reconoce depositar en el color marrón los residuos orgánicos excepto el 8% no precisa y (no acertó) dicha cuestión, lo que indica que hay un porcentaje mínimo que requiere retroalimentar para que la disposición sea correcta, lo cual es un proceso paulatino a futuro.

Tabla 49. Prácticas de reconocimiento sobre disposición de residuos.

4.6. ¿Recuerdas a que contenedor se depositan, los residuos siguientes:			
Plásticos reciclables	Papel en general	Vidrios	Residuos orgánicos
95%	95%	97%	92%

Figura 46. Prácticas de reconocimiento sobre disposición de residuos.



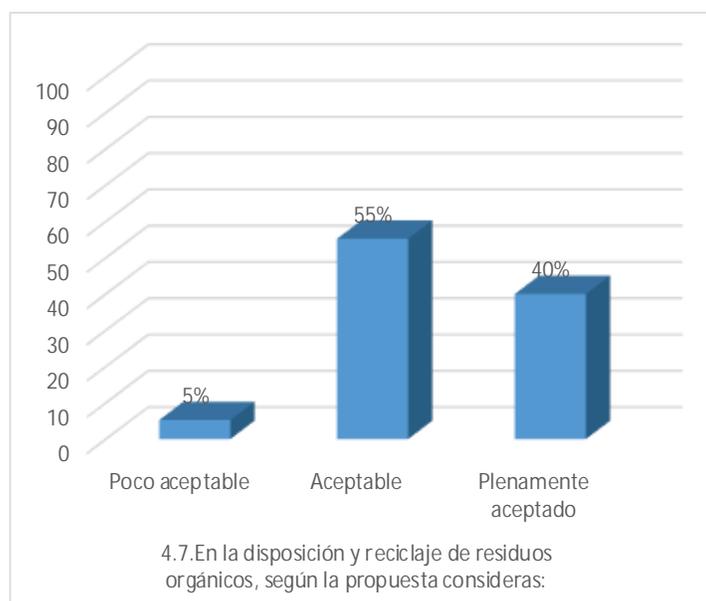
6.5.4. Aceptabilidad del proceso de implementación (Ítem 4.7)

La propuesta del programa en esta etapa de culminación del presente trabajo al ítem (4.7) En la disposición y reciclaje de residuos orgánicos, según la propuesta consideras: poco aceptable; aceptable; plenamente aceptado, se encontró la opinión siguiente: Para el 55% de los consultados la propuesta es "aceptable " seguido, del 40% quienes afirman que sea plenamente aceptado haciendo un total de 95 % de consultados ambos grupos reconocen, apoyan y aceptan la propuesta del programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos en la Escuela, mientras que el 5% de consultados (2 personas) señalan que es poco aceptable en esta etapa del programa, lo que indica que algunos procesos mejoren y muestren resultados más aceptables.

Tabla 50. Aceptabilidad del proceso de implementación.

4.7. En la disposición y reciclaje de residuos orgánicos, según la propuesta consideras: (%)		
Poco aceptable	Aceptable	Plenamente aceptado
5%	55%	40%

Figura 47. Aceptabilidad del proceso de implementación.



También se consensuó que el proceso de adopción y asimilación de la propuesta se denota como un proceso progresivo habiendo la necesidad de continuar con la facilitación de actividades para alcanzar el cumplimiento de las normas establecidas.

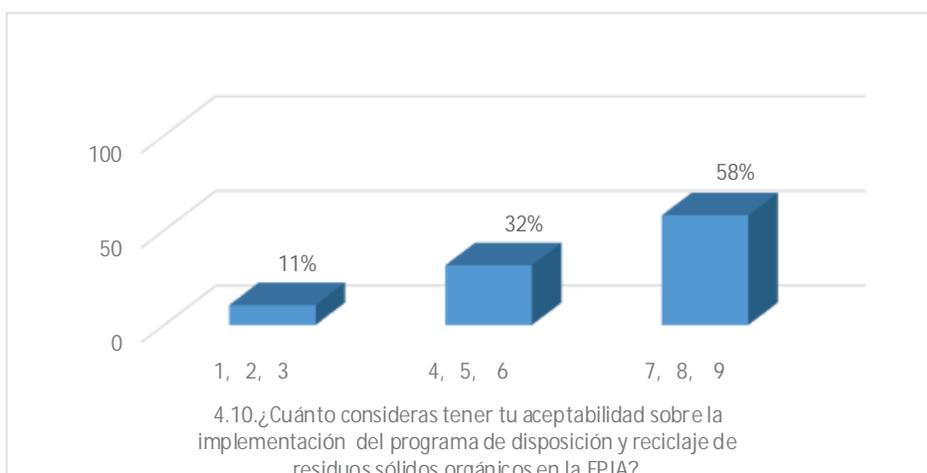
- Validación de la aceptación del programa (Ítem 4.10)

