



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y  
FORESTAL**

**TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS ORGÁNICOS  
MUNICIPALES USANDO LARVAS DE MOSCA DOMÉSTICA  
(*Musca domestica* L.) EN LA CIUDAD DE JULIACA -  
REGIÓN PUNO, 2019**

**Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental y Forestal**

**presentado por:**

**Bach. Reynaldo Salas Sucaticona**

**Director: Dr. José Luis Pineda Tapia**

**Asesor: M.Sc. Ebed David Paredes Rodríguez**

**Co-Asesor: Dr. Jhon Saul Rojas Mamani**



**Juliaca – Perú**

**2019**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y  
FORESTAL**

**TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS ORGÁNICOS  
MUNICIPALES USANDO LARVAS DE MOSCA DOMÉSTICA  
(*Musca domestica* L.) EN LA CIUDAD DE JULIACA -  
REGIÓN PUNO, 2019**

**Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental y Forestal**

presentado por:

**Bach. Reynaldo Salas Sucaticona**

Director: Dr. José Luis Pineda Tapia

Asesor: M.Sc. Ebed David Paredes Rodriguez

Co-Asesor: Dr. Jhon Saul Rojas Mamani



**Juliaca – Perú  
2019**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA  
VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y  
FORESTAL

**TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS ORGÁNICOS  
MUNICIPALES USANDO LARVAS DE MOSCA  
DOMÉSTICA (*Musca domestica* L.) EN LA CIUDAD DE  
JULIACA - REGIÓN PUNO, 2019**

Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental y Forestal

Presentado por:

**Bach. Reynaldo Salas Sucaticona**

Director: Dr. José Luis Pineda Tapia

Asesor: M.Sc. Ebed David Paredes Rodríguez

Co-Asesor: Dr. Jhon Saul Rojas Mamani

Juliaca – Perú

2019

Salas, R. (2019) *Tratamiento biológico de residuos orgánicos municipales usando larvas de mosca doméstica (Musca domestica L.) en la ciudad de Juliaca - Región Puno, 2019.* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Juliaca.

**AUTOR:** Reynaldo Salas Sucaticona

**TÍTULO:** Tratamiento biológico de residuos orgánicos municipales usando larvas de mosca doméstica (*Musca domestica* L.) en la ciudad de Juliaca - Región Puno, 2019.

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2019

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (128 pp)

**NOTA:** Tesis Escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal - Universidad Nacional de Juliaca.

**CÓDIGO:** 03-00002-02/S1612

**NOTA:** Incluye bibliografía.

**ASESOR:** M.Sc. Ebed David Paredes Rodríguez

**PALABRAS CLAVE:**

Índice de reducción, larva, *Musca domestica* L., residuo orgánico municipal, tratamiento biológico.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL**

**“TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS ORGÁNICOS MUNICIPALES USANDO  
LARVAS DE MOSCA DOMÉSTICA (*Musca domestica* L.) EN LA CIUDAD DE  
JULIACA - REGIÓN PUNO, 2019”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL

**Presentada por:**

Bach. Reynaldo Salas Sucaticona

**Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:**

Dr. Wile Mamani Navarro  
**PRESIDENTE**



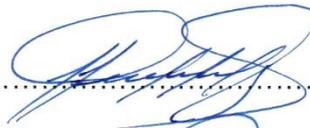
M.Sc. Edgar Pelinco Ruelas  
**PRIMER JURADO**



M.Sc. Hugo Apaza Aquino  
**SEGUNDO JURADO**



Dr. José Luis Pineda Tapia  
**DIRECTOR DE TESIS**



M.Sc. Ebed David Paredes Rodriguez  
**ASESOR DE TESIS**



Dr. Jhon Saul Rojas Mamani  
**CO-ASESOR DE TESIS**



## DEDICATORIA

*A mis padres Vidalio y Lila, por su apoyo moral e incondicional y aliento para el logro de esta meta, que representó para mí una experiencia muy valiosa en el ámbito personal y profesional.*

*A todas las personas que se involucraron de alguna manera en el desarrollo de esta investigación, por su sabiduría y sencillez.*

## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional de Juliaca, por brindarme las herramientas necesarias en mi formación profesional y por todo el apoyo que me brindó esta casa superior de estudios.*

*A los docentes de la Escuela Profesional Ingeniería Ambiental y Forestal, quienes me impartieron sus conocimientos para el desarrollo de la presente tesis.*

*A mi director de tesis Dr. José Luis Pineda Tapia, por su asesoramiento y apoyo en la realización de esta investigación.*

*A mi Asesor de tesis M.Sc. Ebed David Paredes Rodríguez, por su asesoramiento y sugerencias en la realización de la presente investigación.*

*A mi Co-Asesor de tesis Dr. Jhon Saul Rojas Mamani, por su asesoramiento y motivación en la realización de la presente investigación.*

*A los miembros del jurado, por su motivación, interés y crítica, necesarios para la realización de la presente investigación. Un especial agradecimiento por este privilegio.*

*Por último, a todas las personas, quienes han formado parte de mi vida profesional, a quienes me encantaría agradecerles, por su amistad, consejos y apoyo.*

*Reynaldo Salas Sucaticona*

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	xvii

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Pág.

1.1.	Situación problemática .....	19
1.2.	Preguntas de la investigación científica .....	20
1.2.1.	Pregunta general .....	20
1.2.2.	Preguntas específicas .....	20
1.3.	Objetivos de la investigación científica .....	21
1.3.1.	Objetivo general .....	21
1.3.2.	Objetivos específicos .....	21
1.4.	Hipótesis de investigación científica .....	21
1.4.1.	Hipótesis general .....	21
1.4.2.	Hipótesis Específicas .....	22
1.5.	Justificación .....	22
1.6.	Contexto de la investigación .....	24
1.6.1.	Ámbito espacial .....	24
1.6.2.	Ámbito de Investigación .....	24
1.6.3.	Ámbito Temporal .....	24
1.7.	Limitaciones de la investigación .....	25

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación .....	26
2.1.1	A nivel internacional .....	26
2.1.2	A nivel local .....	29
2.2	Bases teóricas .....	29
2.2.1	Residuos sólidos .....	29
2.2.2	Clasificación de residuos sólidos .....	30
2.2.3	Características de los residuos sólidos orgánicos .....	31
2.2.4	Clasificación de residuos sólidos orgánicos .....	32

2.2.5	Importancia de los residuos orgánicos.....	32
2.2.6	Valorización de residuos sólidos municipales.....	32
2.2.7	Impactos ambientales de los residuos sólidos municipales.....	33
2.2.8	Tratamientos de residuos orgánicos.....	34
2.2.9	Degradación de residuos orgánicos municipales.....	35
2.2.10	Beneficios del aprovechamiento de los residuos orgánicos.....	36
2.3	Mosca doméstica ( <i>Musca domestica</i> L.).....	36
2.3.1	Características.....	36
2.3.2	Distribución y origen.....	37
2.3.3	Taxonomía.....	37
2.3.4	Ciclo vital.....	37
2.3.5	Biología y comportamiento.....	40
2.3.6	Valor nutricional.....	40
2.3.7	Composición y efectividad como sustituto nutricional.....	40
2.3.8	Variables para examinar el consumo de alimentos.....	41
2.3.9	Variables para examinar la tasa de crecimiento.....	42

CAPITULO III  
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Ámbito de estudio.....	43
3.2	Materiales y equipos.....	44
3.2.1	Materiales y equipos.....	44
3.2.2	Reactivos.....	44
3.3	Población y muestra.....	44
3.3.1	Población.....	44
3.3.2	Muestra.....	44
3.4	Obtención de la información.....	45
3.4.1	Determinación del índice de degradación de residuos sólidos.....	45
3.4.2	Determinación de la tasa de crecimiento de las larvas de mosca doméstica.....	50
3.4.3	Cálculo del contenido proteico de las larvas de mosca doméstica.....	51
3.5	Análisis estadístico.....	53
3.5.1	Modelo estadístico asociado al diseño.....	53
3.5.2	Transformación angular.....	53

3.6	Variables de la investigación .....	53
3.6.1	Variable independiente .....	53
3.6.2	Variable dependiente .....	53
3.7	Parámetros de las variables .....	54
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	Degradación de residuos sólidos.....	55
4.1.1	Índice de reducción de residuos sólidos orgánicos.....	57
4.1.2	Eficiencia de conversión de los alimentos ingeridos (ECI) .....	59
4.2	Tasas de crecimiento de larvas de mosca doméstica .....	61
4.2.1	Incremento en longitud de larvas de mosca doméstica .....	61
4.2.2	Incremento en peso de larvas de mosca doméstica .....	65
4.2.3	Concentración final de pH.....	67
4.2.4	Mortalidad y supervivencia de larvas de mosca doméstica.....	68
4.3	Contenido nutricional de larvas de mosca doméstica .....	70
CONCLUSIONES .....		76
RECOMENDACIONES .....		77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		78
ANEXOS .....		87

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de residuos sólidos según su origen .....	30
Tabla 2. Clasificación de residuos sólidos según su origen y tipo de residuo .....	31
Tabla 3. Factores ambientales impactados por el inadecuado manejo de los residuos sólidos .....	33
Tabla 4. Principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca .....	43
Tabla 5. Muestra de residuos orgánicos municipales .....	45
Tabla 6. Condiciones del proceso de experimentación en laboratorio .....	47
Tabla 7. Método de ensayo aplicado para el análisis de nutrientes en larvas de mosca doméstica	52
Tabla 8. Variables dependientes de investigación .....	54
Tabla 9. Degradación efectiva y total de residuos sólidos .....	55
Tabla 10. Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) índice de reducción de residuos sólidos (WRI) .....	57
Tabla 11. Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) eficiencia de conversión de alimentos ingeridos (ECI).....	60
Tabla 12. Tasa de crecimiento absoluta (TAC), relativa (TRC) y específica (TEC) absoluta en longitud total (mm) de larvas de mosca doméstica.....	62
Tabla 13. Análisis estadístico de las tasas de crecimiento de larvas (Prueba de Tukey) - Tasa de crecimiento absoluta (TAC), relativa (TRC) y específica (TEC) en peso y longitud .....	64
Tabla 14. Tasa de crecimiento absoluta (TAC), relativa (TRC) y específica (TEC) en peso (mg) de larvas de mosca doméstica.....	65
Tabla 15. Concentración final de PH en sustratos utilizados .....	67
Tabla 16. Porcentaje de mortalidad y supervivencia de larvas de mosca doméstica.....	69
Tabla 17. Análisis nutricional de larvas secas de mosca doméstica.....	70
Tabla 18. Comparación del análisis proximal de la harina obtenida de larvas de mosca doméstica y los datos reportados por Sheppard et al. (2002) y Arango et al. (2004) .....	73
Tabla 19. Comparación del análisis proximal entre la harina de las larvas de mosca doméstica y la composición bromatológica de la harina de pescado .....	74
Tabla 20. Comparación del análisis proximal entre la harina de las larvas de mosca doméstica y los datos reportados por Sheppard et al. (2002) y Hussein et al. (2017).....	75

## ÍNDICE DE FIGURA

	Pág.
Figura 1. Ciclo de vida de la mosca doméstica: adaptado de Tabares & Ruiz (2015). .....	39
Figura 2. Método de cuarteo para obtener la muestra de residuos sólidos: adaptado de la guía metodológica para el desarrollo de EC-RSM, MINAM, 2015.....	46
Figura 3. Diagrama de flujo para la determinación del índice de reducción de residuos (WRI).....	49
Figura 4. Diagrama de flujo para la determinación de tasas de crecimiento de larvas de mosca doméstica. ....	50
Figura 5. Diagrama de flujo para la determinación de contenido nutricional de larvas de mosca doméstica. ....	52
Figura 6. Degradación efectiva de larvas de mosca. ....	56
Figura 7. Índice de reducción de residuos sólidos orgánicos .....	58
Figura 8. Eficiencia en la conversión de alimentos ingeridos.....	60
Figura 9. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) – longitud.....	63
Figura 10. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) – peso. ....	66
Figura 11. Contenido de proteína y grasa en larvas secas de mosca doméstica. ....	71
Figura 12. Humedad y cenizas en larvas secas de mosca doméstica.....	72
Figura 13. Calcio y fósforo en larvas secas de mosca doméstica. ....	72
Figura 14. Selección de larvas de mosca. ....	122
Figura 15. Pesado de larvas de mosca. ....	122
Figura 16. Residuos orgánicos de mercado, restaurante y domiciliario. ....	122
Figura 17. Trituración de residuos orgánicos. ....	123
Figura 18. Pesado de residuos orgánicos triturados. ....	123
Figura 19. Inoculación de larvas de mosca doméstica en el sustrato preparado. ....	124
Figura 20. Evaluación de la talla y peso de las larvas. ....	124
Figura 21. Acondicionamiento de residuos orgánicos de mercado. ....	125
Figura 22. Acondicionamiento de residuos orgánicos de restaurante. ....	125
Figura 23. Acondicionamiento de residuos orgánicos domiciliarios.....	125
Figura 24. Vista general de las unidades experimentales. ....	126
Figura 25. Acondicionamiento de las muestras. ....	126

Figura 26. Evaluación de las muestras. ....	127
Figura 27. Selección de larvas luego del proceso de experimentación. ....	127
Figura 28. Lavado de larvas de mosca domésticas. ....	128
Figura 29. Secado de larvas de mosca doméstica a previo al análisis de nutriente. ....	128

## ÍNDICE DE ANEXO

	Pág.
ANEXO 1. Principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca - puntos de muestreo .....	88
ANEXO 2. Degradación de residuos sólidos a través de larvas de mosca doméstica .....	89
ANEXO 3. Determinación de índice de reducción de residuos sólidos (WRI). .....	90
ANEXO 4. Determinación de la eficiencia de conversión de los alimentos ingeridos (ECI). .....	91
ANEXO 5. Peso (g) y talla (cm) de larvas de mosca doméstica pre – tratamiento.....	92
ANEXO 6. Peso (g) y talla (cm) de larvas de mosca doméstica post – tratamiento .....	93
ANEXO 7. Determinación de la ganancia en peso (g) de larvas de mosca doméstica .....	94
ANEXO 8. Determinación del crecimiento absoluto de larvas de mosca doméstica .....	95
ANEXO 9. Determinación de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de las larvas de mosca doméstica - longitud .....	96
ANEXO 10. Determinación Tasa absoluta de crecimiento (TAC) de las larvas de mosca doméstica - peso .....	97
ANEXO 11. Determinación del crecimiento relativo (CR) en longitud de larvas de mosca doméstica. .....	98
ANEXO 12. Determinación tasa relativa de crecimiento (TRC) de larvas de mosca doméstica - longitud. ....	99
ANEXO 13. Determinación del crecimiento relativo (CR) en peso larvas de mosca doméstica .....	100
ANEXO 14. Determinación de la tasa relativa de crecimiento (TRC) de larvas de mosca doméstica – peso. ....	101
ANEXO 15. Determinación de la tasa específica de crecimiento (TEC) en longitud de larvas de mosca doméstica.....	102
ANEXO 16. Determinación de la tasa específica de crecimiento (TEC) en peso de larvas de mosca doméstica.....	103
ANEXO 17. Tasa de mortalidad, supervivencia y transformación de larvas de mosca doméstica.	104
ANEXO 18. Características de los residuos orgánicos .....	105
ANEXO 19. Matriz de selección del atrayente de mosca doméstica .....	105
ANEXO 20. Diseño y tipo de experimentación de la investigación .....	106
ANEXO 21. Análisis de supuestos - prueba de normalidad y homogeneidad de varianza .....	107
ANEXO 22. Análisis de supuestos - prueba de homogeneidad de varianza.....	109

ANEXO 23. Análisis estadístico - índice de reducción de residuos (WRI), eficiencia de conversión de alimentos (ECI) y tasas de crecimiento (TAC, TRC, TEC).....	110
ANEXO 24. Informe de ensayo sobre contenido metales totales (Calcio y Fósforo) en larvas de mosca doméstica.....	116
ANEXO 25. Informe de ensayo sobre contenido de humedad, cenizas, grasas y proteínas en larvas de mosca doméstica.....	120
ANEXO 26. Vista general de la metodología .....	121
ANEXO 27. Panel fotográfico.....	122

