

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“CONCENTRACIÓN DE NPK EN COMPOST OBTENIDO DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA AGRÍCOLA, GANADERA Y LÁCTEA-CEFOP CAJABAMBA, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autoras:

Bautista Campos, Marina Isabel  
Julca Juárez, María Eugenia

Asesora:

M. Cs. Sara Esther García Alva

Cajamarca - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

A nuestra familia, por su apoyo incondicional, que son la razón de nuestra fuerza y  
perseverancia para seguir y cumplir nuestros objetivos académicos.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darnos salud emocional y física para concluir nuestras metas.

A nuestros maestros, por compartir con nosotros sus conocimientos.

A nuestros padres por apoyarnos siempre con sus consejos y su ejemplo de perseverancia,  
trabajo y humildad.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Antecedentes .....	12
1.3. Marco teórico .....	16
1.4. Definiciones básicas .....	19
1.5. Formulación del problema .....	20
1.6. Objetivos .....	21
1.7. Hipótesis.....	21
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>22</b>
2.1. Tipo de investigación .....	22
2.2. Población y muestra .....	22
2.3. Variables.....	22
2.4. Materiales, instrumentos, métodos.....	23

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	25
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>35</b>
4.1. Discusión.....	35
4.2. Conclusiones .....	37
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>43</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Criterios de la vara</i> .....	26
<b>Tabla 2</b> <i>Generación de estiércol según el % de forraje que consume el ganado vacuno</i> ..	27
<b>Tabla 3</b> <i>Generación de residuos de forraje, CEFOP Cajabamba</i> .....	28
<b>Tabla 4</b> <i>Generación de lactosuero, CEFOP Cajabamba</i> .....	28
<b>Tabla 5</b> <i>Cantidad anual de residuos generados, CEFOP Cajabamba</i> .....	32
<b>Tabla 6</b> <i>Cantidad anual de compost elaborado, CEFOP Cajabamba</i> .....	32
<b>Tabla 7</b> <i>Características físicas del compost, CEFOP Cajabamba</i> .....	33
<b>Tabla 8</b> <i>Concentración de NPK en compost, CEFOP Cajabamba</i> .....	33
<b>Tabla 9</b> <i>Comparación de resultados encontrados con la OMS y NCh, CEFOP Cajabamba</i> .....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Insumos para la elaboración del compost</i> .....	24
<b>Figura 2.</b> <i>Procedimiento de elaboración del compost</i> .....	25
<b>Figura 3.</b> <i>Generación de residuos</i> .....	30
<b>Figura 4.</b> <i>Cantidad de compost elaborado</i> .....	31
<b>Figura 5.</b> <i>Formación de la pila</i> .....	43
<b>Figura 6.</b> <i>Pilas formadas</i> .....	43
<b>Figura 7.</b> <i>Manejo de la pila</i> .....	25
<b>Figura 8.</b> <i>Volteos</i> .....	43
<b>Figura 9.</b> <i>Riego de pila</i> .....	43
<b>Figura 10.</b> <i>Tapado de pilas</i> .....	43
<b>Figura 11.</b> <i>Análisis de pH</i> .....	44
<b>Figura 12.</b> <i>Test de la vara</i> .....	44
<b>Figura 13.</b> <i>Toma de temperatura</i> .....	44

## RESUMEN

El hombre, con el tiempo, se ha encargado de generar residuos orgánicos, llegando al punto de no saber qué hacer con ellos, sin embargo, desde hace algunas décadas atrás se viene promoviendo el manejo adecuado y su transformación. El objetivo del presente estudio fue analizar la concentración de NPK en compost obtenido de residuos de la industria agrícola, ganadera y láctea en el Centro Experimental de Formación Profesional (CEFOP) Cajabamba; la investigación fue de diseño no experimental, corte transversal y de tipo descriptivo; se obtuvieron los siguientes resultados relacionados con la evaluación de las características físicas del compost (color negro, olor a tierra, textura suelta granular, temperatura de 18 °C y humedad de 44.3 %), y la concentración de Nitrógeno (2.4 %), Fósforo (0.9 %), y Potasio (1.8 %). En el estudio se concluyó que la concentración de Nitrógeno, Fósforo, Potasio en compost obtenido de residuos de la industria agrícola, ganadera y láctea-CEFOP Cajabamba, cumple con los valores establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), y la Norma Oficial Chilena NCh 2880.

**Palabras clave:** Compost, lactosuero, residuo ganadero, NPK.



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Hoy en día existe el acelerado crecimiento de la población mundial, lo que significa una mayor demanda de alimentos de origen animal y sus derivados, como es el caso de la carne, leche, huevos; entre otros, y por ende un incremento en la producción animal, que tiene como consecuencia un riesgo de contaminación ambiental, al aumentarse el número de animales en el futuro (Vílchez, 2007) citado en (Ortiz, 2020).

La actividad ganadera produce residuos, principalmente las deyecciones de los animales, que en función de la duración y las condiciones de almacenamiento pueden distinguirse entre residuos en forma sólida (estiércoles) y en forma líquida (purines). El estiércol es la mezcla de los excrementos sólidos y líquidos de los animales con otros aportados por el medio, como la paja que forma las camas del ganado (Pircan, 2001) citado en (López et al., 2008). Estos residuos generan contaminación por el alto contenido en nitrógeno que se libera como amoníaco hacia la atmósfera por el aumento en el número de cabezas de ganado y manteniendo la misma superficie agraria (Muñoz, 2015). En el inventario nacional de gases de efecto invernadero el MINAM (2016), reportó que el manejo de estiércol produce una emisión total de gases de efecto invernadero ( $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ) de 621.84 Gigagramos de dióxido de carbono equivalente ( $\text{GgCO}_2\text{eq}$ ), esto representa el 3.21% del sector agricultura.

Por otro lado, la industria láctea también genera residuos (lactosuero) resultado del proceso de manufactura de la leche. El lactosuero es el líquido que queda después de la separación de la cuajada durante el proceso de fabricación del queso y contiene alrededor del 50% de los nutrientes de la leche. La mayor producción de lactosuero proviene de la

Unión Europea y de los Estados Unidos de América (aproximadamente el 70% del total del lactosuero producido a nivel mundial) (Conde et al., 2017). Según Parra (2009) a nivel mundial se producen de 180 a 190 millones de toneladas de suero por año, eliminando la mitad de los sólidos totales presentes en la leche los que incluyen nutrientes como proteína, lactosa, minerales y vitaminas, y según Conde et al. (2017) la tasa anual de producción de lactosuero tiene un crecimiento global del 2%, similar que la cantidad producida de leche.

A nivel de Perú, según los datos publicados por LAIVE (2017), la producción láctea peruana ha venido creciendo a un ritmo de 4% anual, pasando de 950 mil toneladas por año en el 2000 a 1.95 millones de toneladas por año en el 2016, y es así que, en el 2020, INDECOPI (2021) refiere que se produjeron 2 135 881 toneladas de leche fresca cruda, y de esta cantidad, el 46% se destina a la producción de quesos y derivados lácteos. Además, Valencia y Ramírez (2009) indica que del 100% de la cantidad de leche procesada, el 90% corresponde a lactosuero.