Complementariamente para corroborar las opiniones brindadas por los consultados: El 58% de consultados (22 personas) señalan que la aceptabilidad deba valorizarse entre 7 a 8 de aceptabilidad, siendo la mayoría y los valores altos en esta etapa del programa, habiendo la necesidad de satisfacer la demanda con los servicios que se brindan oportuna y permanentemente, el 32% (12 personas) señalan que la aceptabilidad sea valorado entre 4 a 6 siendo este grupo importante en el que la mejora debe ser continua y el 11% (4 personas) opinan y valoran de 1 a 3 lo que indicaría que el servicio debe orientarse para retroalimentar e involucrar directamente en diversos procesos del programa.

Tabla 51. Validación de la aceptación del programa.

4.10. ¿Cuánto consideras tener tu aceptabilidad sobre la implementación del programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos en la EPIA? .		
1, 2, 3	4, 5, 6	7, 8, 9
11%	32%	58%

Figura 48. Valoración de la aceptación del programa.



- Valoración del nivel de adopción (Ítem 4.11)

El 61% de consultados valoriza entre 7 a 9, lo que indica que la adopción de procedimientos, prácticas de manejo y reciclaje principalmente de residuos orgánicos son asimilable y replicables, de fácil manejo y control que a su vez son aprovechados directamente en las sesiones de inter aprendizaje así como prácticas agronómicas en la fertilización de terrenos de cultivo de la escuela o restitución de la fertilidad del suelo.

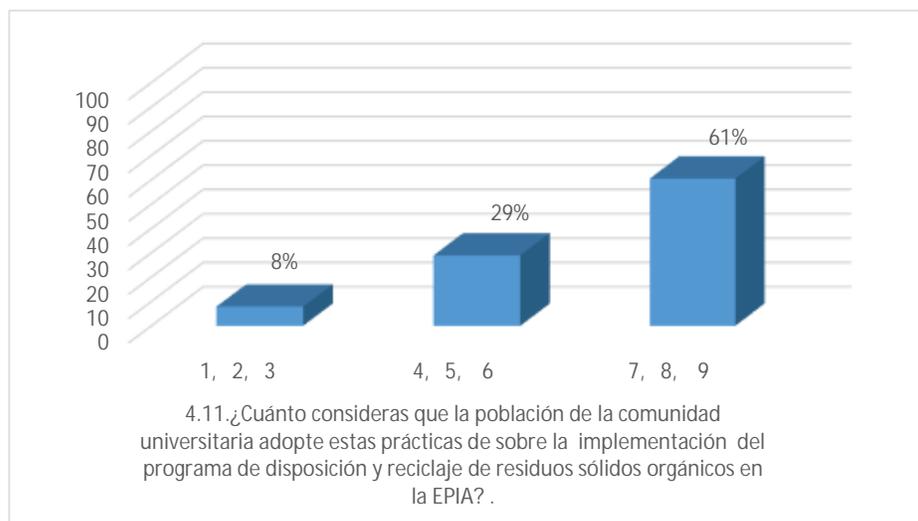
El 29 % valora entre 4 a 6 siendo el grupo de consultados con criterios de adopción lenta y progresiva y los que potencialmente se involucren de algún proceso del programa a futuro.

El 8% corresponde a valores entre 1 a 3 siendo de grupo de menor porcentaje que probablemente requiere más facilidades para que el programa se adopte plenamente.

Tabla 52. Valoración del nivel de adopción del programa.

4.11.¿Cuánto consideras que la población de la comunidad universitaria adopte estas prácticas de sobre la implementación del programa de disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos en la EPIA?.		
1, 2, 3	4, 5, 6	7, 8, 9
8%	29%	61%

Figura 49. Valoración del nivel de adopción del programa.



La adopción de tecnologías para su funcionamiento y operatividad continua en un entorno como la población con poca diversidad de propósitos y alternativas, requiere de un tiempo y espacio oportuno, para que el proceso de adopción sea progresivo por el que la aceptación según la opinión de los consultados corrobora lo señalado en el marco del programa planteado.