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

MO	: Materia orgánica
TEC	: Tasa específica de crecimiento
TAC	: Tasa absoluta de crecimiento
TRC	: Tasa relativa de crecimiento
CR	: Crecimiento relativo
CA	: Crecimiento absoluto
WRI	: Índice de reducción de residuos sólidos (por sus siglas en inglés)
ECI	: Eficiencia en la conversión de alimentos ingeridos
RO	: Residuo orgánico
RM	: Residuo de mercado
RR	: Residuos de restaurante
RD	: Residuo domiciliario
pH	: Potencial de hidrogeno
Y1	: Longitud y/o Peso inicial
Y2	: Longitud y/o Peso final
T1, T2, T3	: Tratamientos
D1, D2, D3	: Número de días
T°	: Temperatura
HR°	: Humedad relativa
mm	: Milímetro

cm	: Centímetro
mg	: Miligramo
g	: gramo
ln	: Logaritmo natural
C/N	: Carbono/Nitrógeno
NTP	: Norma Técnica Peruana
CCA	: Comisión para la Cooperación Ambiental
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
MINAM	: Ministerio del Ambiente
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
MPSR	: Municipalidad provincial de San Román
EC-RSM	: Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales
INACAL	: Instituto Nacional de Calidad
DCA	: Diseño completamente al azar
$H_0$	: Hipótesis nula
$H_1$	: Hipótesis alterna
CV	: Coeficiente de variabilidad

## RESUMEN

En el presente estudio de tipo experimental se determinó la eficacia de larvas de mosca doméstica (*Musca doméstica* L.) en la degradación de residuos orgánicos de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca, región Puno. Se muestrearon 48 kg de residuos orgánicos de manera aleatoria, el material fue dividido en 9 unidades experimentales, distribuidas en grupos de 3 unidades; cada grupo de unidad fue sometido a diferentes tratamientos en relación al diseño completamente aleatorio: T1: residuos mercado (RM), T2: residuos de restaurante (RR) y T3: residuos domiciliarios (RD); seguidamente se estimó el índice de reducción, las tasas de crecimiento y el contenido proteico mediante la espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP - OES), de los resultados, los índices de reducción (WRI) fueron significativamente diferentes en todos los tratamientos ( $p < 0.05$ ), los residuos domiciliarios (RD) presentaron un índice de reducción de 1.167 %/día siendo este el mejor tratamiento; sin embargo la eficiencia de conversión de alimentos ingeridos (ECI) no presentó diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), sin embargo el incremento de longitud y peso de larvas de mosca doméstica, las tasas de crecimiento absoluta (TAC), relativa (TRC) y específica (TEC) fueron significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) en todos los tratamientos, donde el incremento máximo diario de longitud y peso se evidenció en residuos domiciliarios (RD) con 0.333 mm/día y 2.254 mg/día respectivamente, en relación al contenido proteico de las larvas, este contiene un alto potencial como sustituto nutricional, el mayor contenido de proteínas y grasas se encontró en larvas alimentadas con residuos de mercado (RM) con un valor de 61.7 % y 23.74 % respectivamente. Finalmente, se concluye que las larvas de mosca doméstica son eficaces en la degradación de residuos orgánicos, a mayor grado de reducción de residuos orgánicos, mayor son las tasas de crecimiento de las larvas (TAC), (TRC) y (TEC), y mayor es el índice de reducción de residuos.

Palabras clave: Índice de reducción, larva, *Musca doméstica* L., residuo orgánico municipal, tratamiento biológico.

## INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos sólidos orgánicos a nivel mundial se considera como uno de los problemas ambientales más graves e inmediatos que enfrentan los países en vías de desarrollo (Vitorino de Souza et al., 2017), factores como el crecimiento demográfico, la migración a zonas urbanas, el desarrollo industrial, empresarial, el consumo y la mejora de la calidad de vida, han incrementado la generación de residuos sólidos (Guerrero et al., 2013; Scheinberg et al., 2015; Modak, 2015 ), según el informe del Banco Mundial estima que en la actualidad 1,3 mil millones de toneladas de residuos se generan al año en todo el mundo; y en 2025 esta cantidad se incrementará a 2,2 mil millones de toneladas por año (Hoorweg & Bhada, 2012), Perú no es la excepción ya que en la actualidad la mayoría de estos residuos carecen de tratamiento y disposición adecuada, poniendo en riesgo al ambiente y la salud de las personas (OEFA, 2015), el Registro Nacional de Municipalidades 2015, informa que las municipalidades recogieron un promedio diario a nivel nacional de 22 390 toneladas de residuos sólidos, donde el 76.3 % de residuos sólidos recolectados son dispuestos en los botaderos a cielo abierto (INEI, 2016), la ciudad de Juliaca no se encuentra excluida de esta realidad, donde gran parte de sus residuos sólidos son dispuestos en el botadero temporal de Chilla (MPSR, 2015).

Los residuos orgánicos representan la mayor fuente de generación de lixiviados y gases de efecto invernadero, involucrando problemas altamente técnicos que necesitan ser resueltos (Torretta et al., 2016), su acumulación está alcanzando niveles críticos en casi todas las regiones del mundo, es por ello que los residuos orgánicos requieren ser manejados de manera sostenible para minimizar el riesgo para la salud humana, reducir las cargas ambientales y mantener un equilibrio general en el ecosistema (Khalid et al., 2011; Mertenat et al., 2019).

Por consiguiente, investigaciones realizadas plantearon alternativas para abordar los problemas del tratamiento de residuos orgánicos (Salomone et al., 2017; Wilson, 2015), dichos hallazgos demostraron que los residuos orgánicos cuentan con un alto potencial para ser valorizado a través de tratamientos biológicos, dado que los residuos orgánicos pueden transformarse en productos finales, como enmiendas agrícolas, energía y proteínas (Lohri et al., 2017), el tratamiento biológico o bioconversión es una alternativa

para el tratamiento de residuos orgánicos a través de larvas de insectos capaces de digerir residuos orgánicos reduciendo su volumen en un 50–80% (Lohri et al., 2017), las larvas pueden procesarse y utilizarse como sustituto nutritivo en la alimentación convencional animal (Henry et al., 2015 ) y los residuos pueden compostarse y usarse como enmienda agrícola (Diener et al., 2009).

La presente investigación tiene como propósito el desarrollo de nuevas técnicas de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos y permite establecer ventajas ambientales y económicas de procesos alternativos que conduzcan a un mejoramiento ambiental en diversas áreas (Makkar et al., 2014; Smetana et al., 2016; Surendra et al., 2016). Por tanto, la aplicación de sus resultados se enfoca en dos campos principales, el primero tiene un enfoque ambiental ya que implica una disminución en el volumen de los residuos orgánicos generados por las diferentes actividades, generando un aprovechamiento de los mismos al ser utilizados como alimento para las larvas (Lohri et al., 2017); el segundo tiene un enfoque económico, ya que implica la producción de larvas rica en nutrientes para su posterior uso como materia prima en la producción de alimento para animales de corral principalmente, aumentando la rentabilidad del sistema (Salomone et al., 2017), esta alternativa con las larvas provee un servicio de tratamiento de residuos ideal, ya que se pueden criar y cosechar de forma simple, económica y contribuyen a reducir significativamente el potencial contaminante del residuo. Por consiguiente, los resultados obtenidos de este estudio pueden ser útiles en el pilotaje y el aumento de escala de la tecnología reducir de forma efectiva la dependencia de botaderos a cielo abierto, ambientalmente beneficiará por la disminución de residuos orgánicos y preservación de los recursos naturales, la disminución de los focos de contaminación, logrando así un ambiente más sano; y económicamente la población se beneficiará del valor económico de los productos obtenidos.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Situación problemática**

El manejo de los residuos sólidos a nivel mundial, se constituye como un problema creciente, generalmente para ciudades en crecimiento (Vitorino de Souza et al., 2017), la concentración de población en las zonas urbanas, el desarrollo ineficaz del sector industrial y/o empresarial, los cambios en patrones de consumo y las mejoras del nivel de vida, entre otros, han incrementado la generación de residuos sólidos en ciudades (Guerrero et al., 2013; Scheinberg et al., 2015; Wilson, 2015), según el informe del Banco Mundial estima que en la actualidad 1,3 mil millones de toneladas de residuos se generan al año en todo el mundo; y en 2025 esta cantidad se incrementará a 2,2 mil millones de toneladas por año (Hoorweg & Bhada, 2012).

En el Perú, la mayoría de estos residuos carecen de tratamiento y disposición adecuada, poniendo en riesgo al ambiente y la salud de las personas (OEFA, 2015), según el Registro Nacional de Municipalidades 2015, informa que las municipalidades recogieron un promedio diario a nivel nacional de 22 390 toneladas de residuos sólidos, lo que representa una recolección por habitante de 0,7 kg. El destino final del 76,3 % de residuos sólidos recolectados por las municipalidades son los botaderos a cielo abierto (INEI, 2016), entre los principales factores que generan esta lamentable situación se tiene; la carencia de recursos económicos destinados al manejo y gestión de residuos sólidos, la educación de la población, la carencia de instrumentos de gestión y planificación en materia de residuos sólidos (MPSR, 2015).

En la ciudad de Juliaca se recogen 169.30 ton/día de residuos con una generación percapita de 0.71 kg/hab/día, del total de residuos generados el 40% representa los residuos orgánicos generados por domicilios y mercados de

abasto de la ciudad de Juliaca (MPSR, 2015), estos son dispuestos en un botadero temporal ubicado aproximadamente a 5 km de distancia de la población en el sector Chilla, generando una gran problemática al llegar a vertederos municipales, ya que atraviesan procesos biológicos de descomposición generando gran cantidad de gases de efecto invernadero y lixiviados, los cuales contaminan suelos, agua y aire (Kazuva et al., 2019), convirtiéndose en un foco infeccioso de diversas enfermedades y afectando la salud y calidad de vida de la población (MPSR, 2015), enfermedades como parasitosis y diarreas son transmitidas por vectores, mientras que las enfermedades de piel, conjuntivitis, respiratorias y alergias son transmitidas por gases y material particulado producto de la incineración de residuos y los olores emanados resultado de la acumulación de residuos (Plaza y Zapata, 2011). Además, los residuos sólidos orgánicos al ser más húmedos y densos dificultan su recolección, transporte, tratamiento y acorta la vida útil de los equipos (Torretta et al., 2016).

La presente investigación pretende optimizar procesos para el manejo de residuos orgánicos municipales con larva mosca doméstica (*Musca domestica* L.), a fin de lograr un procesamiento continuo y eficaz., el cual permita establecer ventajas ambientales y económicas de procesos alternativos que conduzcan a un mejoramiento ambiental.

## **1.2. Preguntas de la investigación científica**

### **1.2.1. Pregunta general**

- ¿Cuál es la eficacia del tratamiento biológico de residuos orgánicos municipales como fuente proteica alternativa usando larvas de mosca doméstica (*Musca domestica* L.) en la ciudad de Juliaca?

### **1.2.2. Preguntas específicas**

- ¿Cuál es el índice de reducción de residuos a través de las larvas utilizando como sustratos residuos orgánicos de mercados, domiciliarios y restaurantes en el ámbito de influencia de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca?

- ¿Cuál es la tasa de crecimiento de las larvas utilizando como sustratos residuos orgánicos de mercados, domiciliarios y restaurantes en el ámbito de influencia de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca?
- ¿Cuál es el contenido proteico de las larvas obtenidas de la degradación de residuos orgánicos utilizando como sustratos residuos orgánicos de mercados, domiciliarios y restaurantes en el ámbito de influencia de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca?

### **1.3. Objetivos de la investigación científica**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar la eficacia del tratamiento biológico de residuos orgánicos municipales como fuente proteica alternativa usando larvas de mosca doméstica (*Musca domestica* L.) en la ciudad de Juliaca.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Estimar el índice de reducción de residuos a través de larvas utilizando como sustratos residuos orgánicos de mercados, domiciliarios y restaurantes en el ámbito de influencia de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca.
- Determinar la tasa de crecimiento de las larvas utilizando como sustratos residuos orgánicos de mercados, domiciliarios y restaurantes en el ámbito de influencia de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca.
- Calcular el contenido proteico de las larvas obtenidas de la degradación de residuos orgánicos en relación a los sustratos orgánicos de mercados, domiciliarios y restaurantes en el ámbito de influencia de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca.

### **1.4. Hipótesis de investigación científica**

#### **1.4.1. Hipótesis general**

- Los residuos orgánicos municipales son degradados eficazmente a través de las larvas de mosca doméstica (*Musca domestica* L.) y contiene un alto potencial como sustituto nutricional, en la ciudad de Juliaca.

#### **1.4.2. Hipótesis Específicas**

- El índice de reducción de residuos orgánicos en cada sustrato es diferente y varía en relación directa al tipo de sustrato orgánico aplicado en el ámbito de influencia de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca.
- La tasa de crecimiento de las larvas en cada sustrato es diferente y varía en relación directa al tipo de sustrato orgánico aplicado en el ámbito de influencia de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca.
- El contenido proteico de las larvas obtenidas de la degradación de residuos orgánica de mercado contiene un alto potencial como sustituto nutricional y varía en relación directa al tipo de sustrato aplicado en el ámbito de influencia de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca.

#### **1.5. Justificación**

Uno de los principales problemas a nivel mundial es la inadecuada gestión de los residuos sólidos, se constituye como un problema creciente, que se ha visto incrementado debido a factores como: el crecimiento demográfico, la migración a zonas urbanas, el desarrollo industrial y empresarial, los cambios en el consumo y la mejora de la calidad de vida, generando una problemática ambiental que rompe con el equilibrio dinámico (Guerrero et al., 2013; Scheinberg et al., 2015; Wilson, 2015), en la actualidad los residuos orgánicos representan la mayor fuente de generación de lixiviados y gases de efecto invernadero (Torretta et al., 2016), afectando la calidad de vida de la población y el medio ambiente (Plaza y Zapata, 2011), la ciudad de Juliaca no es ajena a esta realidad, dado que los residuos orgánicos constituyen el 40 % del total de los residuos sólidos producidos diariamente en la ciudad de Juliaca (MPSR, 2015), por otra parte los residuos orgánicos pueden ser tratados con tecnologías ecológicas, económicas y rentables (Salomone et al., 2017), por tal motivo diversas investigaciones demostraron que una forma eficiente de aprovechar los residuos orgánicos, es alimentar a las larvas de mosca con residuos orgánicos, reduciendo la materia orgánica y obteniendo biomasa rica en nutrientes (Lohri et al., 2017).

La presente investigación tiene como propósito la generación de una propuesta de mejora para el manejo de residuos orgánicos municipales y explorar la viabilidad de una tecnología ecológica para ayudar en la reducción y aprovechamiento de residuos orgánicos generados por la población local y beneficiarse del valor económico de los productos obtenidos (Lohri et al., 2017). Además permite desarrollar nuevas técnicas de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos y establecer ventajas ambientales y económicas de procesos alternativos que conduzcan a un mejoramiento ambiental en diversas áreas, como lo es la de producción de alimentos para animales en donde la obtención y uso de materias primas supone altos costos para las empresas (Makkar et al., 2014; Smetana et al., 2016), por tanto la aplicación de sus resultados se enfoca en dos campos principales, el primero tiene un enfoque ambiental ya que implica una disminución en el volumen de los residuos orgánicos generados por las diferentes actividades (Lohri et al., 2017), lo cual supone un aprovechamiento de los mismos al ser utilizados como alimento para las larvas; el segundo tiene un enfoque económico, ya que implica la producción de larvas rica en nutrientes para su posterior uso como materia prima en la producción de alimento para animales de corral principalmente en relación a las características nutricionales que esta presenta (Salomone et al., 2017). Por consiguiente, los resultados obtenidos de este estudio podrían ser útiles en el pilotaje y el aumento de escala de la tecnología reducir de forma efectiva la dependencia de botaderos a cielo abierto, ambientalmente beneficiara por la disminución de residuos orgánicos y preservación de los recursos naturales, la disminución de los focos de contaminación, logrando así un ambiente más sano; económicamente la población se beneficiará del valor económico de los productos obtenidos (Diener et al., 2009; Henry et al., 2015).

Desde un punto de vista práctico, aporta con elementos de suma importancia como es la evidencia empírica, resultados y datos descriptivos obtenidos que pueden favorecer a los municipios donde la adecuada gestión de residuos sólidos es un pilar fundamental de su desarrollo. Además metodológicamente, permite profundizar en cuanto a la efectividad de las larvas en la degradación de diferentes sustratos (propios de mercado, domiciliarios y restaurantes), con lo cual los resultados pueden ser incorporados y comparados con los obtenidos en otras investigaciones similares, así como un enriquecimiento en la información

existente del tema para futuras investigaciones, así mismo contribuye con el fortalecimiento de la gestión de residuos sólidos orgánicos, aunado a esto este trabajo de investigación permitirá realizar nuevos estudios sobre el uso organismos saprófitos del ecosistema andino como hongos, bacterias y lombrices para transformar la materia orgánica en un producto aprovechable es una aplicación biotecnológica importante en el campo del tratamiento de residuos, y dentro de éste el uso de insectos como agentes de transformación de materia orgánica en proteína de alto valor.

## **1.6. Contexto de la investigación**

### **1.6.1. Ámbito espacial**

El estudio se llevó a cabo en los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca, el cual se encuentra ubicado en el Altiplano Peruano localizada en el distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno a 3 826 msnm en las coordenadas 15° 29' 24'' de latitud sur y 70° 09' 00'' de longitud oeste (MPSR, 2015).