Cabe señalar que, según Rojas et al. (2015), los altos niveles de producción de lactosuero derivan en un problema serio para los acuíferos, por cada 1000 L de lactosuero se generan aproximadamente 35 kg de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y cerca de 68 kg de demanda química de oxígeno (DQO); y según Conde et al. (2017), consecuentemente produce problemas ambientales y de salud significativos debidos a los altos volúmenes generados y la elevada carga orgánica es atribuida al contenido de lactosa (40 g/L a 60 g/L) y grasa (0.08 g/L a 10.6 g/L), convirtiéndolo en un residual altamente contaminante cuando es vertido sin tratamiento al ambiente.

Estos residuos se han aplicado tradicionalmente a los campos cumpliendo una función esencial como fertilizantes. Sin embargo, para que esta práctica sea correcta, se debe ajustar al máximo la dosis óptima requerida por el cultivo para el cual va a ser utilizado, procurando,

además, que la dosis a utilizar sea aceptable para el medio ambiente (Muñoz, 2015), en este contexto, el Centro Experimental de Formación Profesional (CEFOP), para evitar la contaminación ambiental, elabora compost orgánico en base a estiércol, lactosuero y residuos de la actividad agrícola. Sin embargo, éste no cuenta con análisis de las características químicas.

El Centro Experimental de Formación Profesional (CEFOP) está ubicado en el distrito y provincia de Cajabamba, es un instituto que forma profesionales técnicos en industrias alimentarias lácteas, ganadería y transformaciones lácteas, así mismo; se dedica a la industria ganadera, que incluye la cría de ganado vacuno; a la industria agrícola, que comprende el cultivo de avena, alfalfa, y maíz chala; y a la industria láctea, en donde fabrica y comercializa productos lácteos como queso, yogurt, manjar blanco y mantequilla. Producto de sus actividades genera residuos que pueden suscitar impactos ambientales, si éstos son vertidos al ambiente; en el 2019 CEFOP generó 65 762.7 kg de residuos sólidos, y en base a estos residuos cosechó 57 536.6 kg de compost, al respecto Olivares et al. (2012) menciona que la mezcla del estiércol con el suero de quesería es una opción interesante para la gestión y tratamiento de los mismos. La FAO (2013) define al compost como un tipo de tierra hecha a base de desechos orgánicos, así mismo, refiere que se obtiene a partir de un proceso llamado compostaje, en el cuál, microorganismos van descomponiendo la materia orgánica hasta formar tierra.

Bailón y Florida (2021) recomienda que las características físicas y químicas del compost debe cumplir con determinadas normas de calidad fijada por cada país. Además, también, señala que la calidad del compost es fundamental para mantener la sostenibilidad económica y ambiental en todo proceso productivo. No obstante, el Perú carece de una norma técnica específica para definir la calidad del compost, en tal sentido, en el presente

trabajo se hizo la evaluación de la concentración de NPK del compost, en base a los rangos establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), y la Norma Oficial Chilena NCh 2880 (Instituto Nacional de Normalización, 2005).

## **1.2. Antecedentes**

Hernández et al. (2016), realizaron el trabajo denominado “Residuos agroindustriales con potencial de compostaje”, con el objetivo de determinar los residuos agroindustriales con potencial de compostaje en la ciudad de México, obteniendo como resultados de los generadores de residuos a las industrias azucareras, industria de la leche, agroindustria del café, agroindustria ganadera, agroindustria de frutas y hortalizas, agroindustria de procesos de fermentación y esquilmos agrícolas, llegaron a la conclusión que, esta información sugiere que la producción de composta a partir de residuos agroindustriales es una alternativa potencial para generar materia orgánica estabilizada que permita mantener e incrementar el contenido de materia orgánica del suelo y aumentar su fertilidad. El manejo de los residuos agroindustriales por medio del compostaje reducirá elementos de contaminación ambiental, además de generar un compost con valor agregado, estable y útil en la agricultura. Sin embargo, para la obtención de un compost de calidad se debe considerar cuidadosamente la naturaleza y origen de los residuos.

Acosta y Peralta (2015), realizaron el trabajo “Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá”, el objetivo consistió en elaborar abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá. En este proyecto se realizó la evaluación de 6 mezclas por medio de microcomposteras en lonas de 0.80 x 1.20m, las cuales se llenaron con aproximadamente 45 kg de material orgánico y se dispusieron en bloques completamente al azar y por triplicado. Se realizó seguimiento a las variables físicas: temperatura, humedad, y químicas:

pH y cuantificación microbiológica de bacterias y hongos cada 15 días durante los 75 días del proceso de compostaje. Se hizo un análisis físico químico de cada muestra al día 75, así como una caracterización microbiológica para determinar los géneros más representativos de hongos y bacterias. Por último, se realizó un bioensayo con los extractos de cada mezcla, utilizando semillas de una gramínea pasto braquiaria (*Brachiaria decumbens*) y una leguminosa alfalfa (*Medicago sativa*). En general los resultados indican que la mezcla 6 presento los valores más altos en cuanto a indicadores de calidad como químicos (C/N, Nitrógeno, Potasio, Sodio, Calcio, Fosforo, Boro y azufre), físicos (color y olor) y mayor concentración final de microorganismos, concluyendo así que, de acuerdo con los resultados de los indicadores químicos (pH, C/N, materia orgánica, N, K, Na, Ca, P, B), físicos (color y olor) y microbiológicos (bacterias, hongos y actinobacterias), se puede determinar que estos se correlacionan con los resultados obtenidos en la prueba de germinación.

Mazorra y Moreno (2019), en su trabajo “Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal”, con cuyo objetivo proveer información sobre las propiedades nutricionales, funcionales y biológicas del lactosuero, generado por la industria quesera artesanal, así como evidencias científicas recientes que sustentan, bajo distintos enfoques tecnológicos, el potencial de aprovechamiento, mediante su transformación o recuperación para adicionarle valor, obteniendo como resultado las opciones de valorización del lactosuero en, elaboración de queso de suero, bebidas lácteas a partir de lactosuero, bebidas de lactosuero con fruta, bebidas de lactosuero fermentado, bebidas alcohólicas de lactosuero, cervezas artesanales, bebidas para deportistas a partir de lactosuero, recuperación de crema y mantequilla, reincorporación del lactosuero al proceso de elaboración de queso, usos del lactosuero en la preparación de base para helados, paletas y nieves, usos del lactosuero en panadería y confitería. Llegando a la conclusión que el lactosuero, generado

por la industria quesera artesanal, ofrece un gran potencial para el desarrollo de productos con alto valor agregado.