CONCLUSIONES

Se logró producir compost bajo cantidades proyectadas previa correcta disposición y reciclaje de residuos orgánicos generados por usuarios en la EPIA. En el marco de la educación ambiental, uso y aprovechamiento de RO, se encontraron tres grupos de residuos (frutas y verduras, restos de cosecha y estiércoles, 40.25, 17.5, 16.5 kg/semana), al compostarlos el T2 tuvo mejores resultados con 87 Kg de compost a la cosecha a diferencia de T1 y T0 de 75 y 39 Kg respectivamente.

Se cosechó compost de buena calidad en T2 y superior al T0 y T1 bajo parámetros biológicos, físico y químico (análisis de laboratorio), encontrándose valores mayores a la finalización de la composta: con mayor población microbiana (3.87 ufc), peso optimo a la cosecha (87%), textura Franco Arenoso (Fr.A.), pH (8.76), buena Humedad (50%), además de considerables valores de macro y micronutrientes; N (0.99%), P (499.8 ppm), K (7400 ppm), sin presencia de carbonatos, aplicando estrategias y acciones sobre tratamientos de RO se logró reducir y optimizar el tiempo de compostaje en 102 días (3.2 meses) aplicando levadura + sangre (en comparación con T0 = 156 días), entre T2 y T0 se obtuvo diferencias estadísticas significativas (según ANVA, t) y Tukey. Los usuarios reconocieron la efectividad del uso de microorganismos, siendo elegido como alternativa para la operatividad del programa.

Frente a la aceptabilidad los usuarios, coinciden en orientar los residuos orgánicos para la producción de compost en cumplimiento de la propuesta del programa; se elaboró un diagrama de disposición y reciclaje de residuos orgánicos, desde el acopio hasta la cosecha de compost a la capacidad operativa en la EPIA, todos los involucrados (95 % de consultados) reconocen el programa debido a la aplicación progresiva de herramientas informativas (charlas, señalización, rotulado y apreciación de los productos obtenidos (sobre el reciclaje y aprovechamiento), las que facilitaron la asimilación progresiva y aceptación, además de estar completamente de acuerdo afirmaron que es de fácil manejo y replicable, habiendo una contribución satisfactoria para la comunidad Universitaria.

RECOMENDACIONES

- Fortalecer la participación de la comunidad universitaria en el programa, con inclusión de estudiantes constantemente e incentivar a mejorar la disposición y reciclaje de residuos orgánicos de diversos tipos.
- Cuantificar la producción de compost cada campaña, valorizar económicamente y disponer prioritariamente su utilización en la Escuela mediante el programa.
- Aplicación del compost en diversos cultivos que desarrolla la Escuela y de la zona a nivel experimental para comprobar las respuestas en la cosecha.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, E. M., & Rabanal, J. V. (2015). "Elaboración de un plan de segregación de residuos orgánicos para la producción de compost en el distrito de Chancay – San Marcos – Cajamarca 2015". Cajamarca.
- Aguilar B, S. (2005). Formulas para el cálculo de la muestra en investigación en salud. vo11. Tabasco México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>.
- Barreros Chiluisa, E.I. (2017) Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (*Cavia porcellus*), enriquecido. (Tesis de pregrado) Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25395/1/Tesis157%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20479.pdf>
- Cajahuanca, F. A. (2016). Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus* sp., *Lactobacillus* sp.) en el proceso de compostaje en la Central Hidroeléctrica Chaglla (Tesis de Pregrado). Universidad de Huánuco. Perú.
- CISA-FCA-UNSAAC. (2016). Análisis de fertilidad y caracterización de suelo del área experimental de la EP de Ingeniería Agropecuaria Sector Accopampa de la Sede Santo Tomas - Chumbivilcas, Cusco.
- Córdova, L.F. (2016) Propuesta de mejora del proceso de compostaje de los residuos orgánicos, generados en la actividad minera del sur. <Http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3086>.
- Damián, L. N. (2018). Aplicación de tres tratamientos aceleradores para la elaboración de compost de residuos del Mercado Los Cedros, Distrito de Chorrillos. (Tesis). Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- Duran, R. F., Alba, C. N., & Guerrero, K. (2005). Rehabilitación del Suelo Agrícola con Compostaje (Vol. 1). (G. L. S.A.S, Ed.) Colombia: Grupo Latino Editores.
- Fernández, R. E. (2014). Producción de compost utilizando residuos orgánicos producidos en el Camal Municipal y viviendas urbanas aplicando los métodos Takakura y Em-compost, en el distrito de Chachapoyas, región Amaz. Los métodos Takakura y Em-compost, en el distrito de Chachapoyas región Amazonas.