### **1.6.2. Ámbito de Investigación**

En el siguiente estudio se considerará el área de influencia de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca.

- Mercado Santa Bárbara
- Mercado Túpac Amaru
- Mercado Las Mercedes
- Mercado Cerro Colorado

### **1.6.3. Ámbito Temporal**

La investigación se llevó a cabo en los meses de agosto a octubre del año 2018.

### **1.7. Limitaciones de la investigación**

En el desarrollo del presente estudio fue necesario utilizar diferentes enfoques metodológicos, una de las limitantes fue las escasas investigaciones sobre tratamiento biológico de residuos orgánicos a través de larvas en el Perú, por lo que se utilizó referencias de investigaciones internacionales, de los cuales, gran parte de la información se ha desarrollado en climas templados con residuos animales como gallinaza, cerdaza, residuos de café, excretas y en su mayoría con especies diferentes a la mosca doméstica; otra limitante fue el acceso a las bibliotecas de las universidades privadas debido a que no se evidencio las facilidades oportunas en especial para la consulta de otros proyectos y trabajos de investigación para revisar antecedentes u orientaciones. Finalmente, se presentaron limitaciones en el acceso a los residuos domiciliarios del área de influencia del mercado, dado que gran parte de las familias aledañas a los mercados viven en un ambiente alquilado exclusivamente para el negocio.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 A nivel internacional

Kinasih et al. (2018), exploraron el efecto de tres residuos orgánicos basados en plantas como materia prima para el crecimiento de las larvas de mosca soldado negro, se realizaron ensayos de alimentación en estiércol de caballo (EC), residuos vegetales (DV) y tofu dreg (TD), además se analizó su efecto en la tasa de crecimiento y rendimiento total de prepupa y se evaluó la eficiencia de las larvas para reducir la carga de residuos de los diferentes sustratos. El resultado mostró todos los sustratos son adecuados para la alimentación de la mosca soldado negra, las propiedades físicas y el contenido químico afectó el tiempo de desarrollo, la eficiencia de la digestividad y la producción de biomasa es única para cada tipo de residuo.

Ground et al. (2018), usaron como un agente de bioconversión a la mosca soldado negro *Hermetia illucens* L. en residuos orgánicos de la industria del café, basado en la eficiencia de conversión de alimentos ingeridos (ECI) y el Índice de reducción de residuos (WRI, por sus siglas en inglés), los resultados mostraron que las larvas con una tasa de alimentación de 200 mg/larva/día presentan el desarrollo más corto 25.6 días, el valor más alto de ECD 5 %, la biomasa pupa más alta 14,8 mg, la tasa de crecimiento más alta 1,41 mg/día, pero la WRI baja 0,997. En conclusión, la mosca soldado negro *Hermetia illucens* L. tiene una tasa de crecimiento lenta, pero son capaces de convertir residuos de café molido.

Meneguz et al. (2018), determinaron la influencia de cuatro sustratos de residuos orgánicos en la producción de larvas de mosca soldado negro, los sustratos estaban conformados: ensayo 1 (residuos orgánicos): una mezcla de vegetales y frutas versus una mezcla de frutas solamente; Ensayo 2 (subproductos agroindustriales): derivados de la cervecería frente a los de un viñedo, de los resultados, el índice de reducción de desperdicios (WRI) varió de 2.4 en residuos de viñedos a 5.3 g/día en residuos de cervecería, los subproductos de la cervecería llevaron a un rendimiento larvario y una composición nutricional muy prometedores.

Hussein et al (2017), demostraron que la harina de larva de mosca doméstica es contiene un 60% de proteína con un perfil de aminoácidos bien equilibrado y un 20% de grasa con un 57% de ácidos grasos monoinsaturados y un 39% de ácidos grasos saturados, además de ser una fuente de calcio y fósforo (0,5% y 1,1% respectivamente). El valor nutricional de la harina de larva es muy similar al de la harina de pescado, por lo que es una alternativa potencialmente atractiva para su uso como un ingrediente de alimento rico en proteínas para las operaciones de ganado y acuicultura.

Manurung et al., (2016), aplicaron larvas de mosca soldado negro (*Hermetia illucens* L.) como agente de bioconversión de la paja de arroz para reducir la cantidad de residuos, mientras que al mismo tiempo produce biomasa de larvas, la alimentación diaria de 200 mg de residuos orgánicos (paja de arroz molida) por larva género como resultado el mayor peso seco prepupa 15.59 mg, el menor tiempo de desarrollo fue de 39 días, pero la menor eficiencia de reducción de residuos 10.85 % y la mayor eficiencia de reducción de residuos se registró con una tasa de alimentación de larvas de 12.5 mg/larvas/día con un valor de 31.53 %.

Saragi & Bagastyo (2015), evaluaron la conversión de residuos sólidos orgánicos a través de larvas de mosca soldado negra. El estudio se realizó utilizando un reactor de jaula de escala de laboratorio, conteniendo cada uno 200 larvas, el periodo de experimentación duró 21 días. Los resultados confirmaron que la reducción de los residuos orgánicos por las larvas de mosca soldado negra para una mezcla de verduras: residuos de frutas, una mezcla de verduras: frutas: residuos de pescado, y los residuos de pescado fue 51.91 % (tasa de 33.29 mg/larva.dia), 48.73 % (tasa de 27.32 mg/larva.dia), y 39.91 % (tasa de 20.73

mg/larva.día), respectivamente. La relación carbono/nitrógeno (C/N) de la mayoría de los residuos se incrementó debido a la reducción del nitrógeno total inicial de los residuos, con la relación de carbono/nitrógeno (C/N) fue de entre 21 a 42.

Bonso (2013), utilizó larvas de mosca soldado negro para digerir y degradar los residuos de alimentos orgánicos de restaurante, desarrolló 5 clases de sustratos B25, B75, B100, B125 y B200 con tasas de alimentación de 0,25, 0,75, 1,00, 1,25 y 2,00 g/larvas/día, la investigación concluye que una tasa de alimentación diaria de 1,00 g de residuos de alimentos por larvas por día es capaz de satisfacer la extracción de materia orgánica dentro de un período más corto para producir un mejor rendimiento prepupa, además se demostró que las larvas son capaces de digerir y degradar residuos sólidos orgánicos municipales entre 44 y 94%, con un índice de reducción de residuos de 9.96 %/día.

Diener, et al. (2011), determinaron la viabilidad de la larva de mosca soldado negra para digerir y degradar residuos orgánicos mixtos en un experimento de campo a mediana escala en Costa Rica, además se estudió los beneficios y limitaciones de esta tecnología logrando una producción promedio de prepupa de 252 g/m<sup>2</sup>/día de peso húmedo en condiciones favorables. La reducción de residuos varió de 65.5 a 78.9% dependiendo de la cantidad diaria de residuos añadidos a la unidad experimental y presencia/ausencia de un sistema de drenaje, este estudio confirmó el gran potencial de esta mosca como gestor de residuos en países de bajos y medianos ingresos.

Studt-Solano (2010), utilizó la larva de la mosca soldado negro para el procesamiento de residuos orgánicos reciclando los nutrientes en proteínas, el mismo que puede ser utilizado como sustituto nutricional, además de generar enmiendas orgánicas, los hallazgos mostraron una gran productividad en generación de prepupas diario de 264 g/m<sup>2</sup> con 4,3 kg/día de alimento y peso promedio por prepupa de 219 mg, con 4,5 kg/día de alimento. Además, se demostró la gran utilidad de la especie en el procesamiento de residuos orgánicos municipales al reducir el volumen en un 52,7% peso húmedo y 63,3% peso seco.

### **2.1.2 A nivel local**

Vargas (2012), evaluó la producción y composición de los residuos sólidos de los mercados de abasto de la ciudad de Juliaca, afirma que los residuos orgánicos representan el 77.15% y los residuos inorgánicos el 18.45% (tierra, plástico, latas y metales) y otros residuos es de 4.40%. La fracción orgánica está compuesta por huesos, residuos de áreas verdes, papel y cartón y restos de alimentos, entre otros; el mayor porcentaje de producción de residuos de alimentos se generó en el mercado Santa Bárbara, mayor porcentaje de hueso en el mercado de Túpac Amaru, además afirma que la composición de residuos es diferente en los cuatro mercados.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Residuos sólidos**

Según la real academia española, los residuos conforman una parte inservible, resultante, de algún material que ha sido procesado, otra definición relevante es ser cualquier producto, generado por la actividad humana en procesos de extracción, transformación o utilización, y que está destinado a hacer desechado al carecer de valor para su generador (Álvarez & Alvarado, 2016). También se considera residuos sólidos, a los residuos generados por cualquier actividad en los centros urbanos y en sus zonas de influencia (León et al., 2015).

De acuerdo con el Decreto Legislativo 1278, se considera residuo sólido a cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la obligación de desprenderse (D.L. 1278, 2017).

Recipientes que contengan líquido o gases que van a ser dispuestos también son considerados como residuos además no pueden ingresar a los sistemas de tratamiento de emisiones y efluentes debido a sus características fisicoquímicas. Para una disposición final optima los gases y líquidos deben ser acondicionados de forma segura para su adecuada disposición final (D.L. 1278, 2017)

## 2.2.2 Clasificación de residuos sólidos

Conforme al Decreto Legislativo, la clasificación de residuos sólidos se da en relación al tratamiento, como residuos peligrosos y no peligrosos, y según la autoridad pública competente para su gestión, en residuos del ámbito municipal y no municipales, de ser necesario el reglamento del presente Decreto Legislativo puede establecer nuevas categorías de residuos por su origen u otros criterios (D.L. 1278, 2017).

Los residuos se clasifican de dos formas: de acuerdo a su origen y de acuerdo a su composición (Limas & Blanco, 2017):

Tabla 1

*Clasificación de residuos sólidos según su origen.*

Fuente	Definición
Residuos hospitalarios	Son residuos generados en la atención en centros de salud, hospitales e investigación médica como sustancias, materiales resultado de las actividades.
Residuos Industriales	Son generados por las actividades de manufactura o procesos de transformación (manufacturera, minera, química, energética, pesquera, textiles)
Residuos domiciliarios	Son los residuos que se generan principalmente durante actividades domésticas, residencias, albergues, como residuos de cocina, restos de comida, papeles, residuos de jardín y otros.
Residuos comerciales	Son residuos generados por las actividades comerciales y del sector de servicios.
Residuos urbanos	Generado por el domicilios, comercios, oficinas y servicios y son catalogados como no peligrosos.
Residuos espaciales	Tecnología de origen antrópico que estando en órbita terrestre ya han agotado su vida útil

Fuente: adaptado de Limas & Blanco (2017).

Tabla 2

*Clasificación de residuos sólidos según su origen y tipo de residuo*

Tipo de residuo	Características
<b>Residuos orgánicos</b>	Son residuos de origen biológico y susceptibles a degradarse, pueden ser de origen vegetal o animal, por ejemplo: hojas, cáscaras y restos de comida, entre otros.
<b>Residuos inorgánicos</b>	Son residuos de origen no biológico, derivados de procesos antropogénicos y tiene un periodo prolongado de degradación, por ejemplo: plástico, telas, entre otros.
<b>Residuos peligrosos</b>	Son residuos que constituye un peligro potencial dado sus características intrínsecas y requiere un tratamiento especial, por ejemplo: residuos hospitalarios, radiactivos, ácidos, entre otros.

Fuente: adaptado de Limas & Blanco (2017).

### 2.2.3 Características de los residuos sólidos orgánicos

Según el Decreto Legislativo 1278, son considerados residuos sujetos a descomposición, su generación se da en el ámbito de gestión municipal y no municipal (D.L. 1278, 2017). Los residuos orgánicos de origen biológico, son residuos que tienden a ser descompuestos por la acción natural de organismos vivos, generando gases (dióxido de carbono, metano, entre otros) lixiviados en los lugares donde se tratan y donde se disponen finalmente, el mismo que por medio de un proceso adecuado puede valorizarse y emplearse en el mejoramiento de suelos, como la producción de abono, compost, vermicompost, entre otros (OEFA, 2015).

#### **2.2.4 Clasificación de residuos sólidos orgánicos**

En cuanto a la clasificación de los residuos sólidos orgánicos, la Norma Técnica Peruana se aplica a los residuos del ámbito de gestión municipal y no municipal. Los clasifica de acuerdo a sus características físicas, químicas o biológicas. Los residuos sólidos orgánicos son generados por actividades como la agricultura, ganadería, industrias procesadoras de alimentos, industrias del cuero, forestales, plantas procesadoras de lodos, actividades comerciales, turísticas, domésticas y plazas de mercado (NTP 900.058, 2019)

#### **2.2.5 Importancia de los residuos orgánicos**

El tratamiento de los residuos orgánicos ha adoptado una importancia relevante, no solo por el aumento de la producción o por una mayor intensificación, sino también, por la aparición de nuevas enfermedades que afectan la salud y el medio ambiente, que tienen una relación directa con el ineficiente manejo de residuos orgánicos (Pastor et al., 2015). El Art.2 del D.L. 1278 afirma que la principal alternativa frente a cualquier gestión integral de los residuos sólidos es la prevención o minimización de residuos sólidos en la fuente, además sugiere que se priorice la recuperación y la valorización material, garantizando la protección de la salud y del medio ambiente (D.L. 1278, 2017).

#### **2.2.6 Valorización de residuos sólidos municipales**

Frente a la disposición final de los residuos, la valorización es una opción de gestión y manejo que debe priorizarse, en el ámbito de gestión municipal debe valorizar prioritariamente residuos orgánicos resultante del mantenimiento de parques y jardines y centros de abasto, así como, de ser viable, los residuos orgánicos domiciliarios. La valorización de los residuos municipales y no municipales son sustentadas en relación a las políticas de Responsabilidad Extendida del Productor (REP). La reutilización, reciclado, bio-conversión, compostaje, vermicompostaje entre otras alternativas que, a través de procesos de transformación física, química, u otros, son considerados formas de valorización (MINAM, D.S. 014-2017).

### 2.2.7 Impactos ambientales de los residuos sólidos municipales

El efecto ambiental de mayor importancia del manejo inadecuado de los residuos sólidos municipales es el deterioro estético de las áreas urbanas, así como la belleza paisajística, tanto ámbito urbano como rural, originado por los residuos sólidos que no cuentan con una adecuada disposición generan la contaminación de los recursos hídricos, el aire, el suelo y los ecosistemas (Minera, 2017).

Tabla 3

*Factores ambientales impactados por el inadecuado manejo de los residuos sólidos.*

Recurso	Impacto ambiental
<b>Contaminación del agua</b>	Alteración de las características físicas, químicas y biológica, producto de la inadecuada disposición y descomposición de los residuos sólidos da origen a la generación de lixiviados, el mismo que provoca la contaminación de aguas superficiales y subterráneas y su ecosistema
<b>Contaminación del suelo</b>	Alteración de la calidad de suelo debido a una inadecuada disposición de residuos, debido a las descargas de sustancias tóxicas, generando un deterioro paisajístico.
<b>Contaminación del aire</b>	Deterioro de la calidad del aire que, ocasionado efectos nocivos que se traducen en infecciones respiratorias e irritaciones nasales y oculares, además de las molestias que dan los olores pestilentes, junto a ello también se da la quema de residuos alterando la calidad del aire.

Fuente: adaptado de Minera (2017).

## **2.2.8 Tratamientos de residuos orgánicos**

El aprovechamiento de los residuos en general, debe orientarse hacia normas y acciones directas o como resultado de procesos de tratamiento, producción de bio-abono, generación de biogás, compostaje, incineración entre otros; cuyo objetivos es mejorar las características físicas de los residuos para su posterior tratamiento específico o eliminación reduciendo de forma significativa su volumen además busca aplicar tratamientos químicos o biológicos afín de eliminar las características de peligrosidad, pueden ser físico, químicos, biológicos o térmicos (Paritosh et al., 2018).

### **2.2.8.1 Tratamientos físicos**

Generalmente, las operaciones mecánicas y/o físicas separan el material de residuos en fracciones que serán sometidas a tratamientos adicionales (preparación de abono orgánico, digestión anaeróbica, combustión, reciclado, biogás, etc.). Éstas pueden incluir la separación, la trituración y compactación del material orgánico (Paritosh et al., 2018).

### **2.2.8.2 Tratamientos térmicos**

Los tratamientos térmicos son procesos químicos que recuperan energía ya que se lleva a cabo la combustión de materia orgánica, la energía que puede ser convertida en vapor de proceso para la industria o en electricidad que involucra pirolisis e incineración, además el tratamiento térmico ayuda a la expulsión del patógeno, mejora la deshidratación y reduce el tamaño (Paritosh et al., 2018).

### **2.2.8.3 Tratamientos biológicos**

Las operaciones biológicas incluyen la preparación de abono orgánico y la digestión anaeróbica, entre otros. La preparación de abono orgánico puede realizarse en pilas o en instalaciones de preparación que busquen optimizar las condiciones del proceso al mismo tiempo que filtran el gas producido, promover el crecimiento microbiano en la biomasa podría mejorar notablemente la hidrólisis del sustrato, además el tratamiento biológico es superior en comparación con los sustratos tratados con termoquímicos (CCA, 2017).