Cairo y Álvarez (2017), en su trabajo “Efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soja” teniendo en cuenta el objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis de estiércol de ganado en descomposición sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, el rendimiento de la soja y las poblaciones de pentátomidos, la metodología consistió en plantar dos variedades de soja: Incasoy-27 e Incasoy-35, a una distancia de 0.40 m x 0.05 m que formaron los dos experimentos. Los tratamientos fueron: T1 (Control sin aplicación de estiércol); T2 (Estiércol de ganado descompuesto 4 t/ha); T3 (Estiércol de ganado descompuesto 8 t/ha) con cuatro réplicas cada uno. Se evaluaron las siguientes propiedades físicas y químicas del suelo: factor de estructura, agregados estables, permeabilidad, pH, materia orgánica, fósforo asimilable y potasio, como resultado el estiércol descompuesto tuvo efecto no sólo en el suelo, sino también en el control de la población de pentátomidos. Concluyendo la aplicación de estiércol descompuesto originó un aumento significativo de la agregación, y se logró un cambio de categoría en el suelo, que pasó de regular (52.96 %) a bueno (66.95 %). El estiércol, en interacción con el cultivo de la soja, aumentó significativamente la materia orgánica del suelo durante un corto período de tiempo, que pasó de la categoría baja (2.5 %) a la moderada (3.7 %). Se encontró una estrecha relación entre la materia orgánica, los agregados del suelo y el rendimiento de las plantas. La aplicación de la materia orgánica disminuyó significativamente la población de pentátomidos.

Acevedo et al. (2017) en su trabajo “Política ambiental: uso y manejo del estiércol en la Comarca Lagunera”, el estudio tuvo como objetivo describir los mecanismos de regulación y las medidas de política ambiental que se emplean en el ámbito nacional:

instrumentos económicos, regulaciones y medidas voluntarias que se han puesto en marcha, específicamente en estiércol, para regular el uso y manejo, teniendo en cuenta la metodología se empleó encuestas semiestructuradas, se obtuvo información de 27 agricultores y 10 explotaciones ganaderas. El muestreo fue por conveniencia, dirigido a productores con experiencia y permanencia en la actividad. Sus resultados fueron que, los pequeños agricultores de la región están menos informados sobre el manejo del estiércol que los medianos y grandes agricultores, lo que respecta a las explotaciones ganaderas, en el 80% se utiliza el estiércol del ganado lechero en sus parcelas para la producción de forraje y de esta manera ahorrar en fertilizante químico, además, se encontró que el nivel de conocimiento de los agricultores aumenta con el tamaño de la explotación y parece estar relacionado con el nivel de la educación, ya que el 86 % tienen un nivel de estudio que va desde la secundaria hasta licenciatura y algunos con maestría, el porcentaje restante solo tienen primaria o menos. Llegando a la conclusión que, la aplicación al suelo seguirá siendo el destino final de la mayoría de estiércol, por lo que un buen programa de administración debe incluir un plan para el manejo de los nutrientes del estiércol en sistemas de producción agrícolas.

Barrera (2017), en su trabajo denominado “Diseño de un proceso a escala industrial para la obtención de un fertilizante biodegradable a partir del lactosuero” tiene como objetivo; diseñar un proceso a escala industrial para la obtención de un fertilizante biodegradable a partir del lactosuero. Para este proyecto de investigación tipo técnico se tomó de referencia tres métodos esenciales como son: método inductivo, método deductivo y método experimental estos métodos no facilitará el estudio y desarrollo del presente proyecto. Los resultados para la determinación del lactosuero como materia prima se realizó las pruebas requeridas por la norma NTE INEN 2594, la cual establece un análisis físico-

químico de lactosa, proteína láctica, grasa láctica, ceniza, acidez titulable y pH. También se establecen análisis microbiológicos para la determinación de microorganismos aerobios mesófilos, *Escherichia coli*, *Staphylococcus áureos*, ausencia de *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*. Dando como resultado valores que se encuentran dentro del rango establecido por la norma determinando así que el lactosuero seleccionado es apto para la utilización como materia prima en la elaboración de un biofertilizante orgánico. Concluyendo a fin de determinar el procedimiento más apropiado para la obtención del fertilizante a partir del lactosuero, se realizaron 3 pruebas de ensayo para 18 litros de lactosuero, modificando la concentración de melaza de 227, 454 y 681g y la concentración de Carbonato de calcio de 25, 50 y 75g, a temperatura de fermentación promedio de 30°C.

### **1.3. Marco teórico**

#### **1.3.1. Compost.**

El compost es un tipo de tierra hecha a base de desechos orgánicos. Se obtiene a partir de un proceso llamado compostaje, en el cuál, microorganismos van descomponiendo la materia orgánica hasta formar tierra (FAO, 2013).

#### **1.3.2. Fases de compostaje.**

**Fase Mesófila.** El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días) (FAO, 2013).



***Fase Termófila o de Higieneización.*** Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores (FAO, 2013).

***Fase de Enfriamiento o Mesófila II.*** Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración (FAO, 2013).

***Fase de Maduración.*** Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvico. Un compost maduro tiene un tiempo de maduración entre 3-6 meses, y se encuentra a una temperatura ambiente. (FAO, 2013).

### 1.3.3 Manejo de proceso de compostaje.

**Mezcla y volteos:** Al inicio del proceso de compostaje, el cuerpo de desechos tiene poros de varias dimensiones que son dispersadas de forma heterogénea. El aire (venido de aireación natural o artificial) pasa por las aperturas más grandes. Por consecuencia, pueden ocurrir condiciones anaeróbicas en lugares con alta densidad y poros pequeños. La biodegradación anaeróbica no es deseable en una planta de compostaje, por causa de olores fuertes y de impedimento del proceso de biodegradación aeróbico. Se necesita mezclar/voltear y mover los desechos frecuentemente y con regularidad para evitar la putrefacción anaeróbica (Roben, 2002).

**Aireación:** Para asegurar una buena aireación, hay que agregar un cierto porcentaje de material grueso. Los materiales gruesos deben agregarse especialmente para estructurar la basura cuando la densidad de los desechos es demasiado alta ( $> 700 \text{ kg/m}^3$ ) y, por consecuencia, no se realiza una libre circulación del aire. En general, el suministro de material grueso se puede realizar con la fracción gruesa que había sido separada antes o con la fracción gruesa del compost listo (Roben, 2002).

**Humedecimiento:** Se necesita una humedad entre 40 - 60 % (contenido de agua del material) para asegurar una biodegradación óptima. Si es demasiado seco el material, se para el proceso de biodegradación; si es demasiado húmedo, se transforma el proceso en putrefacción anaeróbica incontrolada. El humedecimiento se puede realizar manualmente o mecánicamente. El principio es lo mismo para los dos sistemas. Se riega el material con regadora manual o con aspersor puesto sobre las pilas o lechos de material. En regiones con poca lluvia, se puede dejar abierta la planta de compostaje para que la lluvia funcione como riego natural. En plantas cubiertas, se puede acumular el agua de los desagües de lluvia para reemplazar parcialmente o completamente el agua fresca. Se recomienda ese sistema para

regiones donde llueve mucho para proteger el material de la abundancia del agua sin perder este recurso (Roben, 2002).

**1.3.4 Utilidad del compostaje.** De acuerdo con el uso del compost de biorresiduos, se ha identificado que mejora la fertilidad del suelo, es fuente de nutrientes y materia orgánica, contribuye con la estructura y el mantenimiento de las propiedades del suelo y con la actividad biológica. No obstante, los efectos dependen de las características del suelo, donde es necesario considerar sus requerimientos para la aplicación del producto (Oviedo et al., 2017).