- Gonzales, L. (2013). Plan de manejo de residuos sólidos. Obtenido de http://www.reservamonteverde.com/pdfs/plan_de_manejo_de_desechos_solidos_revisado.pdf.
- Google. (junio de 2019). Google earth. Obtenido de <http://www.googleearth.com>.
- GRAMA.(setiembre de 2005).www.asociaciongrama.org.Obtenidode <file:///E:/tesis%20de%20fary/Manual%20del%20Buen%20Compostador%20GRAMA.pdf>
- Guevara, M y colaboradores (2016). Propuesta de un acelerador del proceso de compostaje para aplicación en agricultura. [http://congresos.cio.mx/memoriacongreso mujer/archivos/extensos/sesion5/S5-DIV05.pdf](http://congresos.cio.mx/memoriacongreso%20mujer/archivos/extensos/sesion5/S5-DIV05.pdf).
- INEI.(2014).INEI.Obtenidode https://www.google.com/search?rlz=1c1chbd_espe837pe837&ei=vfddxchtdhg5gkpi5oqdg&q=inei+2016+ubicacion+santo+tomas&oq=inei+2016+ubicacion+santo+tomas&gs_l=psyab.3...0.0..1299...0.0.0.0.0.....0.....gws-wiz.feztbhik4pe&ved=0ahukewj56oumjtkahvro1kkhy.
- JANEIRO, R. D. (1997). de la cumbre de la tierra (río de janeiro, 1992) al fracaso de. [obtenidodehttps://www.raco.cat/index.php/ect/article/viewfile/88465/132445](https://www.raco.cat/index.php/ect/article/viewfile/88465/132445).
- Jaramillo, G., & Zapata, L. M. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos en Colombia. (Tesis).Universidad de Antioquía. Obtenido de <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>
- Ley 27314, L. G. (28 de junio de 2008). Ley general de residuos sólidos. Obtenido de http://www.upch.edu.pe/faest/images/stories/upcyd/sgc-sae/normas-sae/Ley_27314_Ley_General_de_Residuos_Solidos.pdf.
- LÓPEZ, M. I. (28 de 08 de 2018). Obtenido de <https://es.slideshare.net/IsabelLpez42/nombres-cientificos-de-frutas-y-hortalizas>.
- Lora, M. L. (2014). Propuesta ambiental basada en una conciencia socio-ambiental dentro de la universidad de Cartagena campus zarragocilla año 2014. (Tesis).Universidad de Cartagena.Cartagena. Obtenido de [file:///E:/TESIS/Proyecto%20Ambiental%20Universitario%20\(1\).pdf](file:///E:/TESIS/Proyecto%20Ambiental%20Universitario%20(1).pdf)
- Lora, M. M. (2014). Propuesta ambiental basada en una conciencia socio-ambiental dentro de la universidad de Cartagena campus zarragocilla año 2014. Obtenido de [file:///Proyecto%20Ambiental%20Universitario%20\(1\).pdf](file:///Proyecto%20Ambiental%20Universitario%20(1).pdf).
- Mendoza, M. A. (2012). Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura. (Tesis). Universidad de Piura. Piura. Obtenido de <http://pirhua.udep.edu.pe>.

- Mendoza, M.L. et al (2016). Obtenido de Propuesta de un acelerador del proceso de compostaje para aplicación en agricultura familiar. http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/extensos/sesion5/S5-DIV05.pdf
- MINAM. (12 de 2013). Agenda Nacional de Acción Ambiental. Obtenido de http://www.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/2013/06/agendambiental_peru_2013-20141.pdf
- Ministerio del ambiente (2005). Norma Técnica Peruana. Obtenido de http://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/curso_virtual/Modulos/modulo2/1Inicial/m2_inicial_sesion_aprendizaje/S4_Inicial_RRSS_A3.pdf.
- Moreno, J Guevara Espinoza, M. D., Rivera Morales, M. C., Gonzales Guzmán, C., Zamora López, M. E., Saldaña Blanco, M. L., Gonzales Guzmán, J. I., & Salazar., & Moral, R. (2008). Compostaje. Madrid: Mundi-Prensa.
- MPCH, M. P. (2004). Municipalidad Provincial de Chumvivilcas. Sitio web <https://www.munichumbivilcas.gob.pe/>.
- Muñoz C., J. M., Muñoz P., J. A., & Montes R., C. (2013). <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n1/v13n1a09.pdf>. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n1/v13n1a09.pdf>.
- Muñoz, C; Muñoz, & Montes, R (Alcántara & Rabanal, 2015), (2013) Nutrición Agropecuaria en la Universidad del Cauca, desarrollado en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n1/v13n1a09.pdf>.
- Navia. A, Zemanate. Y, Morales. S, Alonso. F & Albán. N, Ingenieros Agropecuarios, (2013). Evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de tomate (*solanum lycopersicum*) Facultad de Ciencias Agropecuarias – Grupo de investigación en Nutrición Agropecuaria – Universidad del Cauca. Obtenido de (*Solanum lycopersicum*) <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11nspe/v11nespa19.pdf>.
- Norma Técnica Peruana, -N. a. (2005). Obtenido de http://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/cursovirtual/Modulos/modulo2/1Inicial/m2_inicial_sesion_aprendizaje/S4_Inicial_RRSS_A3.pdf
- OEFA. (2013-2014). Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial. Obtenido de <https://www.oefa.gob.pe/publicaciones/fiscalizacion-ambiental-en-residuos-solidos-en-gestion-municipal-provincial>.