#### **2.2.8.3.1 Bioconversión**

La bioconversión se describe como el proceso que utiliza agentes biológicos para transformar un material de alimentación en productos deseables, en los últimos años la bioconversión ha sido considerada una tecnología de estudio en la gestión de residuos, el mismo que utiliza a insectos como larvas de moscas para la transformación de residuos orgánicos de ámbito municipal y no municipal, es una práctica de la recuperación de recursos, mientras que limitan al mismo tiempo la cantidad de material orgánico (Cerón, 2016).

#### **2.2.8.3.2 Compostaje**

Descomposición biológica de sustratos orgánicos, realizada por microorganismos heterotróficos (bacterias, hongos, actinomicetos y protozoos) en un material similar a humus llamado compost, este proceso ocurre naturalmente siempre que los organismos dispongan de humedad, condiciones aeróbicas, material de alimentación y nutrientes que están disponibles para el crecimiento microbiano; al controlar estos factores, el proceso de compostaje puede generarse en grandes cantidades y en un corto periodo de tiempo, generando un material estable, libre de patógenos, que puede aplicarse al suelo (Oviedo-Ocaña et al., 2019).

#### **2.2.8.3.3 Vermicompostaje**

Transformación de materia orgánica en abono usando métodos limpios y sostenibles para aprovechar y reducir el volumen de residuos, considerada una tecnología de manejo integrado; es considerado como una opción potencial para su bio-oxidación, degradación y estabilización, se utilizan las lombrices para convertir materiales orgánicos en un material similar a humus conocido como vermicompost, el objetivo es procesar el material de la manera más rápida y eficiente posible (Tadayyon et al., 2018).

#### **2.2.9 Degradación de residuos orgánicos municipales**

La degradación de residuos orgánicos municipales no solamente depende del tipo de residuo y condiciones ambientales, se da también a través de procesos biológicos, como el uso de organismo heterótrofo como bacterias, lombrices, hongos son eficientes en el proceso de transformar y degradar los residuos

orgánicos como parte de su alimentación y convertir en proteínas de alto valor, es una aplicación biotecnológica fundamental en lo que concierne a tratamientos biológicos (Diener et al. 2009; Lohri et al., 2017).

### **2.2.10 Beneficios del aprovechamiento de los residuos orgánicos.**

Según el Comisión para la Cooperación Ambiental, se mencionan algunos beneficios y ventajas obtenidas del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos (CCA, 2017)

- Ahorro energético.
- Beneficios económicos al reducir costos asociados con la disposición de residuos en los sitios apropiados y la generación de productos de valor comercial.
- Beneficios sociales por la generación de empleo.
- Beneficios ambientales asociados por la recuperación de suelos.
- Disminución del volumen de residuos sólidos orgánicos, ocasionando el incremento de vida útil de los botaderos y/o rellenos sanitarios
- El aprovechamiento de residuos contribuye, asimismo, a evitar la contaminación de aguas subterráneas y de agua potable, y a mitigar las emisiones de otros contaminantes transportados

## **2.3 Mosca doméstica (*Musca domestica* L.)**

### **2.3.1 Características**

La mosca doméstica o común (*Musca doméstica* L.) es una especie de díptero braquícero de la familia Muscidae (Villacide et al., 2016), esta especie siempre se encuentra en asociación con los humanos, y además se asocia con animales de corral, como aves, ganado vacuno, equino y porcino por lo que se consideran sinantrópicas (Sánchez & Capinera, 2017). Las moscas domésticas no solo son consideradas una molestia, sino que también pueden transportar organismos que causan enfermedades (Hack, 2019), se reproducen en materia vegetal putrefacta o heces de animales, adquiriendo patógenos y generando la transmisión de enfermedades (Meraz et al., 2019), está asociada con la vectorización de más de 100 agentes etiológicos de enfermedades bacterianas, protozoarias y víricas (Villegas, 2017).

### 2.3.2 Distribución y origen

La mosca doméstica se originó en las estepas de Asia central, pero ahora ocurre en todos los continentes habitados, en todos los climas, desde tropical hasta templado, y en una variedad de entornos que van desde el rural al urbano (Salas & Larraín, 2012; Villacide et al., 2016; Sánchez & Capinera, 2017); Se asocia comúnmente con heces de animales, pero se ha adaptado bien para alimentarse de la basura, por lo que es abundante en casi cualquier lugar donde viva la gente (Villacide et al., 2016; Meraz et al., 2019).

### 2.3.3 Taxonomía

De acuerdo con Villegas (2017) la clasificación de mosca doméstica es la siguiente:

Reino	: Animal
Phyllum	: Arthropoda
Clase	: Insecta
Subclase	: Pterygota
Orden	: Díptera
Suborden	: Cyclorrapha
Familia	: Muscidae
Género	: Musca
Especie	: <i>Musca domestica</i> (Linnaeus, 1758)

### 2.3.4 Ciclo vital

El ciclo biológico de la mosca doméstica consiste de los siguientes estadios: huevo, larva, pupa y adulto, las moscas presentan una metamorfosis completa, la larva de mosca posee tres fases larvarias, siendo cada una de ellas de mayor tamaño que la precedente (Villegas, 2017). Las condiciones cálidas del verano son generalmente óptimas para el desarrollo de la mosca doméstica, y puede completar su ciclo de vida en tan solo siete a diez días, sin embargo, en condiciones subóptimas, el ciclo de vida puede requerir hasta dos meses (Sánchez & Capinera, 2017). Las hembras pueden poner alrededor de 350-500 huevos durante su vida., el tamaño de cada huevecillo es aproximadamente 1.2 mm de longitud, el cual

pasadas las 24 horas eclosionan y las larvas comienzan a devorar restos orgánicos ricos en nutrientes (Salas & Larraín, 2012).

La mosca doméstica pasa por cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto, dichas características morfológicas de cada estado se describen a continuación.

- A. Huevo:** son blancos de forma alargada y ovalados, de 1 mm de longitud y eclosionan en un lapso de 8 a 24 horas a temperatura de 20 °C a 25 °C, cada mosca hembra puede poner hasta 500 huevos en varios grupos de 75 a 150 huevos durante un período de tres a cuatro días (Sánchez & Capinera, 2017), la máxima ovoposición ocurre a temperaturas entre 25 a 30 °C (Meraz et al., 2019), es importante considerar que los huevos permanezcan húmedos o no eclosionarán (Marshall, 2012).
  
- B. Larva:** son acéfalas de 3 a 9 mm de largo, de color blanquecino cremoso típico, cilíndricas pero afiladas hacia la cabeza, la cabeza contiene un par de ganchos oscuros y los espiráculos posteriores están ligeramente elevados y las aberturas espiraculares que están completamente rodeadas por un borde negro ovalado (Sánchez & Capinera, 2017). La larva atraviesa por tres estadios larvarios; en el primero, la larva mide de 1-3 mm de longitud; en el segundo, de 3-5 mm y en el tercero alcanza de 5-13 mm (Faz y Meneses, 2007), durante el tercer periodo larvario, la larva está completamente desarrollado, busca un lugar seco y fresco cerca del material de reproducción y pasa a transformarse en pupa (Salas & Larraín, 2012).
  
- C. Pupa:** son de forma coartada, de unos 8 mm de largo, se pasa en una caja de pupa formada a partir de la última piel larval que varía de color de amarillo, rojo, marrón a negro a medida que la pupa envejece, completan su desarrollo en dos a seis días a una temperatura de 32 a 37 °C, pero requieren de 17 a 27 días a 14 °C (Sánchez & Capinera, 2017). La forma de la pupa es bastante diferente de la larva, siendo redondeada en ambos extremos (Schlapbach, 2007; Villacide et al., 2016).

**D. Adulto:** la mosca doméstica mide de 6 a 7 mm de largo, y la hembra suele ser más grande que el macho. La hembra se puede distinguir del macho por el espacio relativamente amplio entre los ojos (en los hombres, los ojos casi se tocan), la cabeza de la mosca adulta tiene ojos rojizos y piezas bucales esponjosas, el tórax tiene cuatro franjas negras estrechas y hay una curva aguda hacia arriba en la cuarta vena longitudinal del ala, el abdomen es gris o amarillento con una línea media oscura y marcas oscuras irregulares en los lados y la parte inferior del macho es amarillenta (Sánchez & Capinera, 2017). Los adultos generalmente viven de 15 a 25 días (Hack, 2019), pero pueden vivir hasta dos meses. Sin comida, sobreviven solo unos dos o tres días, la longevidad se da principalmente por la disponibilidad de alimentos adecuados, especialmente el azúcar y las bajas temperaturas (Villacide et al., 2016).

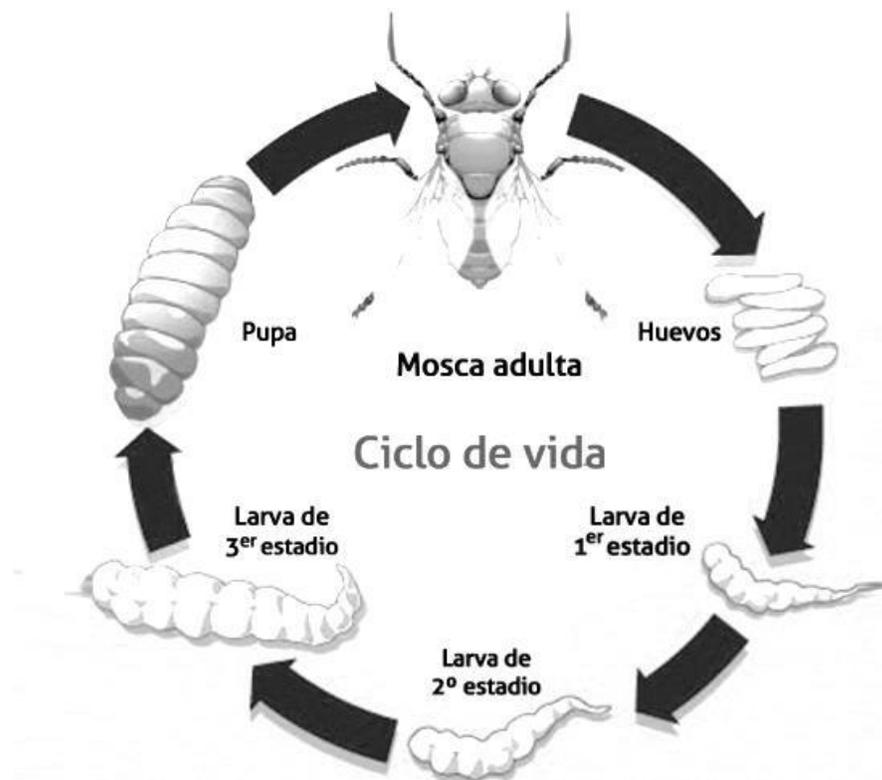


Figura 1. Ciclo de vida de la mosca doméstica: adaptado de Tabares & Ruiz (2015).

### **2.3.5 Biología y comportamiento**

El comportamiento de la mosca domestica de huevo a adulto, requiere alrededor de tres semanas de acuerdo con las condiciones, son inactivas durante la noche, por ello son consideradas fototrópicas (Hack, 2019). Una hembra adulta deposita de 50 a 100 huevos en una sola puesta y alrededor de 350-500 huevos durante su vida (Sánchez & Capinera, 2017), los huevos las larvas emergen en 24 horas, que pasan por tres estadios larvarios que duran entre 5 a 6 días aproximadamente, después, para transformarse en pupas, detienen su alimentación y buscan en el sustrato un área seco y oscuro el cual dura entre 5 a 6 días, donde ocurren todos los cambios morfológicos que la llevarán al estado adulto, dentro del primer y segundo día de edad, los adultos inician el periodo de apareamiento para continuar con su ciclo reproductivo (Villegas, 2017).

### **2.3.6 Valor nutricional**

Las larvas de moscas domestica son una fuente nutritiva en proteína cruda, grasa cruda y cantidades relativamente altas de micronutrientes (Anene et al., 2013). El valor nutricional de la harina de larva coincide estrechamente con el de la harina de pescado, por lo que es una alternativa potencialmente atractiva para su uso como ingrediente alimenticio rico en proteínas para las operaciones ganaderas y acuícolas (Hussein et al., 2017). Además las larvas pueden usarse para la producción de productos secundarios (biodiesel, sustancias biológicamente activas) (Čičková et al., 2015).

### **2.3.7 Composición y efectividad como sustituto nutricional**

La harina de larva domestica mostró valores comparables a la mayoría de los ingredientes de alimentos ricos en proteínas, contiene un 60% de proteína con un perfil de aminoácidos bien equilibrado y un 20% de grasa con un 57% de ácidos grasos monoinsaturados y un 39% de ácidos grasos saturados, la evaluación de micronutrientes en la harina de larva sugirió que es una buena fuente de calcio y fósforo (0.5% y 1.1% respectivamente) (Hussein et al., 2017).

### 2.3.8 Variables para examinar el consumo de alimentos

Las variables para determinar el consumo de alimentos son: índice de reducción de residuos (WRI) (Diener et al. 2009) y eficiencia de conversión de alimentos ingeridos (ECI) (Scriber & Slansky, 1981).

#### 2.3.8.1 Índice de reducción de residuos

La duración de la degradación de los alimentos varía según la cantidad de alimento, por lo tanto, es fundamental evaluar la cantidad de alimento reducido mediante el uso del índice de reducción de residuos (Diener et al. 2009).

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100, \text{ donde } D = (W - R)/W \quad (1)$$

Dónde: D es la degradación global, t es el número total de días que las larvas se alimentan, y R es el residuo después del tiempo t.

#### 2.3.8.2 Eficiencia de conversión de los alimentos ingeridos (ECI)

ECI, también denominada "eficiencia de crecimiento", Representa una medida de la eficiencia en los procesos digestivos y metabólicos (Scriber & Slansky, 1981). La ECI es una escala aproximada de la cantidad de comida ingerida que se convierte en crecimiento en la masa del animal. Se puede usar para comparar la eficiencia de crecimiento medida por el aumento de peso de diferentes animales por el consumo de una cantidad determinada de alimento en relación con su tamaño (Walsh, 2008).

$$ECI = \left( \frac{\text{Ganancia en peso}}{\text{peso de alimento ingerido}} \right) \times 100 \quad (2)$$

### 2.3.9 Variables para examinar la tasa de crecimiento

Las variables para determinar la tasa de crecimiento son: la tasa específica de crecimiento, tasa absoluta de crecimiento y tasa relativa de crecimiento de acuerdo a lo propuesto por Wootton (1991).

#### 2.3.9.1 Tasa específica de crecimiento (TEC)

$$TEC = 100x[\ln(WF) - \ln(WI)]/t \quad (3)$$

Dónde:  $\ln(WF)$  = logaritmo natural del peso húmedo final,  $\ln(WI)$  = logaritmo natural del peso húmedo inicial,  $t$  = tiempo (días). Los valores son presentados en  $\% \cdot \text{día}^{-1}$

#### 2.3.9.2 Tasa absoluta de crecimiento (TAC)

$$TAC = (Y2 - Y1)/(T2 - T1) \quad (4)$$

Dónde:  $Y1$  y  $Y2$  Peso o Talla al inicio y al final del experimento.  $T1$  Y  $T2$  Tiempo al inicio y al final del experimento. Los valores son presentados en centímetros y miligramos.

#### 2.3.9.3 Tasa relativa de crecimiento (TRC)

$$TRC = \frac{(Y2-Y1)}{Y1(T2-T1)} X 100 \quad (5)$$

Dónde:  $Y1$  y  $Y2$  Peso o Talla al inicio y al final del experimento.  $T1$  Y  $T2$  Tiempo al inicio y al final del experimento. Los valores son presentados en centímetros y miligramos.

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Ámbito de estudio

El estudio se llevó a cabo en los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca, el cual se encuentra ubicado en el Altiplano Peruano localizada en el distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno a 3826 msnm en las coordenadas 15° 29' 24'' de latitud sur y 70° 09' 00'' de longitud oeste (MPSR, 2015). Se realizaron visitas previas para la identificación de los lugares idóneos donde realizar los muestreos (ver Anexo 1). La ubicación de los principales mercados de abasto que comprende el estudio se detalla a continuación.

Tabla 4

*Principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca.*

Coordenadas UTM			
Mercados de abasto	Zona	Este	Norte
Santa Bárbara	19 L	378040.27	8286998.39
Túpac Amaru	19 L	379202.44	8287217.14
Las Mercedes	19 L	378009.57	8287723.06
Cerro Colorado	19 L	379090.72	8285828.45

Fuente: GPS Garmin Map 64s.