#### **1.4. Definiciones básicas**

**Residuos agrícolas:** En las actividades agrícolas de varios países no se realiza la disposición de residuos en un relleno o zona adecuada, siendo la opción más económica la quema descontrolada del material. Esto permite al agricultor reducir el volumen de mater despejar la zona para el cultivo, eliminar plagas y liberar nutrientes (Chávez y Rodríguez, 2016).

**Residuos ganaderos:** Se considera como residuos de ganadería y tenencia de animales aquellos obtenidos en las explotaciones ganaderas de producción y reproducción. Debido a que el estiércol se puede fermentar y usar como abono en plantas, en algunos países no se considera un residuo ni presenta efectos nocivos al medio ambiente, siempre y cuando no se considere una explotación intensiva donde estos sean retirados por presión de agua (Chávez y Rodríguez 2016).

**Residuos de la industria láctea:** Se obtiene tras la separación de la caseína y de la grasa, constituye aproximadamente 90% del volumen de la leche y contiene la mayor parte de los compuestos hidrosolubles de esta. Su composición varía dependiendo de las características de la leche y de las condiciones de elaboración del queso de que proceda,

pero, en términos generales podemos decir que el suero contiene: 4.9% de lactosa, 0.9% de proteína cruda, 0.6% de cenizas, 0.3% de grasa, 0.2% de ácido láctico y 93.1% de agua. Aproximadamente 70% del nitrógeno total. Esta industria genera grandes volúmenes de subproductos que en algunos casos son tratados como desechos, tal es el caso del lactosuero del que no son pocas las alternativas de aprovechamiento desarrolladas, tema importante desde hace mucho tiempo debido a las enormes cantidades producidas (Cury et al., 2017).

**Lactosuero:** El lactosuero o suero de leche se define como un producto lácteo obtenido de la separación del coágulo de la leche, de la crema o de la leche semidescremada durante la fabricación del queso, mediante la acción ácida o de enzimas del tipo del cuajo (renina, enzima digestiva de los rumiantes) que rompen el sistema coloidal de la leche en dos fracciones: Una fracción sólida, compuesta principalmente por proteínas insolubles y lípidos, las cuales en su proceso de precipitación arrastran y atrapan minoritariamente algunos de los constituyentes hidrosolubles. Una fracción líquida, correspondiente al lactosuero en cuyo interior se encuentran suspendidos todos los otros componentes nutricionales que no fueron integrados a la coagulación de la caseína. De esta forma, se encuentran en el lactosuero partículas suspendidas solubles y no solubles (proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales), y compuestos de importancia biológica-funcional (Poveda, 2013).

### **1.5. Formulación del problema**

¿Cuál es la concentración de NPK en compost obtenido de residuos de la industria agrícola, ganadera y láctea - CEFOP Cajabamba, 2021?

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar la concentración de NPK en compost obtenido de residuos de la industria agrícola, ganadera y láctea - CEFOP Cajabamba, 2021.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

Describir la cantidad de residuo generado, y del compost obtenido de residuos de la industria agrícola, ganadera y láctea - CEFOP Cajabamba.

Analizar las características físicas del compost obtenido de residuos de la industria agrícola, ganadera y láctea - CEFOP Cajabamba.

Comparar los resultados de la concentración de NPK en compost obtenido de residuos de la industria agrícola, ganadera y láctea del CEFOP Cajabamba, con los valores establecidos por la Organización Mundial de la Salud, y la Norma Oficial Chilena 2880.

## **1.7. Hipótesis**

### **1.7.1 Hipótesis Alternativa**

H<sub>1</sub>. La concentración de NPK en compost obtenido de residuos de la industria agrícola, ganadera y láctea-CEFOP Cajabamba, cumple con los valores establecidos por la Organización Mundial de la Salud, y la Norma Oficial Chilena 2880.

### **1.7.2 Hipótesis nula**

H<sub>0</sub>. La concentración de NPK en compost obtenido de residuos de la industria agrícola, ganadera y láctea-CEFOP Cajabamba, no cumple con los valores establecidos por la Organización Mundial de la Salud, y la Norma Oficial Chilena 2880.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Esta investigación fue de diseño no experimental, porque no se hizo manipulación de las variables, se analizó y describió tal y como ocurrieron naturalmente, sin intervenir en su desarrollo (Supo, 2014).

Así mismo, esta investigación presentó un corte transversal, debido a que la información se recolectó por única vez en un corte de tiempo. Además, esta investigación se enmarcó dentro del tipo descriptivo, porque se analizó y describió las concentraciones de NPK del compost (Supo, 2014).

### 2.2. Población y muestra

La población estuvo constituida por 57 536.6 kg de compost, que se obtuvo de 65 762.7 Kg de residuos agrícolas, ganaderos y lácteos de CEFOP Cajabamba en un año.

La muestra de estudio estuvo conformada por 1 kg de compost, el cual fue tomada de la homogeneización de 3 kg de compost obtenidos de 3 puntos diferentes de la pila compostera.

### 2.3. Variables

#### 2.3.1. Univariable

% Nitrógeno (N)

% Fósforo (P)

% Potasio (K)

## 2.4. Materiales, instrumentos, métodos

**2.4.1. Materiales:** Palanas, rastrillos, guantes, bolsas, carretillas.

**2.4.2. Instrumentos:** Balanza, baldes, termómetro.

### 2.4.3. Métodos

#### *2.4.3.1 Análisis de las concentraciones de NPK.*

El análisis fue realizado por el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina, mediante la siguiente metodología:

Nitrógeno: Método de Kjeldahl.

Fósforo: Espectrofotometría.

Potasio: Espectrofotometría de absorción atómica.

#### *2.4.3.2 Elaboración de compost.*

El CEFOP Cajabamba, elabora compost a partir de residuos de la industria ganadera (estiércol), el estiércol es generado por el ganado vacuno lechero raza jersey; de la industria agrícola, conformado por los restos de cosecha de forraje como avena, maíz chala y alfalfa, y de lo que queda de la alimentación del ganado vacuno, así mismo, está conformada por los residuos vegetales de cocina que generan los alumnos que residen en la institución; y a partir de los residuos de la industria láctea (el lactosuero) que es segregado de la elaboración de queso fresco prensado. Los residuos son recolectados, trasladados y almacenados en el área de elaboración de abonos, el estiércol y restos agrícolas, son trasladados con frecuencia diaria, el suero interdiario y los restos de cocina de manera semanal.



*Figura 1.* Insumos para la elaboración del compost.

El procedimiento se inicia con el acondicionamiento de la cama compostera: Incluye la limpieza, nivelación y compactación del terreno, trazando el diseño de las camas para la formación de una pila triangular de 120 cm de ancho, 100 cm de alto y 10 metros de largo, una vez acondicionada el área, se coloca los rastrojos de forraje grueso para empezar a unir las capas de materia de la siguiente manera: En la primera capa se coloca estiércol madurado o semi descompuesto, éste tiene que pasar por 8 días después de su recojo. En la segunda capa, se coloca estiércol fresco (2-4 días de recogido), para que durante la fase termófila contribuya a la eliminación de patógenos. En la tercera capa se agrega los restos de cosecha de forraje, porque tienen menos cantidad de fibra, por ende, se descompondrá en menor tiempo a diferencia del estiércol.