- PERUANO, E. (13 de 08 de 2019). diario oficial del bicentenario EL PERUANO:decreto legislativo 1278. obtenido de file:///el%20peruano%20%20decreto%20legislativo%20que%20aprueba%20la%20ley%20de%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20%20decreto%20legislativo%20%20n%C2%B0%201278%20%20poder%20ejecutivo%.
- Plazas, N. Z., & García, J. F. (Diciembre de 2014). Los abonos orgánicos y la Agronomía Campesina : una Respuesta a la Agroecología. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S169235612014000200019&script=sci_arttext&tlng=pt.
- Recytrans. (24 de julio de 2013). Soluciones globales para reciclaje. Obtenido de <https://www.recytrans.com/>.
- Rodriguez, H. (2012). Gestion Integral de Residuos Sólidos. Obtenido de <https://www.google.com.pe/search?q=Gesti%C3%B3n+integral+de+residuos+s%C3%B3lidos+%2F+Hernando+Rodr%C3%ADguez+Herrera.+Bogot%C3%A1%3A+Fundaci%C3%B3n+Universitaria+del+%C3%81rea+Andina%2C+2012.&oq=Gesti%C3%B3n+integral+de+residuos+s%C3%B3lidos+%2F+Hernando>.
- Rodríguez, H. (2012). Gestion Integral de Residuos Sólidos. Obtenido de: <https://www.google.com.pe/search?q=Gesti%C3%B3n+integral+de+residuos+s%C3%B3lidos+%2F+Hernando+Rodr%C3%ADguez+Herrera.+Bogot%C3%A1%3A+Fundaci%C3%B3n+Universitaria+del+%C3%81rea+Andina%2C+2012.&oq=Gesti%C3%B3n+integral+de+residuos+s%C3%B3lidos+%2F+Hernando>.
- ULNALM, (2019).Resultado de muestras de análisis de compost de la Escuela Profesional Ingeniería Agropecuaria Santo Tomás.
- Universidad Nacional Agraria. (2010). Protocolo para la disposición final de desechos peligrosos en La universidad nacional. Obtenido de <https://www.google.com.pe/search?q=protocolo+manejo+y+control+de+residuos+sólidos+y+líquidos+no+peligrosos+oseocar&oq=protocolo+manejo+y+control+de+residuos+sólidos+y+líquidos+no+peligrosos+oseocar&aqs=chrome..69i57.6705j0j8&sourceid=chrome&ie=utf-8>.
- UNSAAC. (2017). Reseña historica de la Escuela Profesional Ingeniería Agropecuaria. Santo Tomás.

ANEXOS

ANEXO 1

Fotografía 1: Disposición incorrecta de residuos antes de la propuesta.



ANEXO 2: Lista de asistencia de participantes a sesiones informativas.