## **3.2 Materiales y equipos**

### **3.2.1 Materiales y equipos**

Envases de polietileno de alta densidad (20x20 cm), pinzas, crisoles, luna reloj, morteros de porcelana, tamiz, envases de vidrio (Boro 3.3.5), termo-hidrómetro Digital (Boeco HTC-1), GPS de mano (Garmin Map 64s), potenciómetro (Hanna HI 98130), balanza analítica (Kern modelo ABS 220-4N), estufa (Selecta Modelo Conterm 2000200), mufla (Select-Horn modelo TFT), microscopio electrónico (DM-500/Cámara Leica modelo ICC50-W) y Vernier digital (Tool Size modelo Premium 0 – 120 mm).

### **3.2.2 Reactivos**

Agua purificada (QP), etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH al 96%), hipoclorito de sodio (NaClO al 10%), solución buffer pH 4,7 y 10, los reactivos utilizados fueron de grado analítico.

## **3.3 Población y muestra**

### **3.3.1 Población**

Comprende los residuos orgánicos (propios de mercado, restaurantes y domiciliarios) del ámbito de influencia de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca (Santa Bárbara, Túpac Amaru, Las Mercedes y Cerro Colorado). De los cuales se afirma que el 77.15 % son residuos orgánicos y el 18.45 % residuos inorgánicos y 4.40 % compuesto por otros residuos (residuos sanitarios, pañales, papel sanitario, entre otros.), y la fracción orgánica está compuesta por restos de alimentos, huesos, follaje y restos de cartón (Vargas, 2012).

### **3.3.2 Muestra**

Se muestrearon 48 kg de manera aleatoria (Casal & Mateu, 1992), la muestra estuvo comprendida por 16 kg por tipo de residuos orgánico (propios de mercado, restaurante y domiciliarios) de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca (Santa Bárbara, Túpac Amaru, Las Mercedes y Cerro Colorado) haciendo un total de 48 kg (Tabla 5), para el proceso de experimentación se obtuvo una muestra representativa de 1 kg por tipo de residuo aplicando el método de cuarteo considerando la guía metodológica para el desarrollo de EC-RSM, MINAM, 2015.

Tabla 5

*Muestra de residuos orgánicos municipales.*

Mercados de abasto	Propios de mercado (kg)	Restaurante (kg)	Domiciliario (kg)	Total (kg)
Santa Bárbara	4.02	4.02	4.01	12.05
Túpac Amaru	4.01	4.03	4.03	12.07
Las Mercedes	4.03	4.01	4.02	12.06
Cerro Colorado	4.02	4.02	4.01	12.05
<b>Total</b>				<b>48.23</b>

### 3.4 Obtención de la información

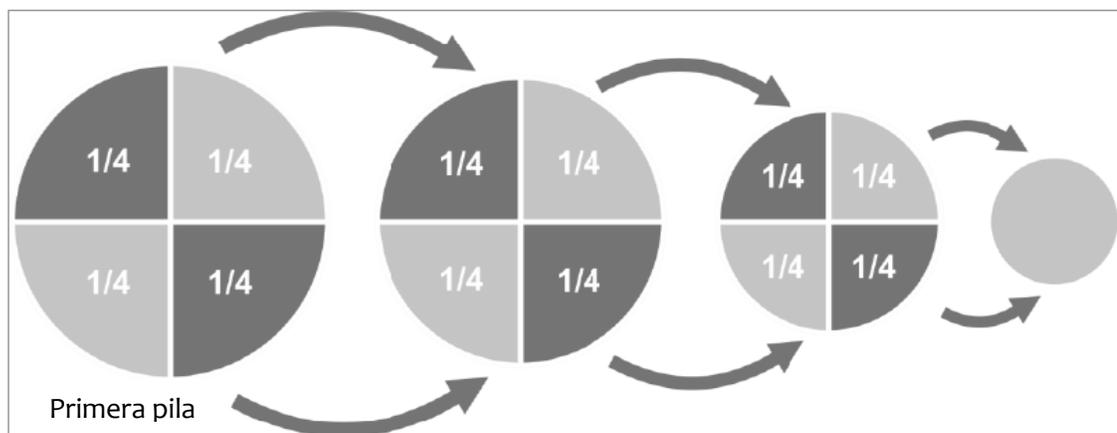
La vista general de la metodología empleada en esta investigación se detalla en el anexo 26.

#### 3.4.1 Determinación del índice de degradación de residuos sólidos.

El diagrama de flujo para la obtención del índice de reducción de residuos se detalla en la figura 3, el mismo que se efectuó en el laboratorio de Biología de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal (EPIAF) (Anexo 27).

**3.4.1.1 Muestreo de residuos sólidos:** Se recolectaron residuos orgánicos de los principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca (Santa Bárbara, Túpac Amaru, Las Mercedes y Cerro Colorado) (Vargas, 2012), la muestra estuvo comprendida por 16 kg por tipo de residuos orgánico, las características de los residuos orgánicos se detallan en el anexo 18. Las diferentes coordenadas geográficas de cada punto de muestreo se registraron con una unidad GPS portátil (Garmin Map 64s) (Ver tabla 5).

**3.4.1.2 Clasificación y homogenización de residuos orgánicos:** Los residuos orgánicos a ser utilizado fueron clasificados según la procedencia para dar una idea de la naturaleza de la mezcla, se formó una pila con residuos orgánicos propios de mercado con la finalidad de homogenizar la muestra, la pila de residuos sólidos se dividió en cuatro partes (método de cuarteo) y se escogieron las dos partes opuestas (figura 2) para formar una nueva pila más pequeña, la muestra menor se volvió a mezclar y dividir en cuatro partes, esta operación se repitió hasta obtener una muestra manejable 1 kg (MINAM, 2015). Este procedimiento también se efectuó con los residuos orgánicos de mercado y domiciliarios.



*Figura 2. Método de cuarteo para obtener la muestra de residuos sólidos: adaptado de la guía metodológica para el desarrollo de EC-RSM, MINAM, 2015.*

**3.4.1.3 Reducción de tamaño de residuos orgánicos:** La muestra manejable fue triturada usando un molino manual con el fin de homogenizar el tamaño de la materia prima, a partir de entonces se buscó obtener una pasta uniforme añadiendo agua destilada, con la finalidad de aumentar el área de superficie para alimentar a las larvas de mosca doméstica (Bonso, 2013).

**3.4.1.4 Acondicionamiento:** Para el desarrollo de esta investigación, se utilizó 9 bandejas de plástico con una capacidad de 6 kg, para permitir una circulación del flujo de aire se realizaron agujeros en la tapa y se colocó mosquitera entre las tapas y los recipientes de plástico como una medida para controlar otra intrusión de insectos, el tratamiento fue por triplicado para cada tipo de residuo (Diener et al., 2009).

El área de experimentación contó con un aislador térmico (Tecnopor) para mantener la temperatura en 20°C y permitir el óptimo crecimiento y desarrollo de las larvas (Hussein et al., 2017), las condiciones ambientales de experimentación se detallan en la tabla 6. Es importante mencionar que la temperatura óptima para el desarrollo de la larva de mosca doméstica se encuentra entre los 20°C y 28°C (Siri et al., 2005).

Tabla 6

*Condiciones del proceso de experimentación en laboratorio.*

Tipo de residuo	T	Tiempo (días)	pH pre tratamiento	Mañana		Tarde	
				Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
Residuos de mercado	T1	9	5.4	15 a 21	35	21 a 25 °C	27
	T1	9	5.2				
	T1	9	5.3				
Residuos de restaurante	T2	9	6.0	15 a 21	35	21 a 25 °C	27
	T2	9	6.2				
	T2	9	6.1				
Residuos domiciliarios	T3	9	6.3	15 a 21	35	21 a 25 °C	27
	T3	9	6.1				
	T3	9	6.0				

**3.4.1.5 Atracción de larvas:** Para la determinación del atrayente más idóneo se usó la matriz de selección, donde se evaluó al mejor atrayente de la mosca doméstica considerando parámetros como: costo, sanidad y capacidad de atracción (Ver anexo 19), en consecuencia se determinó que la cabeza de res era el atrayente más efectivo y económico para la atraer y generar larvas de mosca doméstica (Bonso, 2013).

**3.4.1.6 Generación de larvas:** Para ello se envolvió el atrayente (cabeza de res) con una envoltura hermética con la finalidad de mantener la humedad y crear un ambiente térmico con flujos de aire (Rumpold y Schlüter, 2013), la generación de larvas se efectuó entre el tercer y quinto día posterior a la exposición del atrayente, luego de dicha generación de larvas se añadieron 8 kg de cabeza de res, en donde la infestación con larvas de mosca se manifestó entre segundo y tercer día, y se encontraban presto para ser inoculadas en los residuos sólidos (Hussein et al., 2017), además fue fundamental mantener el sustrato húmedo y no mojado a rangos entre 60 - 70 %, para evitar que el medio se torne anaeróbico y las larvas pueden sucumbir por asfixia (Trulli et al., 2018).

**3.4.1.7 Inoculación de larvas de mosca doméstica:** Luego del proceso de generación de la larva y la selección de muestras de residuos orgánicos, se procedió a la determinación del sustrato más efectivo en cuanto a crecimiento de las larvas (Bonso, 2013), fueron seleccionados como sustratos de estudio los residuos orgánicos propios del mercado, restaurantes y domicilios circundantes al mercado, donde se inocularon 25 g de larvas de mosca doméstica (625 larvas aproximadamente) en 1 kg de residuo orgánico triturado, además se le colocó una faja negra en las paredes de los recipientes para evitar la incidencia de luz en las bandejas (Čičková et al., 2012), al encontrarse en el último estadio larval, busca la luz y menores valores de humedad, así como temperaturas más bajas para posteriormente interrumpir la alimentación (Faz y Meneses, 2007).

**3.4.1.8 Estimación del índice de reducción de residuos sólidos:** Se evaluaron el peso de las bandejas de forma diaria, para determinar la degradación de residuos a través de larvas a lo largo de su periodo de vida (Bonso, 2013), el registro de medición se detalla en el anexo 2. Finalmente se estimó el índice de reducción de residuos (WRI) (Diener et al., 2009), asimismo se evaluó la eficiencia en la conversión de alimentos ingeridos (ECI) (Scriber & Slansky, 1981), las fórmulas de cálculo se encuentran detallado en la ecuación 1 y 2 respectivamente.

Los resultados obtenidos del índice de reducción de residuos sólidos (WRI) y eficiencia de conversión de alimentos ingeridos (ECI), se detalla en el anexo 3 y 4.

A continuación, se detalla el diagrama de flujo para la determinación del índice de reducción.

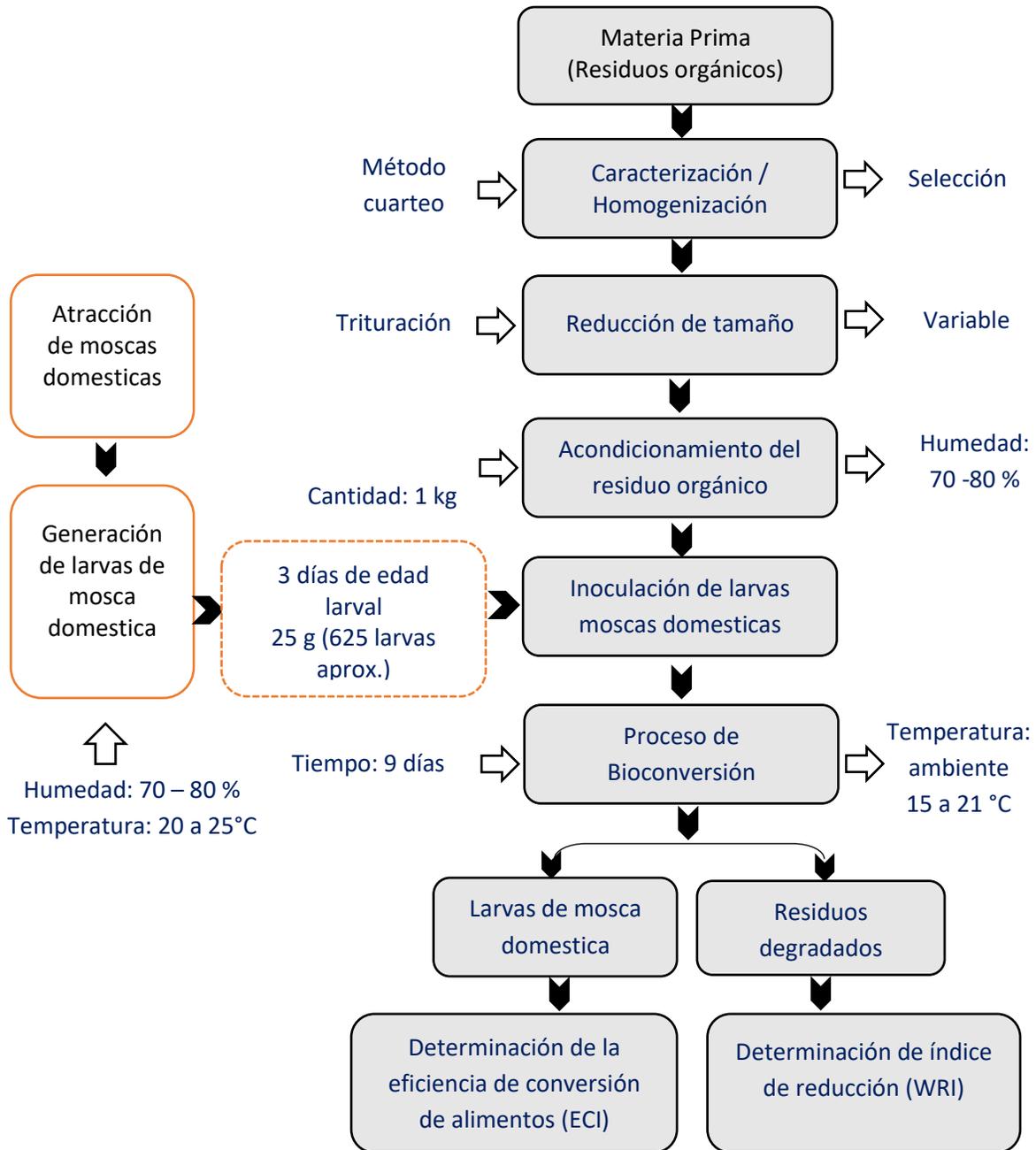


Figura 3. Diagrama de flujo para la determinación del índice de reducción de residuos (WRI).

### 3.4.2 Determinación de la tasa de crecimiento de las larvas de mosca doméstica

**3.4.2.1 Evaluación de peso y talla:** se registró el peso y la longitud de las larvas de mosca doméstica al inicio y al final del proceso de bioconversión, se evaluaron 5 larvas por bandeja, para ello se utilizó un Vernier digital y una balanza analítica (Bonso, 2013), estos en el laboratorio de Biología de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal (EPIAF) de la Universidad Nacional de Juliaca.

**3.4.2.2 Determinación de tasas de crecimiento:** Se determinó las tasas de crecimiento absoluta (TAC) y relativo (TRC) por dieta de acuerdo a las fórmulas propuestas por Wootton (1991). Asimismo, se evaluó la tasa instantánea de crecimiento, la cual se denomina también tasa de específica de crecimiento (TCE), las fórmulas de cálculo se encuentran detallado en la ecuación 3, 4 y 5 respectivamente. Los resultados obtenidos de las tasas de crecimiento absoluta (TAC), relativa (TRC) y específica (TEC) se detallan en el anexo 9, 10, 12, 14, 15 y 16.