El monitoreo durante el compostaje comprende la evaluación de los parámetros de control como la temperatura, humedad y la aireación. Para mantener la humedad del compostaje al 70%, se agrega lactosuero cada vez que lo requiera, este residuo acelera la descomposición de la materia orgánica porque contiene bacterias lácticas. La temperatura se evalúa periódicamente juntamente con los volteos para determinar el aumento y disminución de la misma y verificar que se cumpla con las fases de descomposición; y la pila compostera se cubre herméticamente con una manta para ayudar a elevar la temperatura durante la fase



termófila. Para el control de la aireación, se realiza 10 volteos cada 8 días, y la adecuación de hoyos en la pila, que facilita el intercambio gaseoso.

Y cuando se ha culminado el proceso de compostaje (3 meses), y el compost esté a una temperatura ambiente, color negro, textura granular suelta, olor a tierra, se procede a cosecha y aplicación del compost.



Figura 2: Procedimiento de elaboración del compost.

## 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La técnica de recolección de datos es la observación no experimental. Respecto a la recolección de datos existentes se hizo mediante el instrumento ficha documental a partir de los documentos de registros diarios de información de la institución CEFOP. Los datos recabados de los registros del CEFOP fueron la cantidad anual de residuo generado y compost elaborado, el procedimiento de la elaboración del compost.

La evaluación de las características físicas y la concentración de NPK se realizó en el compost de 3 meses de maduración. Para el análisis de las características físicas del compost como el color, olor, textura se realizó mediante los órganos sensoriales; según Bioagro (2011) el compostaje tiene un color entre marrón oscuro y negro; el olor va pasando por

varias etapas desde un olor muy fuerte sintiéndose como amoníaco hasta alcanzar olores a tierra, sin olor desagradable y una textura homogénea, suelta y granular; la evaluación de la humedad se hizo en campo, mediante el test de la vara. La vara se introdujo en la pila compostera por unos segundos, luego se retiró y se evaluó la humedad de acuerdo los criterios de la siguiente tabla:

**Tabla 1**

*Criterios de test de la vara*

<b>Estado de la vara de madera</b>	<b>Resultado</b>
Fría y mojada.	No hay fermentación, probablemente por el exceso de agua.
Levemente normal y seca, con filamentos blanco de micelio de hongos.	La pila necesita más agua.
Caliente, húmeda y manchada de pardo oscuro.	Las condiciones para compostaje estas correctas.
Libre de barro, introducida con facilidad de vuelta a la pila.	El compost está listo para ser usado

Fuente: Escobar et al. (2012)

En cuanto a la evaluación de la concentración de NPK, previa evaluación de las características físicas, se hizo la toma de muestra, esta toma de muestra se realizó de 3 puntos de la pila compostera, pesando un kilogramo de cada punto en la balanza, luego se homogeneizó los 3 kilogramos, del cual se tomó un kilo de compost y se depositó en un contenedor de plástico rotulado con el tipo de muestra, fecha y lugar. Posteriormente la muestra fue enviada al laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes – Universidad Nacional Agraria la Molina; los resultados fueron emitidos a los 22 días después de la fecha de recepción de la muestra en laboratorio.

La información recolectada se procesó en el software Excel, y se presentó mediante tablas, luego fueron analizados en función de estudios realizados (antecedentes, marco teórico). A continuación, se detalla la información recolectada:

**Tabla 2**

*Generación de estiércol según el % de forraje que consume el ganado vacuno, CEFOP Cajabamba.*

Ganado	Edad	Peso (kg)	Defecación consumiendo forraje verde + concentrado (10 % pv/d*) (kg)	Defecación consumiendo forraje fermentado (ensilado) + concentrado (11 % pv/d*) (kg)
Itala	6 años	420	42.0	46.2
Mary	3,5 años	325	32.5	35.8
Aracely	4 años	342	34.2	37.6
Nely	2 años	240	24.0	26.4
Lucero	1 años	23	2.3	2.5
Nanda	3 meses	23	2.3	2.5
Total al día			137.3	151.0
Total al mes			4119	4530.9

La tabla 2 indica la generación de estiércol según el tipo de forraje que consume el ganado vacuno y según el peso vivo (\*pv/d = peso vivo por día) del mismo. La cantidad generada de estiércol varía según el tipo de forraje con el que los vacunos son alimentados, de enero a junio consumen forraje verde asociado con concentrado, el cual genera menor cantidad de residuos porque contiene menor cantidad de fibra y es más asimilable por el ganado, defecando solo un 10% de su peso vivo, a diferencia de los meses de julio a diciembre que consumen forrajes fermentados (ensilado que contiene mucha fibra) más concentrado, generando así mayor cantidad de residuos porque defecan el 11% de su peso vivo. Fuente: Registros de CEFOP - Cajabamba 2019.

**Tabla 3**

*Generación de residuos de forraje, CEFOP Cajabamba.*

Nº	Ganado Vacuno	Peso (kg)	Consumo diario (kg)	Consumo anual (kg)	10% de residuo sólido
1	Ítala	420	63	22 995.0	2 299.5
2	Aracely	342	51.30	18 724.5	1 872.5
3	Mary	325	48.75	18 795.0	1 879.5
4	Neli	240	36	14 052.0	1 405.2
5	Lucero	23	3.45	1 745.4	174.5
6	Nanda	23	3.45	341.9	34.2
Total				76 653.8	7 665.4

La tabla 3 hace referencia al consumo mensual de forraje por ganado vacuno y la generación de residuo, de 76 653.8 kg de forraje, 7 665.4 kg corresponde a residuo, siendo éste un equivalente al 10 % del consumo anual. Fuente: Registros de CEFOP-Cajabamba 2019.