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE SISTEMAS (SANTO TOMBE)			ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE SISTEMAS (SANTO TOMBE)		
LISTA DE PARTICIPANTES			LISTA DE PARTICIPANTES		
Nº	NOMBRES Y APELLIDOS / FIRMA	CODIGO	Nº	NOMBRES Y APELLIDOS / FIRMA	CODIGO
1	Enzo Guido Chavez [Firma]	183181	1	Emilio Oliver Pato Muller [Firma]	183493
2	Frank Leon Jimen Arellano [Firma]	183771	2	Roa Chula Gutierrez [Firma]	183782
3	Blanca Maria Cecilia Alvarado [Firma]	183772	3	Los Abdo Gonzales Milla [Firma]	183783
4	Scottland Eiza Cardona [Firma]	183773	4	Alca Benjamin Vallica Chichuan [Firma]	183784
5	Alexander Armas Zamora [Firma]	183774	5	Roa Leon Gomez Zamora [Firma]	183785
6	Franklin Chastano Cruz [Firma]	183775	6	Daniel Augusto Huaman [Firma]	183786
7	Diego Cesar Gomez Zamora [Firma]	183776	7	Alexander Armas Zamora [Firma]	183787
8	Daniel Augusto Huaman [Firma]	183777	8	Marlon Sillaboa Torres [Firma]	183788
9	Roa Armas Mendez [Firma]	183778	9	Enzo Guido Chavez [Firma]	183789
10	Marlon Sillaboa Torres [Firma]	183779	10	Franco Leon Gomez Zamora [Firma]	183790
11	Roa Alberto Gonzalez Arce [Firma]	183780	11	Emilio Pato Chula [Firma]	183791
12	Alca Benjamin Vallica Chichuan [Firma]	183781	12	Franklin Chastano Cruz [Firma]	183792
13	Nico Hugo de Huanca [Firma]	183782	13	Diego Cesar Gomez Zamora [Firma]	183793
14	Franklin Chastano Cruz [Firma]	183783	14		
15	Diego Cesar Gomez Zamora [Firma]	183784	15		
16	Carla Gloria Cori Bar [Firma]	183785	16		
17	Bianca Susana Huaman [Firma]	183786	17		
18	Roa Suba Armas [Firma]	183787	18		
19	Emilio Pato Chula [Firma]	183788	19		
20	Lidia Mercedes Alvarado [Firma]	183789	20		
21	Franklin Chastano Cruz [Firma]	183790	21		

ANEXO 3

Fotografía 2: Participación a sesiones informativas.



ANEXO 4

Fotografía 3: Acopio de restos vegetales.



ANEXO 5

Fotografía 4: Acopio de estiércol en la EPIA.



ANEXO 6

Fotografía 5: Implementación y rotulado de contenedores para segregación residuos.



ANEXO 7

Fotografía 6: Traslado de estiércol a la compostera.



ANEXO 8

Fotografía 7: Instalación de las pilas de compostaje.



ANEXO 9

Fotografía 8: Volteo de las pilas de compostaje.



ANEXO 10

Fotografía 9: Medición de temperatura en las pilas de compostaje.



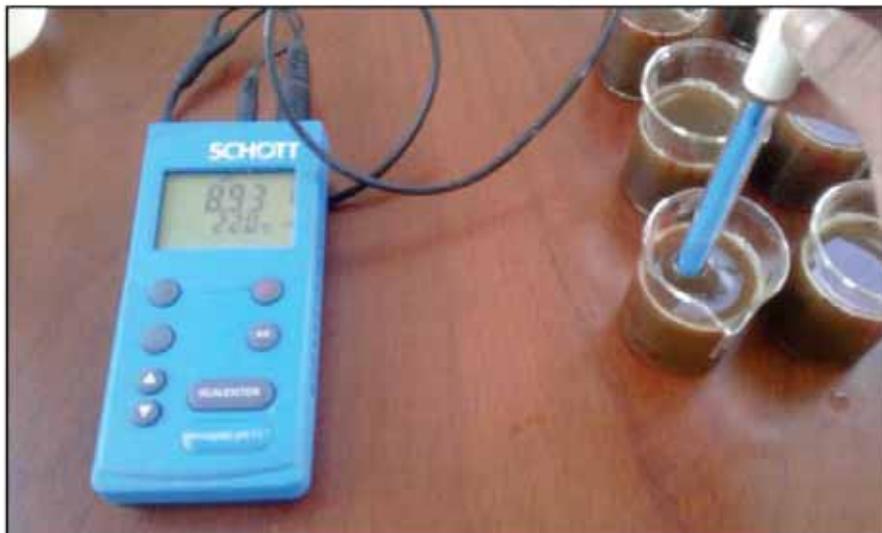
ANEXO 11

Fotografía 10: Riego a las pilas de compostaje.



ANEXO 12

Fotografía 11: Monitoreo de pH.



ANEXO 13

Fotografía 12: Aplicación de solución de levadura de pan a las pilas de compostaje.



ANEXO 14

Fotografía 13: Tamizado del compost final.