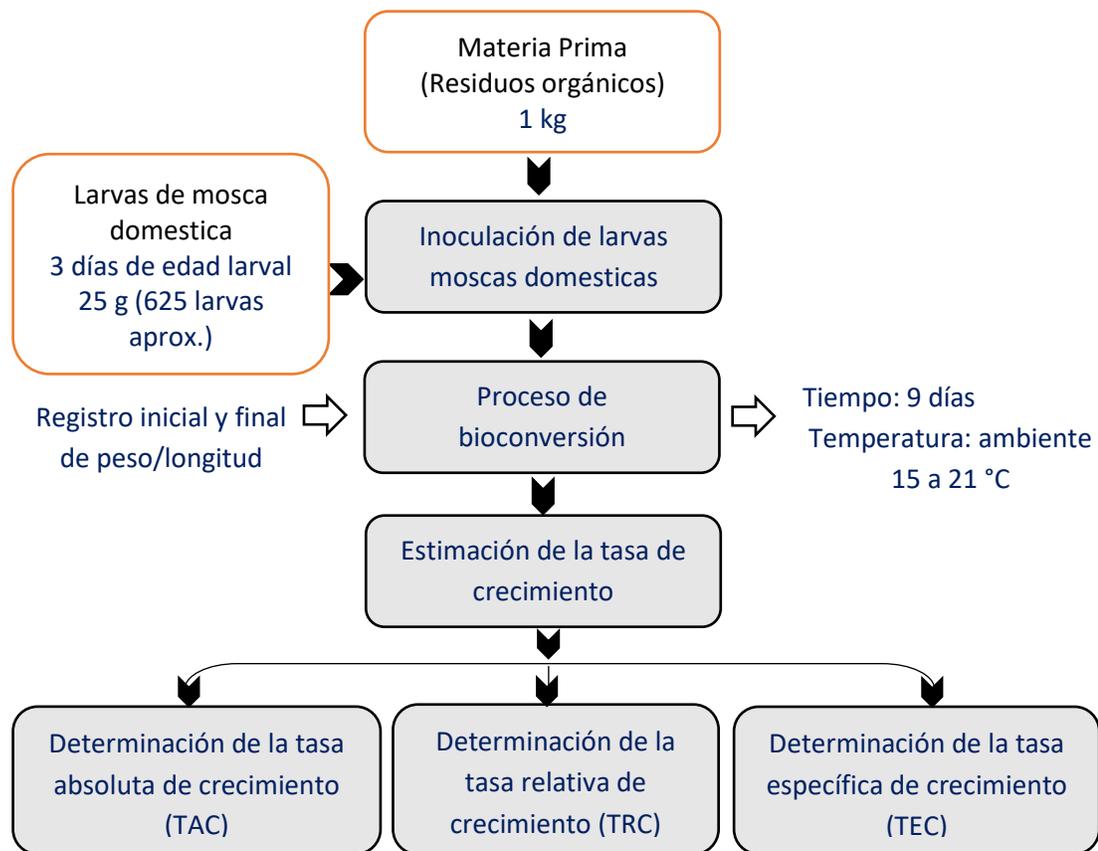


Figura 4. Diagrama de flujo para la determinación de tasas de crecimiento de larvas de mosca doméstica.

### **3.4.3 Cálculo del contenido proteico de las larvas de mosca doméstica.**

**3.4.3.1 Obtención de larvas:** Una vez finalizado el proceso de bioconversión, se procedió a la selección de larvas de mosca del sustrato, para ello se utilizó pinzas y mallas de tamizaje (Bonso, 2013).

**3.4.3.2 Lavado y secado de larvas:** Posteriormente se lavó con agua destilada repetidamente para eliminar los restos de residuos orgánicos (Banks, 2010), finalmente las larvas se secaron a 85 °C durante 8 horas, se dejó enfriar y nuevamente se pesó (Aquino-Gil et al., 2013).

**3.4.3.3 Reducción de tamaño y homogenización:** Se utilizó un mortero para llevar al proceso de molienda, conservación, homogenización y rotulado (Arango, Vergara, & Mejía, 2004), estos en el laboratorio de Biología de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal (EPIAF) de la Universidad Nacional de Juliaca.

**3.4.3.4 Análisis de nutrientes:** Para determinar el contenido proteico de larvas se realizó un análisis de laboratorio en una entidad certificada por el INACAL denominada Laboratorios Analíticos del Sur (laboratorio de ensayo acreditado por la dirección de acreditación del INACAL con Registro N° LE - 050), ubicado en el Parque Industrial Rio Seco C-1 Cerro Colorado, Arequipa - Perú. Este análisis determinó la calidad de los alimentos o materias primas a partir de sus componentes nutricionales (Pieterse & Pretorius, 2014). Los resultados de los exámenes permiten establecer la calidad de los componentes en las materias primas, este método es conocido como Análisis Químico Proximal (AQP), que incluye la determinación del contenido de humedad, proteína, grasa, fibra, extracto libre de nitrógeno, y cenizas (Association of Official Analytical Chemists, 2019).

El método de ensayo aplicado para el análisis de nutrientes en larvas de mosca doméstica se detalla en la tabla 7, y los resultados del análisis de muestras de larva seca de mosca doméstica se detallan en el anexo 18 y 19.

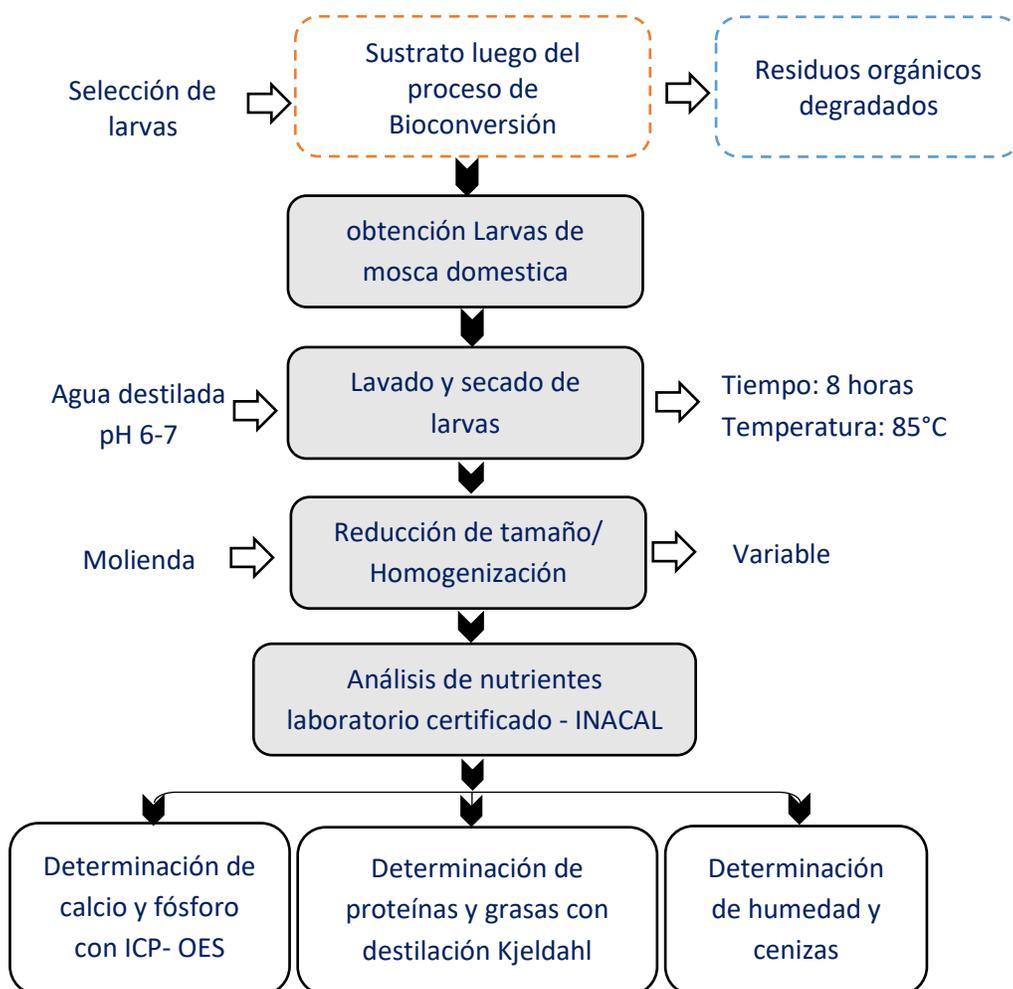
Tabla 7

*Método de ensayo aplicado para el análisis de nutrientes en larvas de mosca doméstica.*

Método de ensayo aplicado	
*5012	Método de ensayo para la determinación de metales pesados en alimentos (calcio y Fosforo) por ICP OES
*5022	Método de ensayo para la determinación de humedad en alimentos
*5027	Método de ensayo para la determinación de las cenizas en alimentos
*5037	Método de ensayo de proteínas por destilación Kjeldahl

Fuente: adaptado de Laboratorios Analíticos del Sur (2018).

El diagrama de flujos para la determinación de nutrientes de detalla en la figura 5.



*Figura 5. Diagrama de flujo para la determinación de contenido nutricional de larvas de mosca doméstica.*

### 3.5 Análisis estadístico

En el presente proyecto de investigación se aplicó el Análisis de varianza (ANOVA) con diseño completamente aleatorio (DCA) con la finalidad de comprobar las diferencias significativas de las medias de los tratamientos, todos los análisis fueron realizados a un nivel de confianza del 95 %, siendo el nivel de significancia del 5%. Para ello se utilizó el Software SPSS versión 25.0 y Minitab versión 18.1.0.

#### 3.5.1 Modelo estadístico asociado al diseño

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij} \quad (6)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, t$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

**Dónde:**

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del tratamiento i

$E_{ij}$  = Es el error experimental de la unidad ij.

#### 3.5.2 Transformación angular

Para el análisis estadístico fue necesario modificar los datos a la transformación angular o arcoseno, el arcoseno se emplea en datos que se aproximan más a una distribución binomial como los conteos o porcentajes, la transformación angular normaliza la distribución de los datos y estabiliza las varianzas. Estos son dos supuestos importantes al utilizar análisis estadísticos como el ANOVA o la regresión (Montgomery, 2004).

### 3.6 Variables de la investigación

#### 3.6.1 Variable independiente

- Residuos orgánicos municipales.

#### 3.6.2 Variable dependiente

- Eficacia de larvas de mosca doméstica (*Musca domestica* L.).

### 3.7 Parámetros de las variables

Tabla 8

*Variables dependientes de investigación.*

Variable	Dimensión	Indicadores	Unidad
	Índice de degradación	Índice de Reducción de Residuos (WRI)	%/día
		Eficiencia en la conversión de alimentos ingeridos (ECI)	%
<b>Variable dependiente</b>	Tasa de crecimiento	Tasa específica de crecimiento (TEC)	%/día
		Tasa absoluta de crecimiento (TAC)	mg/día – mm/día
		Tasa relativa de crecimiento (TCR)	%/día
Eficacia de larvas de mosca doméstica	Contenido proteico	- Humedad	%
		- Proteína	%
		- Grasa	%
		- Cenizas	%
		- Calcio	%
		- Fósforo	%

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Degradación de residuos sólidos

En la tabla 9, se muestran resultados de la degradación efectiva de residuos sólidos a través de larvas de mosca doméstica. La degradación efectiva se evaluó luego de 9 días de experimentación, que corresponde al ciclo de vida de larvas de mosca doméstica, para la degradación se inocularon 625 larvas de mosca doméstica aproximadamente con un peso total de 25 g, en donde los residuos domiciliarios (RD) presentó una mayor degradación efectiva con 107.4 g siendo este el mejor tratamiento, seguido de residuos de mercado (RM) con 95 g y por último los residuos de restaurante con 56.2 g, esto nos indica que las larvas tienen una degradación diferente en relación al tipo de sustrato, además la mayor eficiencia se presentó en residuos domiciliarios (RD) donde las larvas degradan hasta 4 veces su peso en un ciclo de vida de 9 días.

Tabla 9  
*Degradación efectiva y total de residuos sólidos.*

Residuo orgánico	T	Degradación efectiva (g)	Promedio degradación efectiva (g)	Degradación total	Índice de reducción WRI (%/día)	Promedio índice de reducción (%/día)
Residuos de mercado	T1	97.2	95.0	0.0948	1.1230	1.1674
	T1	98.7		0.0962	1.1664	
	T1	89.1		0.0869	1.2130	
Residuos de restaurante	T2	56.4	56.2	0.0550	0.6113	0.6092
	T2	57.4		0.0560	0.6222	
	T2	54.8		0.0534	0.5940	
Residuos domiciliarios	T3	102.6	107.4	0.1001	1.0536	1.0298
	T3	111.9		0.1091	1.0699	
	T3	107.6		0.1049	0.9658	

Según Čičková et al. (2012), quien utilizó larvas de mosca doméstica en la degradación residuos de estiércol, logro una disminución entre 180 a 650 g, el tratamiento duró entre 6 a 11 días, una cantidad muy superior a lo reportado en la presente investigación, donde la mayor degradación efectiva se efectuó en residuos domiciliarios con una degradación promedio de 107.367 g, según Michel et al. (2004), esta disparidad entre los resultados se debe a factores como la humedad del material, aireación, temperatura y pH. Otro hallazgo importante fue reportado por Diener et al. (2011), quien logró una tasa de alimentación diaria de 0.507 g/larva/día en residuos orgánicos municipales con larvas de mosca soldado negro, degradando un total de 17 g en un periodo de 34 días, un valor inferior a los datos reportados en esta investigación. Sin embargo, las larvas alimentadas con gran cantidad de sustrato consumen menos fracción de la que no es beneficioso en términos de aplicación para la reducción de residuos por lo que sería fundamental establecer una tasa de alimentación (Manurung et al., 2016).

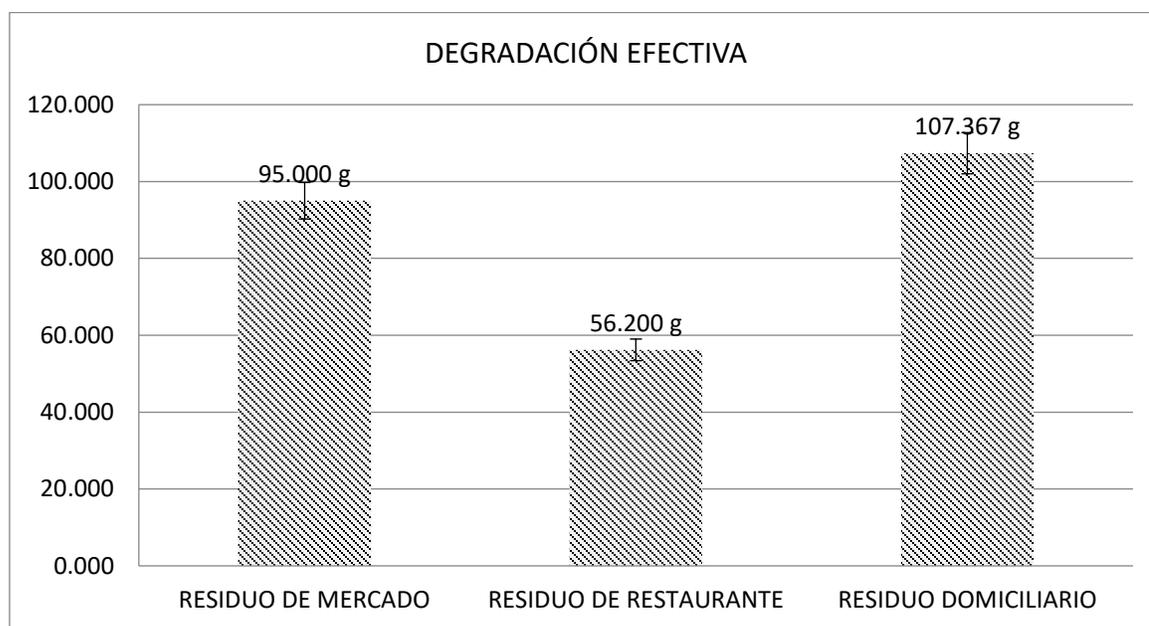


Figura 6. Degradación efectiva de larvas de mosca.

Los resultados de este estudio muestran que los residuos de restaurante fue el de menor degradación efectiva presente, según Diener et al. (2011), afirma que uno de los factores que reduce la degradación de residuos es el acceso limitado a los alimentos por el alto contenido de humedad y grasas. Datos similares fueron reportados por Nguyen et al. (2013), quien afirma que las características de los alimentos pueden influir en el rendimiento de las larvas, si el régimen alimentario consiste en harina de carne, carne de cerdo, pescado o hígado es demasiado gruesa, la ingesta de alimento larval se reduce,

esto concuerda con los hallazgos de esta investigación, donde las larvas alimentadas con residuos de restaurante presentaron el menor índice de reducción de residuos debido a la saturación de harinas y grasas.

#### 4.1.1 Índice de reducción de residuos sólidos orgánicos

De acuerdo al análisis de varianza donde se muestra un P-valor significativo donde indica que si hay diferencia entre los índices de reducción de residuos (WRI). Por lo tanto, se optó por la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para el índice de reducción de residuos orgánicos donde me permite hacer comparaciones múltiples de acuerdo a las medias de cada tratamiento (Tabla 10), muestra comparaciones múltiples de los tratamientos, donde la degradación de residuos orgánicos en los diferentes tratamientos son: residuos domiciliarios (RD) con 1.167 %/día siendo el mejor tratamiento en la reducción de residuos orgánicos, seguido por el residuos de mercado (RM) con 1.030 %/día, y por último residuos de restaurante (RR) fue el que con un valor de 0.609 %/día.

Tabla 10

*Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) índice de reducción de residuos sólidos (WRI).*

Prueba	Residuos orgánicos	N	Media angular	WRI %/día	Agrupación
Tukey	RD	3	6.1923	1.167	A
	RM	3	5.8229	1.030	B
	RR	3	4.4764	0.609	C

Los resultados de este estudio muestran el índice de reducción de residuos orgánicos varia en relación directa al tratamiento, en donde los residuos domiciliarios (RD) con índice de reducción de residuos 1.167 %/día es el mejor tratamiento en la reducción de residuos orgánicos, seguido por los residuos de mercado (RM) con 1.030 %/día, y por último residuos de restaurante (RR) fue el que presentó menor índice de reducción con un valor de 0.609 %/día.