**Tabla 4**

*Generación de lactosuero, CEFOP Cajabamba.*

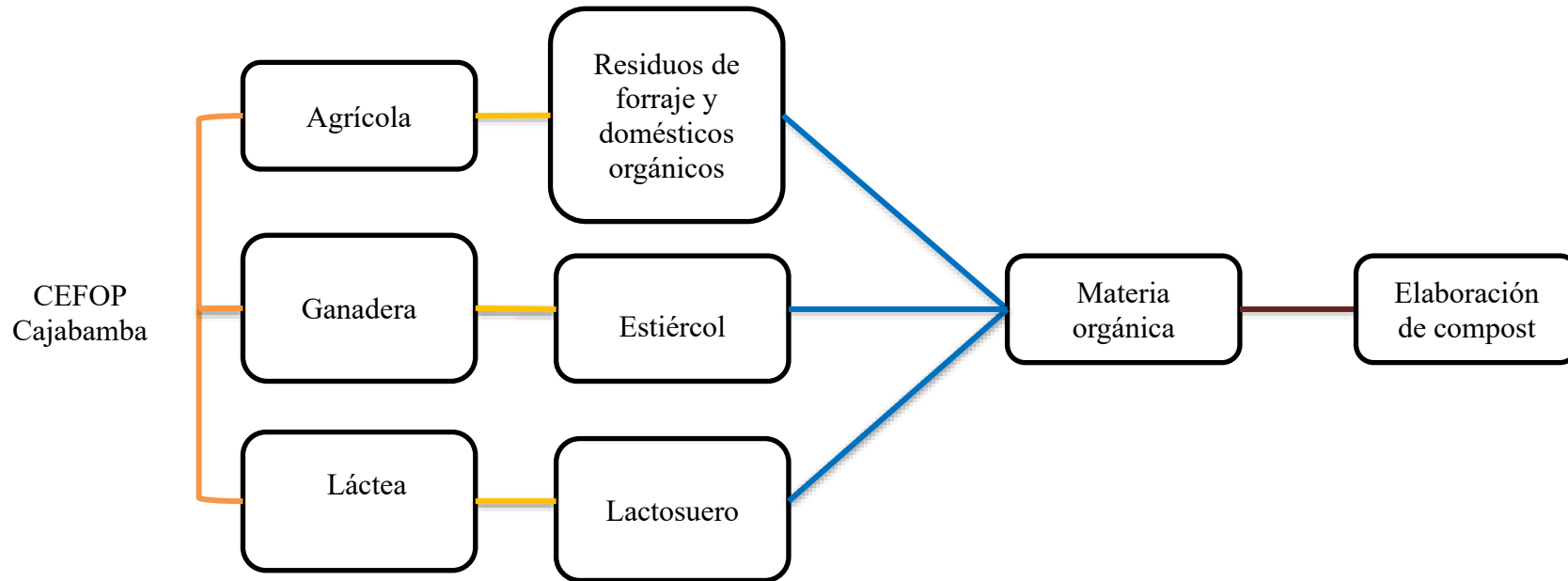
Meses	Cantidad de leche (L)	Producción de queso (kg)	Cantidad de suero (L)
Enero	491	61.4	429.6
Febrero	369	46.1	322.9
Marzo	505	63.1	441.9
Abril	513	64.1	448.9
Mayo	500	62.5	437.5
Junio	472	59.0	413.0
Julio	336.5	42.1	294.4
Agosto	500	62.5	437.5
Septiembre	500	62.5	437.5
Octubre	714	89.3	624.8

Concentración de NPK en compost obtenido  
de residuos de la industria agrícola, ganadera y láctea-  
CEFOP Cajabamba, 2021

Noviembre	700	87.5	612.5
Diciembre	340	42.5	297.5
Total	5 940.50	742.6	5 197.9

La tabla 4 muestra la distribución de la cantidad mensual de leche procesada para la obtención de queso y la generación de lactosuero. En un año se procesó 5 940.5 litros de leche y se obtuvo 742.6 kilos de queso, generando un total de 5 197.9 L de suero residual.

Fuente: Registros de CEFOP-Cajabamba 2019.



Leyenda





- Industria 
- Residuo sólido 
- Materia orgánica 
- Tratamiento 

Figura 3. Generación de residuos.

En el instituto CEFOP Cajabamba, para la elaboración del compost utiliza el estiércol de ganado vacuno, residuos de forraje y domésticos, y el lactosuero. Fuente: Registros de CEFOP-Cajabamba 2019.

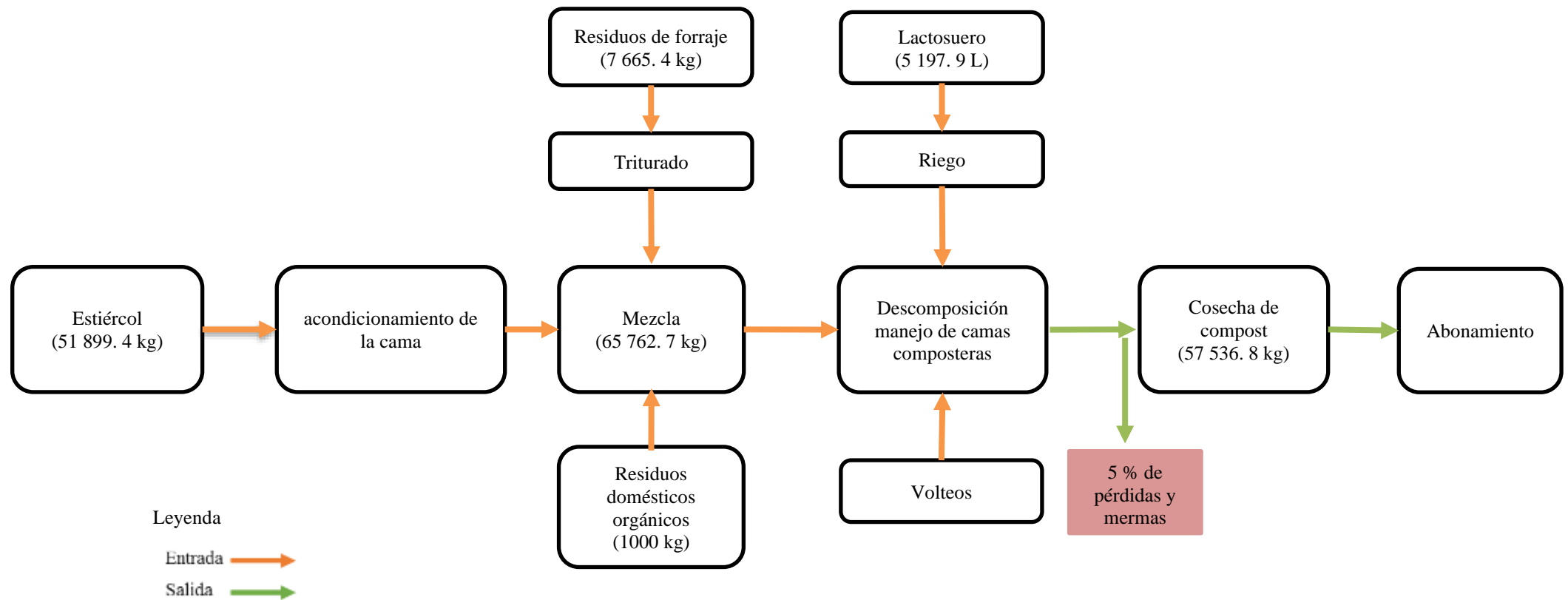


Figura 4. Cantidad de compost elaborado.

En el año 2019 CEFOP Cajabamba cosechó 57 536.6 kg de compost, con el 5 % de pérdidas y mermas, para lo cual se utilizó 51 899.4 kg de estiércol, 7 665.4 kg. de forraje verde, 5 197.9 L de lactosuero y 1000 kg de residuos orgánicos domésticos, Fuente: Registros de CEFOP-Cajabamba 2019.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

**Tabla 5**

*Cantidad anual de residuo generado, CEFOP Cajabamba.*

Insumos	Primer semestre (enero-junio)	Segundo semestre (julio- diciembre)	Total anual
Lactosuero (L)	2 493.7	2 704.2	5 197.9
Estiércol (kg)	24 714	27 185.4	51 899.4
Residuos de forraje (kg)	3749.9	3 915.5	7 665.4
Residuos domésticos			
Orgánicos (kg)	500	500	1 000
Total (kg)	31 457.6	34 305.1	65 762.7

En la tabla 5 se observa la cantidad de residuo generado por semestre y anual, existe menor generación de residuos en el primer semestre, esto se debe al tipo de forraje que consume el ganado vacuno, de enero a junio consumen forraje verde asociado con concentrado, el cual genera menor cantidad de residuos porque contiene menor cantidad de fibra y es más asimilable por el ganado, defecando solo un 10% de su peso vivo; a diferencia de los meses de julio a diciembre que consumen forraje fermentado (ensilado que contiene mucha fibra) más concentrado, generando así mayor cantidad de residuos porque defeca el 11% de su peso vivo. Fuente: Registros de CEFOP - Cajabamba 2019.