ANEXO 15: Resultado de análisis de laboratorio (UNALM)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION



Solicitante : FARISA LOAIZA PACHECO
 Departamento : CUSCO
 Distrito :
 Referencia : H.R. 66971-015C-19

Provincia :
 Predio :
 Fecha : 11/02/19

Bol.: 2514

Lab	Número de Muestra		C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase	CIC	Cationes Cambiables				Suma de Cationes Básicas	% Sat. De Bases	
	Claves							Avena %	Limo / Arcilla %			Ca ⁺⁺ meq/100g	Mg ⁺⁺ meq/100g	K ⁺ meq/100g	NH ₄ ⁺ meq/100g			Suma de Cationes Básicas
543	T1		8.90	0.00	13.33	475.2	6000	64	28	Fr.A.	20.48	12.68	3.43	3.07	1.32	0.00	20.48	100
544	T2		8.95	0.00	13.33	499.8	6700	60	32	Fr.A.	17.12	9.15	3.77	3.07	1.13	0.00	17.12	100
545	T0 Testigo		8.86	0.00	14.71	467.4	7400	58	32	Fr.A.	20.48	13.31	3.30	2.74	1.13	0.00	20.48	100

A = Arena ; A.F. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Dr. Saúl García Bodega
 Jefe del Laboratorio

ANEXO 16: Resultado de Nitrógeno en compost.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE
MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : FARISA LOAIZA PACHECO
PROCEDENCIA : CUSCO/ CHUMBIVILCAS/ SANTO TOMÁS
MUESTRA DE : COMPOST
REFERENCIA : H.R. 67810
BOLETA : 2831
FECHA : 23/04/19

Nº LAB	CLAVES	N %
305	TO - Testigo	0.73
306	Tratamiento 1	0.76
307	Tratamiento 2	0.99

 Dr. Sedy García Bendejú
Jefe de Laboratorio

ANEXO 17: Registro de temperatura en las mañanas y tardes.

T° promedio registrado (Mañana)				T° promedio registrado (tarde)			
Nro. días	T0	T1	T2	Nro. Días	T0	T1	T2
1	13.5	13.8	13.6	1	18.9	19.1	19.2
3	35.9	36.8	40.8	3	39.3	40.4	38.3
6	26.2	30.4	35.8	6	31.3	31.8	33.8
9	34.8	35.2	38.3	9	35.5	36.0	40.3
12	31.4	37.7	39.7	12	29.0	31.5	34.5
15	22.8	33.7	34.4	15	24.7	27.8	31.0
18	22.1	31.8	33.8	18	18.6	24.3	31.9
21	22.9	31.8	30.9	21	17.3	23.0	30.9
24	18.8	28.1	30.2	24	21.0	28.0	36.4
27	19.7	29.2	30.1	27	28.8	32.6	33.8
30	20.7	29.7	30.8	30	20.5	21.2	21.4
33	28.9	24.3	25.7	33	20.4	25.3	30.2
36	25.2	24.8	23.6	36	20.5	24.1	27.5
39	22.5	22.7	21.2	39	27.3	29.0	31.5
42	28.1	26.0	28.8	42	33.8	33.8	34.3
45	26.3	24.8	28.1	45	32.7	32.5	32.5
48	21.2	22.0	28.0	48	29.4	29.8	30.9
51	21.8	25.9	26.4	51	26.8	28.2	30.0
54	25.1	24.9	24.8	54	23.8	22.9	23.1
57	19.2	20.9	21.7	57	16.5	17.1	18.5
60	24.7	25.2	23.2	60	19.0	19.5	20.2
63	19.1	21.6	21.2	63	19.7	20.4	21.5
66	20.6	22.1	22.3	66	20.2	21.1	21.9
69	18.9	21.4	19.8	69	18.9	20.2	21.7
72	18.1	21.6	19.7	72	18.2	19.3	21.2
75	19.6	23.4	20.5	75	19.5	20.0	21.5
78	20.1	20.5	24.1	78	21.4	21.8	21.9
81	19.1	18.8	25.0	81	19.8	20.1	20.2
84	17.1	16.7	19.1	84	18.7	18.3	18.3
87	18.2	18.9	20.4	87	21.1	21.3	21.4
90	18.8	18.5	18.6	90	18.0	17.4	17.8

ANEXO 18: Resultado del análisis de suelo de la EPIA.

4.4
JL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

- APARTADO POSTAL: N° 021 - Cusco - Perú
- FAX: 298156 - 298171 - 222542
- RECTORADO: Calle Tigma N° 427, Teléfono: 222271 - 224891 - 224181 - 244908
- CIUDAD UNIVERSITARIA: Av. De la Cultura N° 733 - Teléfono: 229061 - 222512 - 232370 - 232575 - 232220
- CENTRAL TELEFÓNICA: 232398 - 232210, 243815 - 243836 - 243837 - 243838
- LOCAL CENTRAL: Plaza de Armas vieja, Teléfono: 227571 - 225721 - 224015
- MUSEO INCA: Cuenta del Almacén N° 103 - Teléfono: 237380
- CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA: San Jerónimo en Cusco - Teléfono: 277145 - 277240
- COLEGIO "FORTUNATO L. HERRERA": Av. De la Cultura N° 721 "Estadio Universitario" - Teléfono: 227192