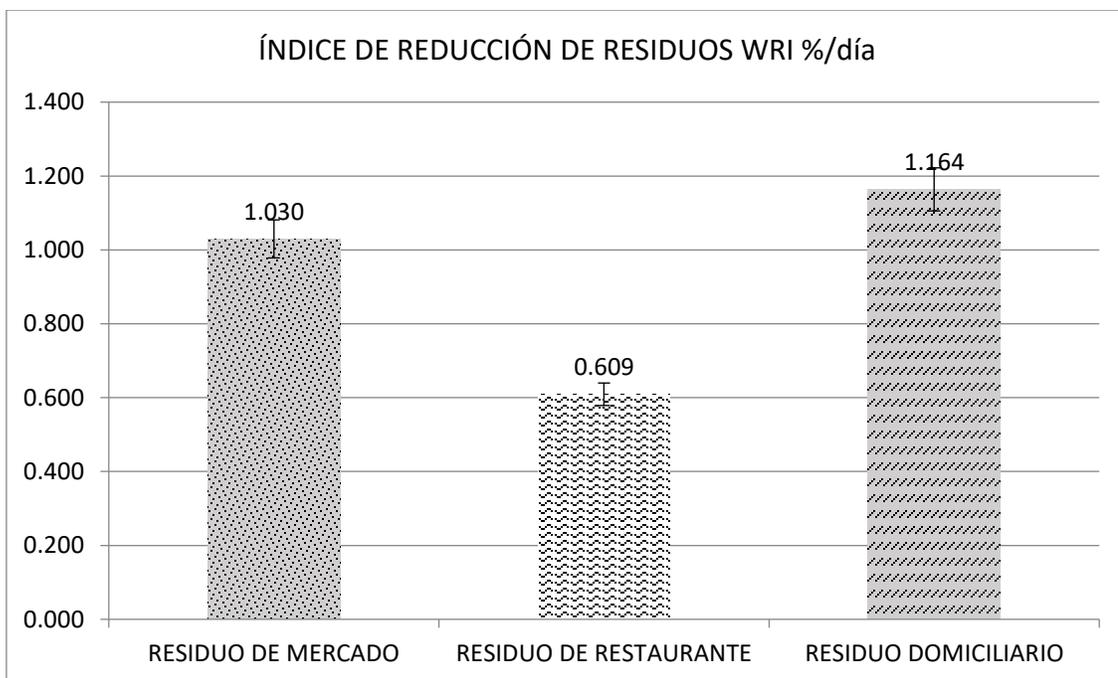


Figura 7. Índice de reducción de residuos sólidos orgánicos

De la figura 7, se aprecia que el mayor índice de degradación de residuos se presentó en residuos domiciliarios con 1.164 %/día. Por otro lado, Diener et al. (2009), en su investigación sobre la conversión de la materia orgánica encontró que para una tasa de alimentación diaria de 100 mg de alimento para pollos por larva presentó como resultado una compensación óptima entre la eficiencia de reducción del material, con un índice de reducción de residuos entre 1.1 y 3.8 %/día. Datos similares fueron reportados por Ground et al. (2018), quien evaluó el índice de reducción de residuos (WRI) en residuos de residuos de café molido, como resultado de la experimentación se reportó un índice de reducción entre 0.83 y 4 %/día, un valor superior a los reportados en esta investigación, esta disparidad entre los resultados podría deberse a las variadas tasas de alimentación, factores como la humedad del material o contenido de fibra y la capacidad de la especie para degradar el residuo orgánico. Esta conclusión concuerda con Michel et al. (2004), quien sostiene que la eficiencia en la transformación de materia orgánica depende de su naturaleza física y química, de los organismos que intervienen y de las condiciones físico químicas del proceso.

Los presentes hallazgos parecen ser consistentes con otras investigaciones, según Bonso (2013) encontró índice de reducción de residuos (WRI) con un valor de 9.96 %/día, lo que indica que 1,00 g de alimento por larvas por día es la tasa de alimentación

más adecuada para reducir de manera eficiente los residuos de alimentos orgánicos, dichos residuos estaban compuestos por: arroz cocido, huesos, carne, pescado, verduras, cáscaras de plátano, etc., los residuos era una mezcla de residuos cocidos y crudos. Así mismo en su investigación sostiene que es probable que las tasas de alimentación más pequeños experimentaron una fuerte deshidratación debido a la superficie desfavorable en relación al volumen, por lo tanto, los grandes valores de la reducción de residuos; estos resultados coinciden con los observados en estudios anteriores (Bonso, 2013).

Por otra parte, Manurung et al. (2016) en una investigación reciente realizada sobre bioconversión de residuos orgánicos a través de larvas de mosca soldado negro (*Hermetia illucens* L.) alimento a seis velocidades de alimentación diferentes (12,5, 25, 50, 100, y 200 mg/larvas/día) hasta que las larvas alcanzaran el estado de prepupa, la más alta eficiencia de reducción de residuos fue grabado por velocidad de alimentación de larvas de 12,5 mg/larva/día con un índice de reducción de residuos (WRI) 0,58 %/día un valor inferior a los obtenidos en esta investigación, donde el residuo de restaurante (RR) fue el que presentó menor índice de reducción con un valor de 0.609 %/día. Este hallazgo corrobora la hipótesis planteada, que las características de la materia orgánica y de los organismos que intervienen, así como de las condiciones físicas químicas del proceso (humedad, aireación, temperatura y pH) condicionan la degradación de residuos orgánicos (Michel et al., 2004).

#### **4.1.2 Eficiencia de conversión de los alimentos ingeridos (ECI)**

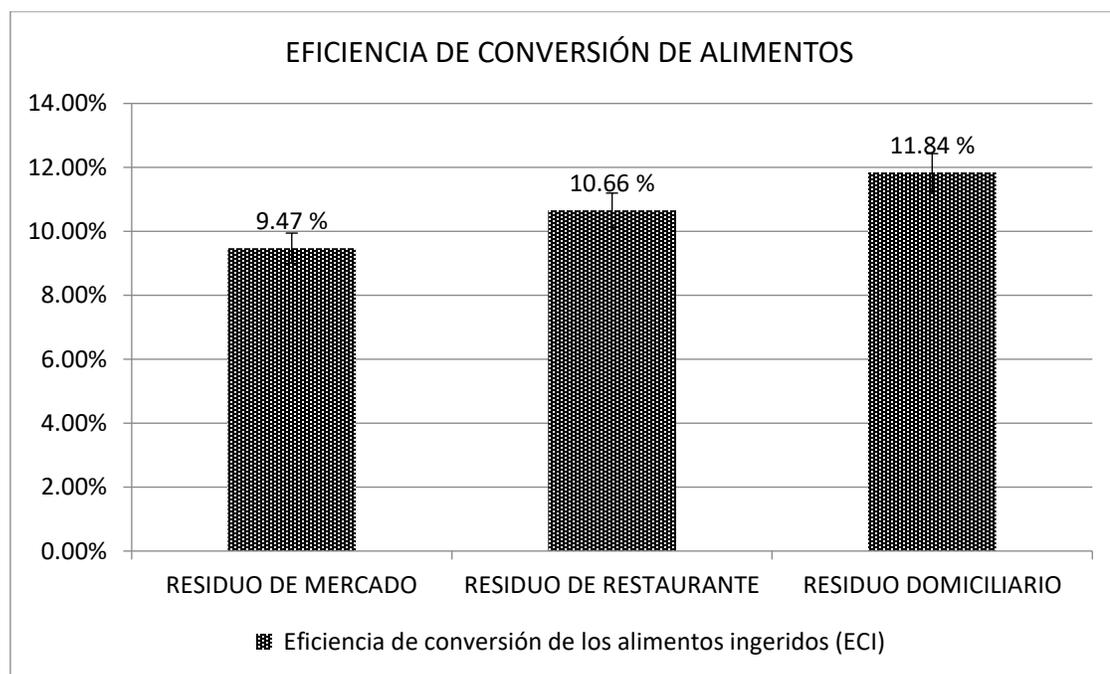
De acuerdo al análisis de varianza donde se muestra un P-valor significativo donde indica que no hay diferencia entre eficiencia de conversión de alimentos ingeridos (ECI). Por lo tanto, se optó por la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para la eficiencia de conversión de alimentos ingeridos donde me permite hacer comparaciones múltiples de acuerdo a las medias de cada tratamiento (Tabla 11), muestra comparaciones múltiples de los tratamientos, donde eficiencia de conversión de alimentos ingeridos por larvas de mosca doméstica en los diferentes tratamientos son: residuos domiciliarios (RD) con 11.840 % siendo el mejor tratamiento en la conversión de alimentos ingeridos, seguido por el residuos de restaurante (RR) con 10.661 %, y por último residuos de mercado (RM) con 9.472 % fue el que presento menor eficiencia en la conversión de alimentos ingeridos.

Tabla 11

*Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) eficiencia de conversión de alimentos ingeridos (ECI).*

Prueba	Residuos orgánicos	N	Media angular	ECI %	Agrupación
	RD	3	20.060	11.840	A
Tukey	RR	3	19.057	10.661	A
	RM	3	17.922	9.472	A

Oonincx et al. (2015) afirma que la eficiencia de conversión de alimentación se puede expresar de diferentes maneras; la medida más común en los sistemas de producción animal es la relación de conversión de alimento (FCR, por sus siglas en inglés). Sin embargo, los entomólogos comúnmente usan la eficiencia de conversión de alimentos ingeridos (ECI, por sus siglas en inglés) como una medida de la eficiencia de conversión de alimento.



*Figura 8.* Eficiencia en la conversión de alimentos ingeridos.

Según Ground et al. (2018), evaluó la eficiencia de conversión alimenticia de residuos orgánicos de café molido, como resultado de la experimentación encontró una eficiencia de conversión entre 2.71 % - 5 %, en contraste con el presente estudio, las

larvas de mosca doméstica poseen índice de conversión de alimentos ingeridos superior con porcentajes entre 9.47 % - 11.84 %, siendo el de mejor eficiencia los residuos domiciliarios. Por otra parte, Diener et al. (2009), reportó resultados en donde la eficiencia de conversión de alimentos ingeridos en gallinaza (alimento de pollo), a través de larvas de mosca soldado negro con una eficiencia de conversión alimenticia que osciló 24,4-38% y una eficiencia promedió de 29.6 %, un valor superior a los encontrados en esta investigación, estos datos deben ser interpretados con cautela puesto que existe una serie de factores que afectarían la conversión alimenticia.

Esto puede afirmar la explicación previa sobre el balance de masa, cuando se da la pequeña cantidad de alimento, alta proporción de alimentación se utiliza para el metabolismo. Además, Según Martínez & Rivero (2005), lo mismo que es afirmado por Cohen (2015), menciona que la eficiencia de conversión alimenticia depende de una variedad de factores, como la especie y la dieta consumida, debido a las diferencias en los sistemas digestivos y los requerimientos de nutrientes, la misma dieta puede resultar diferente otras especies. Estos resultados coinciden con otros hallazgos, según Michel et al. (2004), sostiene que la eficiencia en la transformación de materia orgánica depende de su naturaleza física y química, de los organismos que intervienen y de las condiciones físico químicas del proceso.

## **4.2 Tasas de crecimiento de larvas de mosca doméstica**

### **4.2.1 Incremento en longitud de larvas de mosca doméstica**

Los resultados de longitud total fueron superiores en larvas alimentadas con residuos domiciliarios (RD) ( $p < 0.05$ ). Las dietas de residuos orgánicos generaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) en la longitud total de las crías (tabla 12 y figura 9). Por otra parte, las tasas de crecimiento absoluta (TAC), relativa (TRC) y específica (TEC) fueron significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) en todos los tratamientos (Ver tabla 13). Las diferencias observadas se relacionan directamente con el mayor contenido de proteínas en la dieta, es decir, a mayor concentración de proteínas en el alimento las tasas de crecimiento fueron superiores; el incremento máximo diario de longitud total fue de 0.333 mm/día con los residuos domiciliarios (RD), seguido de residuos de restaurante (RR) con 0.220 mm/día y el menor incremento en longitud con 0.160 mm/día con los residuos de mercado (RM), esto representa un crecimiento relativo (CR) del 26 %, 17 % y 12 % respectivamente.

Tabla 12

*Tasa de crecimiento absoluta (TAC), relativa (TRC) y específica (TEC) absoluta en longitud total (mm) de larvas de mosca doméstica.*

Parámetro/ Promedio	Residuo de mercado (RM)	Residuo de restaurante (RR)	Residuo domiciliario (RD)
Talla inicial promedio (mm)	12.055	11.659	11.721
Talla final promedio (mm)	13.499	13.637	14.715
Crecimiento absoluto (mm)	1.444	1.977	2.994
Tasa absoluta de crecimiento TAC (mm/día)	0.160	0.220	0.333
Crecimiento relativo (%)	12	17	26
Tasa relativa de crecimiento TRC (%)	1.330	1.880	2.840
Tasa específica de crecimiento TEC (%/día)	1.260	1.740	2.530
Tiempo (días)	9	9	9

Según Nguyen & col. (2013) determino que un aumento en la tasa de crecimiento y una disminución en la duración del desarrollo de las larvas soldado negro se produce en las dietas altas en proteínas y altas en grasas. Datos similares fueron reportados en esta investigación con larvas de mosca doméstica, el crecimiento larvario mostró un patrón de rápido aumento en la longitud en larvas obtenidas en sustratos de restaurante superior a los residuos de mercado, sin embargo, en peso fue el que menor incremento de peso presento en relación a residuos de mercado y domiciliarios. Esta aseveración se debe al alto contenido de grasas, que puede ser perjudicial no solo para las tasas de crecimiento, sino también para la supervivencia larval y adulta, la vida útil y el rendimiento reproductivo (Ujvari et al., 2010; Nguyen et al., 2013).

La alta calidad de los alimentos mejora la tasa de desarrollo y aumenta la supervivencia en algunas especies de insectos (de Haas et al., 2006 ). Según, Nguyen et al. ( 2013 ) y Ooninx et al. (2015) observaron que las larvas detritívoras de la mosca soldado negra (BSF), *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae), cuando se alimentaban con dietas de subproductos vegetales ricos en proteínas, tenían un tiempo de desarrollo más corto (21 días) que las larvas alimentado con dietas bajas en proteínas (37 días),

esta investigación concuerda con los autores, dado que las larvas obtenidas de sustratos de mercado y domiciliarios fueron los que mayor peso y crecimiento experimentaron y llegaron a pupar en apenas 9 días, a diferencia de los residuos de restaurante que no presentaron transformación, lo que significaría que el residuos de restaurante, no mejora la tasa de crecimiento debido a su alto contenido de grasa (Nguyen & col., 2013). Sin embargo, Tschirner & Simón (2011) sugirieron que las dietas con una mayor proporción de proteínas aumentan el tiempo de desarrollo y la tasa de supervivencia de algunas especies de moscas depredadoras.

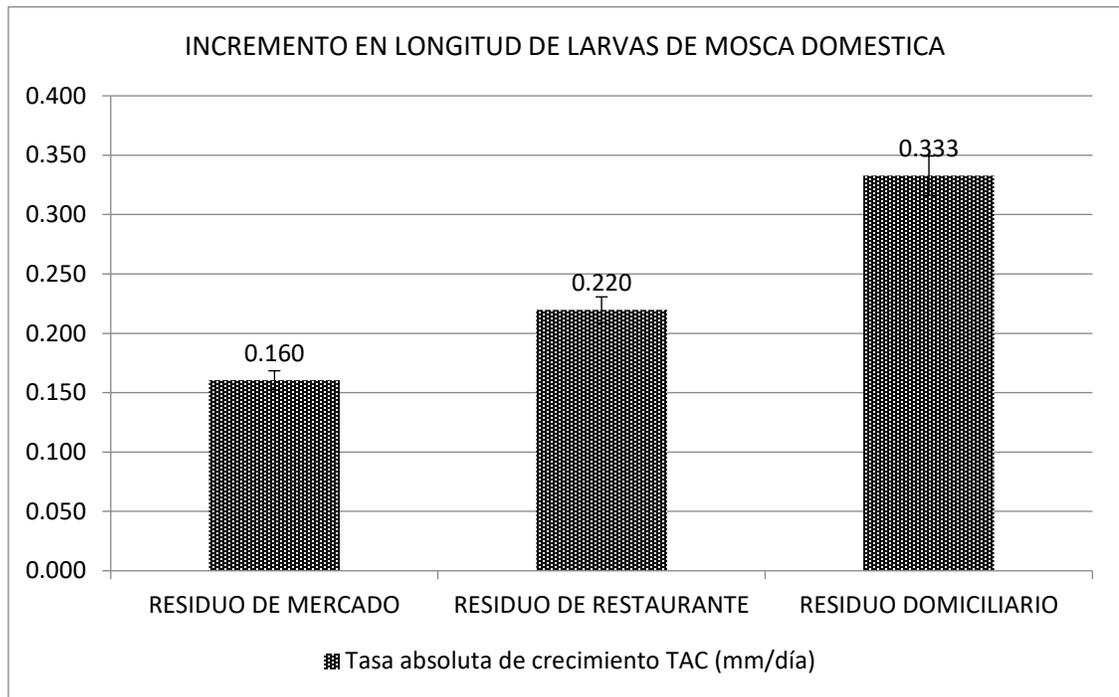


Figura 9. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) – longitud.