**Tabla 6**

*Cantidad anual de Compost elaborado, CEFOP Cajabamba.*

Periodo	Cantidad de residuos (kg)	Cantidad de compost (kg)
Primer semestre	31 457.6	27 515.7
Segundo semestre	34 305.1	30 020.8
Anual	65 762.7	57 536.5



Según la tabla 6, el CEFOP generó en el primer semestre 31 457.6 kg de residuos y cosechó 27 515.70 kg de compost, en el segundo semestre generó 34 305.1 kg y cosechó 30 020.8 kg de compost. Siendo la producción anual de 57 536.6 kg de compost. Fuente: Registros CEFOP-Cajabamba 2019.

**Tabla 7**

*Características físicas del compost, CEFOP Cajabamba.*

Indicador	Unidad	Resultado
Color	-----	Negro
Olor	-----	A tierra
Textura	-----	Suelta granular
Humedad	%	44.3
Temperatura	°C	18

La tabla 7 muestra los resultados de la evaluación de las características físicas como color negro, olor a tierra, textura suelta granular, temperatura de 18 °C, y de la humedad. Fuente: Registros de CEFOP-Cajabamba.

**Tabla 8**

*Concentración de NPK en compost, CEFOP Cajabamba.*

Indicador	Unidad	Resultado
Nitrógeno (N)	%	2.4
Fósforo (P)	%	0.9
Potasio (K)	%	1.8
pH		7.6

La tabla 8 detalla los resultados de la concentración de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) de 2.4, 0.9 y 1.8 % respectivamente, y de pH (7.6). Fuente: Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

**Tabla 9**

*Comparación de resultados encontrados con la OMS y NCh, CEFOP Cajabamba.*

Indicador	Unidad	OMS (2021)	Bioagro (2011)	*NCh 2880 (2005) clase A	*NCh 2880 (2005) clase B	Resultado
Color	-----	-----	Marrón oscuro-negro	-----	-----	Negro
Olor	-----	-----	Sin olor desagradable	-----	-----	A tierra
Textura	-----	-----	Suelta Granular	-----	-----	Suelta Granular
Temperatura	°C		-----			18
pH		6 – 9	-----	5.0 – 8.5	5.0 – 8.5	7.6
Nitrógeno (N)	%	0.4- 3.5	-----	≥0.5	≥0.5	2.4
Fósforo (P)	%	0.3-1.8	-----	<5	-----	0.9
Potasio (K)	%	0.5-1.8	-----	>1	-----	1.8

La tabla 9 muestra la comparación de los resultados de las características físicas y de NPK del compost elaborado a base de residuos de la industria agrícola, ganadera y láctea en el CEFOP Cajabamba, con los rangos normales establecidos por Bioagro (2011), la OMS (2021), y la \*Norma Oficial Chilena NCh 2880 (Instituto Nacional de Normalización Chilena, 2005). En cuanto a las características físicas como olor, color y textura, se evidencia que concuerdan con las características normales establecidas por el autor Bioagro (2011). De igual manera, los valores de N (2.4 %), P (0.9 %) y K (1.8 %) se encuentran dentro de los valores establecidos por la OMS y la NCh 2880, así mismo los valores de pH (7.65).

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

La tabla 5 muestra que el CEFOP Cajabamba generó en un año 51 899.4 kg de estiércol, 5 197.9 litros de lactosuero y 8 665.4 kg de residuos de la industria agrícola, siendo un total de 65 762.7 kg de residuos. Según los datos publicados por LAIVE (2017), la producción láctea peruana ha venido creciendo a un ritmo de 4% anual, pasando de 950 mil toneladas por año en el 2000 a 1.95 millones de toneladas por año en el 2016, y es así que en el 2020, INDECOPI (2021) refiere que se produjeron 2 135 881 toneladas de leche fresca cruda, y de esta cantidad, el 46% se destina a la producción de quesos y derivados lácteos, además, Valencia y Ramírez (2009) indica que del 100% de la cantidad de leche procesada, el 90% corresponde a lactosuero, entonces, una industria quesera que produzca diariamente 400 000 litros de suero, produce una contaminación diaria aproximadamente a una población de 12 510 000 habitantes. Por otro lado, en cuanto al estiércol, el MINAM (2016) en el inventario nacional de gases de efecto invernadero, reportó que la gestión del estiércol produce 621.8 Gigagramos de dióxido de carbono equivalente ( $GgCO_2eq$ ), que representa el 3.21 % del sector agricultura. No obstante, actualmente se buscan tecnologías para el tratamiento de estos residuos, por lo que el CEFOP elaboró 57 536.6 kg de compost a base de estos residuos, tal como se muestra en la tabla 6, al respecto Olivares et al. (2012) menciona que la mezcla del estiércol con el suero de quesería es una opción interesante para su tratamiento de los mismos.

La tabla 9 evidencia, que según la OMS y la NCh 2880, los valores de NPK se encuentran dentro de los valores establecidos. Según Cabos et al. (2019) los macroelementos como Nitrógeno (N), Fósforo (P) y potasio (K), son los principales nutrientes para los vegetales, las plantas los requieren en grandes cantidades para su buen desarrollo. El

Nitrógeno (N), es necesario para la síntesis de clorofila, por lo tanto tiene un papel muy importante en el proceso de fotosíntesis, formación de proteínas, prótidos y albuminoides; el Fosforo (P) favorece la floración así como la maduración de los frutos, promueve el crecimiento de la planta además de fomentar perfume y dulzor del fruto; y el Potasio (K) es el responsable de la multiplicación celular y de la formación de tejidos más resistentes a la sequía y heladas, importante para el proceso de la fotosíntesis.

Así mismo, en la tabla 9 se observa que el valor del pH se encuentra dentro de los rangos establecidos por ambas fuentes. Según INTAGRI (2018), el pH es un indicador de la disponibilidad de los nutrientes en la solución del suelo, cuando el pH está por debajo de 6.5 la presencia de iones de aluminio afecta la solubilidad y disponibilidad de fosfato, sulfato. De igual forma, con pH ácido en el suelo se restringe la nitrificación y la descomposición de la materia orgánica. La solubilidad del fosfato también se ve afectada por un pH alcalino debido especialmente a la concentración elevada de calcio, con el cual se forman compuestos.

Esta información será de importancia para que el CEFOP sigan elaborando compost a base de residuos de la industria agrícola, ganadera y láctea, sin embargo, se recomienda que se realice estudios en la generación de gases durante el proceso de compostaje.

#### **4.2. Conclusiones**

La cantidad anual de residuos generados por el CEFOP Cajabamba fue de 51 899.4 kg de estiércol, 5 197.9 litros de lactosuero y 8 665.4 kg de residuos de la industria agrícola, siendo un total de 65 762.7 kg de residuos, del cual se obtuvo 57 536.6 kg de compost.