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CENTRO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y ABONOS (CISA)
LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS**

TIPO DE ANALISIS : FERTILIDAD CARACTERIZACION Y OTROS ANALISIS

PROCEDENCIA DE MUESTRA : CAMPO UNIVERSITARIO FILIAL SANTO TOMAS CHUMBIVILCAS-CUSCO

INSTITUCION SOLICITANTE : ING. GERMAN PILCO MORALES

ANALISIS DE FERTILIDAD :

N°	CLAVE	mmhos/cm	pH	%		ppm	Ppm
		C.E.		M.ORG.	N.TOTAL	P ₂ O ₅	K ₂ O
01	M-01	0.24	6.40	0.95	0.04	14.3	0.0

ANALISIS DE CARACTERIZACION :

N°	CLAVE	meq/100	%				CLASE-TEXTURAL
		C.I.C.	CaCO ₃	ARENA	LIMO	ARCILLA	
01	M-01	4.38	0.10	68	30	2	FRANCO ARENOSO

OTROS ANALISIS :

N°	CLAVE	%	%	g/c.c.	g/c.c.	%	%
		H.E.	C.C.	Da	Dr	PMP	POROSIDAD
01	M-01	16.78	17.39	1.53	2.52	4.65	39.28

CUSCO, 26 DE JULIO DEL 2016.



JEFE

FRANCO YAPURA KONDORI
ANALISTA EN SUELOS AGUALES Y PLANTAS

GLOSARIO DE TERMINOS

Aerobio: Los aerobios son los organismos que requieren de oxígeno para vivir. El término también puede emplearse como adjetivo respecto a aquello que necesita oxígeno o que cuenta con este gas.

Anaerobio: En este caso, los organismos anaerobios (que también pueden mencionarse como anaeróbicos) no emplean oxígeno en sus actividades metabólicas.

C/N: Relación Carbono Nitrógeno.

Calidad: Conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite caracterizarla y valorarla con respecto a las restantes de su especie.

CE: Conductividad eléctrica.

CIC: Capacidad de intercambio catiónico.

D/U: Dilución Umbral.

Diseñar: Hacer un dibujo o dibujos de una cosa para que sirva de modelo en su realización

Disposición: Manera de estar dispuestas o colocarlas a personas o cosas.

EM: Microorganismos Eficientes.

EPIA: Escuela Profesional Ingeniería Agropecuaria.

Inoculante: Es un concentrado de bacterias específicas, que se aplica convenientemente.

Kikuyo: Es una clase de pasto, muy común en Colombia, que se usa de forrajera para el ganado y para protección de taludes. Su nombre científico *Pennisetum clandestinum* y pertenece a la familia *Poaceae*. Recibe otros nombres comunes como Quicuyo, grama gruesa, pasto africano.

LGRS: Ley General de Residuos Sólidos.

Maleza: Conjunto de árboles, arbustos y otras plantas que crecen muy juntos entrecruzando y enredando sus ramas de manera que dan lugar a una gran espesura.

Monitorear: Controlar el desarrollo de una acción o un suceso a través de uno o varios monitores.

MPCH: Municipalidad Provincial de Chumbivilcas.

pH: Potencial hidrógeno.

POI: Problema objeto de investigación.

Programa: Proyecto o planificación ordenada de las distintas partes o actividades que componen algo que se va a realizar.

Reciclaje: Consiste en someter a un proceso físico químico o mecánico a una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima.

Rizomas: Tallo subterráneo de ciertas plantas, generalmente horizontal, que por un lado echa ramas aéreas verticales y por el otro raíces.

RO: Residuos Orgánicos.

Sanitizado: Un sanitizante es un químico que reduce el número de microorganismos a un nivel seguro. No necesita eliminar el 100 por ciento de todos los organismos para ser efectivo. Los sanitizantes no matan virus y hongos, en una situación de preparación de alimentos, el sanitizante debe reducir la cuenta de bacterias en un 99.999 por ciento. Los sanitizantes requieren matar el 99.999 por ciento de los organismos presentes en 30 segundos. Un sanitizante es un químico que reduce el número de microorganismos a un nivel seguro.

UFC: Unidad formadora de colonia.

UNSAAC: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Validación: Validación es la acción y efecto de validar (convertir algo en válido, darle fuerza o firmeza). El adjetivo válido, por otra parte, hace referencia a aquello que tiene un peso legal o que es rígido y subsistente.