Las características físicas del compost fueron: Color negro, olor a tierra, textura suelta granular, temperatura de 18 °C y humedad de 44.3 %.

La concentración de Nitrógeno (2.4 %), Fósforo (0.9 %), Potasio (1.8 %) en compost obtenido de residuos de la industria agrícola, ganadera y láctea-CEFOP Cajabamba, cumple con los valores establecidos por la OMS y la NCh 2880.

## REFERENCIAS

- Acevedo, A., Leos, J., Figueroa, U., y Romo, J. (2017). Política ambiental: uso y manejo del estiércol en la Comarca Lagunera. [*Acta Universitaria, Universidad de Guanajuato Guanajuato, México*]. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41652788001>
- Acosta, W., & Peralta, M. (2015). *Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá*. [Tesis de grado, Universidad de Cundinamarca]. Recuperado de: <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/1234>
- Bailón, M., & Florida, N. (2021). Caracterización y calidad de los compost producidos y comercializados en Rupa Rupa - Huánuco. [*Revista Enfoque UTE, vol. 12, núm. 1, pp. 1-11, 2021*]. Recuperado de: [https://www.redalyc.org/journal/5722/572264961001/html/#redalyc\\_572264961001\\_ref20](https://www.redalyc.org/journal/5722/572264961001/html/#redalyc_572264961001_ref20)
- Barrera, V. (2017). Diseño de un proceso a escala industrial para la obtención de un fertilizante biodegradable a partir del lactosuero. [*Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias*]. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7897/1/96T00411.pdf>
- Bioagro S.R.L. (2011). Empresa de Elaboración de Humus y Compost. *Ciudad del Plata. Ruta 1 Km. 30.500. San José. Oficina central: Br. Gral Artigas 1919/203. Montevideo – Uruguay.*
- Cabos, J., Bardales, C., León, C., & Gil, L. (2019). Evaluación de las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del biol y biosol obtenidos a partir de estiércol de ganado vacuno en un biodigestor de geomembrana de policloruro de vinilo.

- [Arnaldoa vol.26 no.3 Trujillo set./dic. 2019]. Recuperado de:  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S241332992019000300021&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S241332992019000300021&script=sci_arttext)
- Cairo, P., & Álvarez, U. (2017) Efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soja. [Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Cuba]. Recuperado de: [https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269150990005\\_2](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269150990005_2)
- Chávez, A., & Rodríguez, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. [Universidad Militar Nueva Granada – UMNG]. Recuperado de: <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>
- Cury, R., Aguas, M., Martínez, M., Olivero, V., & Chams, Ch. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. [Revista Colombiana de Ciencia]. Recuperado de: <https://www.recia.edu.co/index.php/recia/article/view/530>
- Escobar, M., Sanchez, J., & Azero, M. (2012). Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani. [RevActaNova. v.5 n.3] Recuperado de: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S168307892012000100004](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S168307892012000100004)
- FAO (2013). Manual de compostaje del agricultor. [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura]. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>
- Hernández, A., Real, N., Delgado, M., Bautista, L., & Velasco, J. (2016). Residuos agroindustriales con potencial de compostaje. [Agroproductividad. Colegio de

*Postgraduados Campus Córdoba*]. Recuperado de:  
<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/795-Otro-1465-1-10-20180817.pdf>

INDECOPI (2021). Informe de Lanzamiento del Estudio de Mercado sobre el Sector Lácteo en el Perú – octubre 2021. Recuperado de:  
<https://www.indecopi.gob.pe/documents/51771/6194832/Informe+Lanzamiento+Leche/4e4de918-4f25-ad5f-e014-80e13be3b682>

MINAM (2016). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2016 y actualización de las estimaciones de los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014. Recuperado de:  
[https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/06/Resumen-Ejecutivo-INGEI-2016\\_Logos.pdf](https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/06/Resumen-Ejecutivo-INGEI-2016_Logos.pdf)

Instituto Nacional de Normalización. (2005). Norma Chilena de Calidad de Compost (Norma oficial chilena 2880).

Laive. (2017). Estructura de la oferta láctea en el Perú. Recuperado de:  
[https://lampadia.com/assets/uploads\\_documentos/images/477b7-estructura-de-la-oferta-lactea-en-el-peru.pdf](https://lampadia.com/assets/uploads_documentos/images/477b7-estructura-de-la-oferta-lactea-en-el-peru.pdf)

López, C., Mendieta, C., López, A., & Pérez, S. (2008). Proceso para el tratamiento de residuos ganaderos en la isla de gran canaria. [*Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales*]. Recuperado de:  
<http://www.redisa.net/doc/artSim2008/tratamiento/A13.pdf>

Mazorra, M., & Moreno, J. (2019). Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal. [*Revista ciencia UAT. Universidad Autónoma de Tamaulipas*]. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441962430010>.



- Muñoz, N. (2015). *Valorización de Residuos de la Industria Agroalimentaria. Codigestión de estiércol de vacuno lechero y suero de quesería*. [Tesis de grado. Universidad de Cantabria]. Recuperado de: <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/7919>
- Olivares, M., Hernández, A., Vences, C., Jáquez, J., & Ojeda, D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. [*Universidad y Ciencia*]. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S018629792012000100003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018629792012000100003)
- Ortiz, L. (2020). *Efecto del tipo de estiércol y frecuencia de aireación (volteo) en el comportamiento del proceso de compostaje*. [Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria la Molina]. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4430#:~:text=El%20uso%20del%20esti%C3%A9rcol%20de,org%C3%A1nica%20del%20compost%3B%20por%20lo>
- Oviedo, E. Marmolejo, Torres (2017). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. Universidad Nacional Autónoma de México. *Recuperado de:* <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40449649003>
- Poveda, E. (2013). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. [*Revista Chilena de Nutrición, vol. 40, núm. 4, diciembre-, 2013, pp. 397-403*]. Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y Toxicología. Santiago, Chile

Roben, E. (2002). Manual de Compostaje Para Municipios. [*DED/ Ilustre Municipalidad de Loja*]. Recuperado de:

<http://www.resol.com.br/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf>

Rojas, A., Montaña, L., & Bastidas, M. (2015). Producción de ácido láctico a partir del lactosuero utilizando *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. *Grupo Energías Alternativas y Biomasa (GEAB), Universidad Popular del Cesar, Sede Hurtado. Grupo Desarrollo de Estudios y Tecnologías Ambientales del Carbono, Universidad de La Guajira, km 5 vía a Maicao*. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v44n3/v44n3a01.pdf>

Supo, J. (2014). *Metodología de la investigación científica para las ciencias de la salud*. Recuperado de: <http://seminariosdeinvestigacion.com/sinopsis>

Valencia, E. & Ramírez, M. (2009). La industria de la leche y la contaminación del agua. *Rev. Elementos: Ciencia y cultura, Vol. 16, Núm. 73. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla México* recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/294/29411996004.pdf>

## ANEXOS



*Figura 5. Formación de la pila.*



*Figura 6. Pilas formadas.*



*Figura 7. Manejo de pila.*



*Figura 8. Volteos.*



*Figura 9. Riego de pilas.*



*Figura 10. Tapado de pilas.*



*Figura 11. Análisis de pH.*



*Figura 12. Test de la vara.*



*Figura 13. Toma de temperatura.*