Tabla 13

*Análisis estadístico de las tasas de crecimiento de larvas (Prueba de Tukey) - Tasa de crecimiento absoluta (TAC), relativa (TRC) y específica (TEC) en peso y longitud.*

Prueba	Parámetro	Residuos orgánicos	N	Media	TAC cm/día	Agrupación
Tukey	TAC Peso	RD	3	0.3327	0.3327	A
		RR	3	0.2197	0.2197	B
		RM	3	0.1604	0.1604	C
	TAC Longitud	RD	3	2.254	2.254	A
		RM	3	1.597	1.597	B
		RR	3	1.065	1.065	B
	TRC Longitud	RD	3	9.699	2.846	A
		RR	3	7.905	1.892	B
		RM	3	6.668	1.348	C
	TRC Peso	RD	3	13.514	5.48	A
		RM	3	12.316	4.56	A
		RR	3	9.265	2.59	B
	TEC Longitud	RD	3	9.139	2.528	A
		RR	3	7.582	1.741	B
		RM	3	6.439	1.258	C
TEC peso	RD	3	12.116	4.416	A	
	RM	3	12.209	3.783	A	
	RR	3	8.709	2.294	B	

#### 4.2.2 Incremento en peso de larvas de mosca doméstica

Los mejores resultados ( $p < 0.05$ ) se presentaron en larvas alimentadas con residuos domiciliarios mayor contenido de proteínas y de lípidos, así como una menor cantidad de carbohidratos. Asimismo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) entre las tasas relativas de crecimiento (TAC) y tasas específicas de crecimiento entre larvas alimentadas con residuos domiciliarios y de mercado (Ver tabla 13). El incremento diario máximo en peso fue de 2.254 mg/día con residuos domiciliarios (RD), seguido de residuos de mercado (RM) con 1.597 y el menor 1.065 mg/día con residuos orgánicos de restaurante (RR), lo anterior representa una diferencia de 27.50% a favor de los primeros ( $p < 0.05$ ). Esto representa un crecimiento relativo (CR) del 49.6 %, 40.382 % y 23.3 % respectivamente (Ver tabla 14 y figura 10).

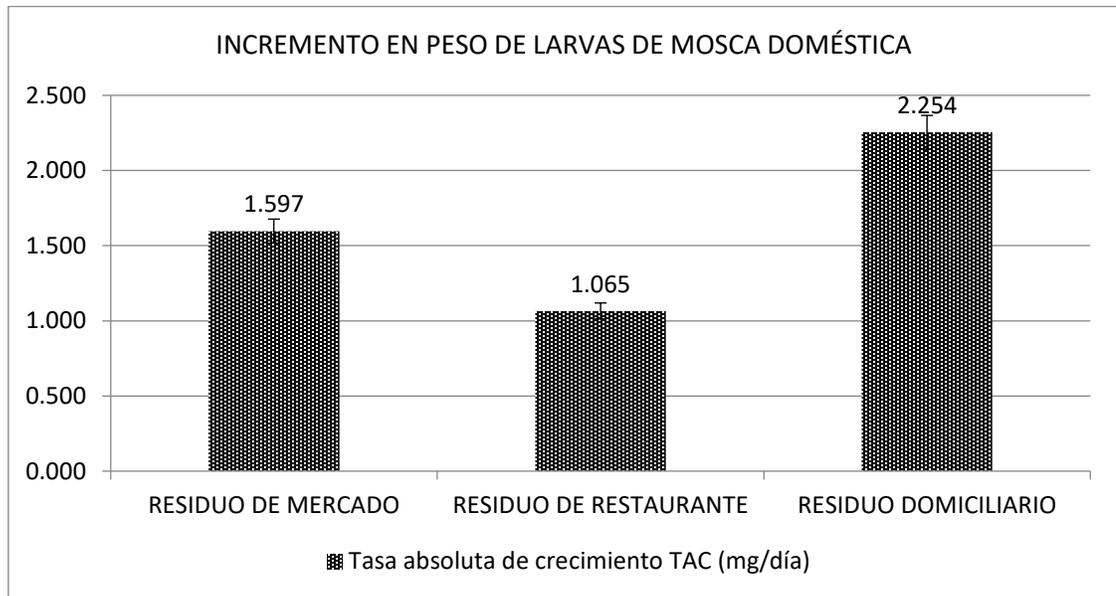
Tabla 14

*Tasa de crecimiento absoluta (TAC), relativa (TRC) y específica (TEC) en peso (mg) de larvas de mosca doméstica.*

Parámetro/ Promedio	Residuo de mercado (RM)	Residuo de restaurante (RR)	Residuo domiciliario (RD)
Peso inicial (mg)	35.593	41.093	40.907
Peso final (mg)	49.967	50.681	61.193
Ganancia en peso (mg)	14.373	9.588	20.287
Tasa absoluta de crecimiento TAC (mg/día)	1.597	1.065	2.254
Crecimiento relativo (%)	40.382	23.332	49.593
Tasa de crecimiento relativo TCR (%)	4.487	2.592	5.510
Tasa específica de crecimiento TEC (%/día)	3.783	2.294	4.416
Tiempo (días)	9	9	9

El peso y el rendimiento de las larvas se vieron afectados positivamente por la concentración de nutrientes en las tres densidades de larvas, el que menor aumento de peso experimentó fue la densidad de larvas obtenidas de sustrato de restaurante, esto debido a la sobresaturación de grasas (Nguyen & col., 2013). Varios autores

observaron que las larvas alimentadas con una dieta alta en proteínas y grasas tenían una tasa de crecimiento más alta que las alimentadas con dietas bajas en proteínas y grasas (Nguyen et al., 2013; Oonincx et al., 2015; Tschirner & Simon, 2015).



*Figura 10. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) – peso.*

Las densidades larvares más bajas no siempre son mejores para maximizar la tasa de crecimiento. En algunas especies de insectos, las agregaciones de larvas proporcionan beneficios adaptativos a los individuos debido a la generación de calor, lo que podría mejorar la asimilación de los alimentos (Green & Popa, 2012) y proporcionar protección contra la baja temperatura ambiental y posiblemente depredadores (Rivers & Dahlem, 2013). El aumento de peso de las larvas de también se ve afectado debido a su posible dependencia de las bacterias como alimento (Liu et al., 2008 ). Similar situación se reportó en esta investigación, donde los residuos que contienen mayor aireación debido a la naturaleza del sustrato presento mayor desarrollo larvario y mayor degradación de residuos. También es fundamental que existen otros factores bióticos también pueden afectar el rendimiento, como la densidad larval que afecta la tasa de desarrollo (Diener et al., 2009).

### 4.2.3 Concentración final de pH

En la tabla 15, se muestra las medias de pH después antes y después del tratamiento. Según Michel et al. (2004), afirma que una de las condiciones de importancia en el proceso de reducción de residuos orgánicos es: pH, humedad, aireación y temperatura, en cuanto a los resultados obtenidos luego del proceso de experimentación se muestra que el residuo domiciliario (RD), con una concentración 6.13 de pH, siendo un sustrato ligeramente ácido, seguido por los residuos de restaurante (RR), con 6.01 y por último residuos de mercado (RM) con un valor de 5.3 de pH el cual indica que es un suelo medianamente ácido. Según Martínez & Rivero (2005), los micronutrientes en los residuos verdes están presentes de diferentes formas químicas y asociarse a diversos componentes de naturaleza mineral como orgánica.

Tabla 15

*Concentración final de PH en sustratos utilizados.*

Residuo orgánico	T	pH pre tratamiento	Promedio pH pre tratamiento	pH post tratamiento	Promedio pH pos tratamiento
Residuo de mercado	T1	5.4	5.3	6.1	6.03
	T1	5.2		6.0	
	T1	5.3		6.0	
Residuo de restaurante	T2	6.0	6.1	5.2	5.1
	T2	6.2		5.1	
	T2	6.1		5.0	
Residuo domiciliario	T3	6.3	6.13	7.2	7.1
	T3	6.1		7.1	
	T3	6.0		7.0	

En la tabla 15, se observa que todos los residuos presentaron valores de pH menores a 7 en la etapa pre tratamiento y fueron ascendiendo durante el proceso de experimentación, probablemente, la excreción alcalina de grupos de larvas neutraliza la acidez asociada con el crecimiento bacteriano y predigestión el sustrato (Barragan-Fonseca et al., 2017). Según Robles (2015), encontró un pH ligeramente ácido durante

el proceso de compostaje con residuos orgánicos, iniciándose con un valor mínimo de pH igual a 5.4, luego se incrementó paulatinamente durante 20 días hasta alcanzar su punto máximo pH de 8.1, resultados contrarios fueron encontrados con Aubert de la Parra et al. (2001), durante la producción de larvas de mosca doméstica en excretas de cerdo, la variación de pH observado en el ensilado de excreta de cerdo con sorgo molido y melaza presentaron una disminución de pH desde valores iniciales entre 13.3 - 15.3 hasta valores mínimos como 4.1 en un periodo de 15 días. Datos similares a los reportados en esta investigación donde los residuos de restaurante presentaron una disminución de pH, Posiblemente la acidificación del medio podría deberse a las características propias del sustrato; esta hipótesis coincide con la FAO (2013) quien indica que los residuos vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio. Este hallazgo, aunque preliminar, sugiere que el pH post tratamiento del sustrato procesado por las larvas de mosca domestica bajo las condiciones de este experimento, cuenta con las características apropiadas para ser composteado o utilizado como materia prima en lombricultura, el rango ideal para la lombricultura es de 5 a 8.5 de pH, un rango adecuado para el desarrollo de la lombriz (FAO, 2013).

#### **4.2.4 Mortalidad y supervivencia de larvas de mosca doméstica**

Los resultados de mortalidad, supervivencia y transformación de los larvas de mosca doméstica durante la fase de crecimiento variaron entre los diferentes tipos de residuos (ver Anexo 17), en relación a los resultados obtenidos las larvas alimentadas con residuos domiciliarios (RD) y residuos de restaurante (RR) no presentaron mortalidad, siendo ambos un tratamiento eficaz para el crecimiento de larvas de mosca doméstica, y por último los residuos de mercado (RM) con 80% de supervivencia y 20% de mortalidad, en donde se evidenciaron muerte de larvas en los primero días de inoculación, posiblemente esto fue como consecuencia de la selección realizada en la fase de aclimatación y de la aceptación de los alimentos y de las características físicas y químicas del residuo orgánico. Para Robles (2015), los primeros días el sustrato de residuos orgánicos tiende a acidificarse y posteriormente tiende incrementarse paulatinamente pH superior a 7; la FAO (2013) sostiene que los residuos vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio, periodo en donde podría ocurrir la mortalidad de algunas larvas.

Tabla 16

*Porcentaje de mortalidad y supervivencia de larvas de mosca doméstica*

Residuo orgánico	T*	% Mortalidad de larvas	% Supervivencia	% Transformación en pupas	pH pre tratamiento	pH post tratamiento
Residuo de mercado	T1	25.60 %	74.40 %	3.2 %	5.4	6.1
	T1	25.28 %	74.72 %	4.0 %	5.2	6.0
	T1	27.52 %	72.48 %	3.2 %	5.3	6.0
Residuo de restaurante	T2	0%	100.0 %	0.0 %	6.0	5.2
	T2	0%	100.0 %	0.0 %	6.2	5.1
	T2	0%	100.0 %	0.0 %	6.1	5.0
Residuo domiciliario	T3	0%	100.0 %	16.0 %	6.3	7.2
	T3	0%	100.0 %	16.8 %	6.1	7.1
	T3	0%	100.0 %	15.2 %	6.0	7.0

Según datos reportados por Larraín & Salas (2008), donde evaluó el desarrollo de la mosca doméstica en diferentes tipos de estiércol, donde menor mortalidad se presentó con estiércol porcino con una mortalidad de 2.5 %, estiércol de pollo 5 %, estiércol de becerro con 11 %. Esto fue seguido por mortalidades intermedias en tratamientos basados en estiércol de vaca y excrementos de perro con 16 y 23 % respectivamente, los tratamientos con estiércol de caballo y de cabra mostraron una mortalidad significativamente mayor que los otros tratamientos, con 46 y 63 %, respectivamente. Finalmente, el abono porcino compostado no permite la supervivencia de las larvas, alcanzando el 100% de la mortalidad. Posiblemente esta situación podría deberse a la condición del medio, para Aubert de la Parra et al. (2001), las excretas de cerdo tienden a acidificarse con el pasar de los días, siendo esta característica un factor fundamental en la mortalidad de larvas de mosca. Según Meraz (2017) otro factor determinante para la sobrevivencia de las larvas es la humedad, ya que se secan si no hay suficiente, mientras que demasiada humedad conduce a su ahogamiento (Čičková et al., 2015). Por el contrario, Simon et al. (2011) sugirieron que las dietas con una mayor proporción de proteínas aumentan el tiempo de desarrollo y la tasa de supervivencia de algunas especies de moscas depredadoras.

En relación a la transformación en pupas de larvas de mosca doméstica en un periodo de 9 días, periodo que duro la experimentación, la mayor transformación en pupas se evidencio en residuos domiciliarios (RD) con 16% seguido de residuos de mercado 3.3 % y por último residuos de restaurante, en donde no se presentó pupas, esto debido a que los residuos tenían mayor humedad. En relación a la duración del estado larval y la transformación en pupas, Salas & Larraín (2012) establece que la humedad tiene una relación con la duración de los estados de larva y pupa de las moscas domésticas. Estos resultados concuerdan también con las observaciones realizadas por Larraín & Salas (2008), que realizaron investigaciones con las especies de *Fanniidae*. Este resultado concuerda con Meraz (2019) quien sostiene que las pupas toleran menor humedad para su desarrollo, además es fundamental en el proceso de transformación en pupas de larvas, la humedad tiene una relación con la duración de los estados de larva y pupa de las moscas domésticas.

#### 4.3 Contenido nutricional de larvas de mosca doméstica

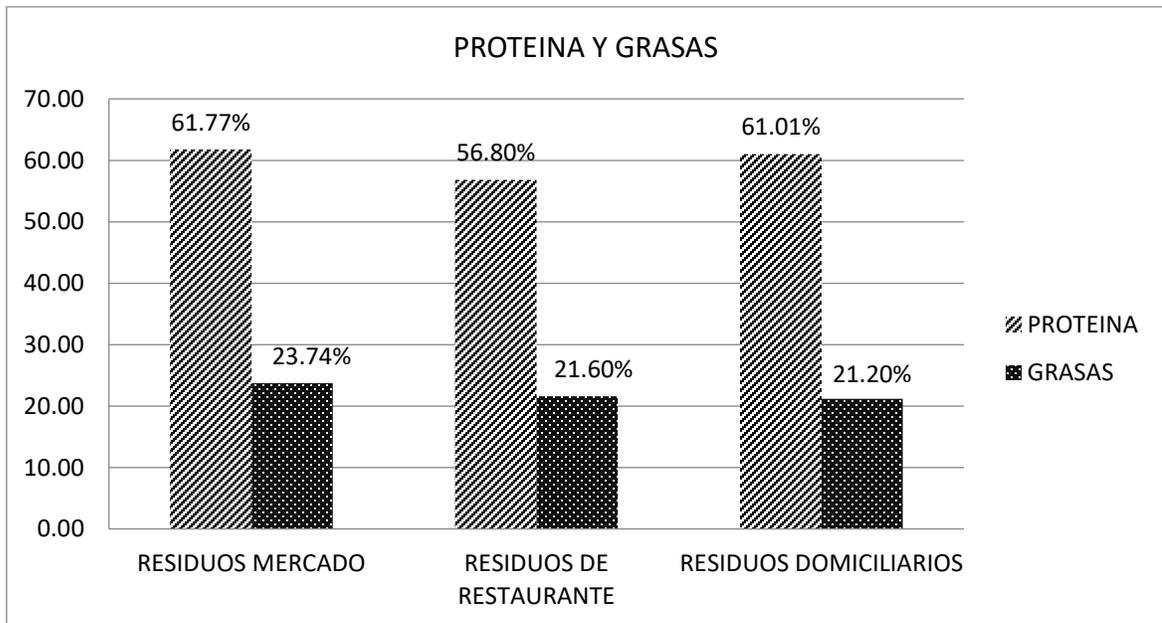
La tabla 17, se muestra la composición química proximal de larvas secas de larvas de mosca doméstica, analizadas en tres diferentes sustratos; en las muestras analizadas se observaron niveles altos de proteína y grasas de acuerdo a la clasificación de las materias primas, teniendo más altos porcentajes las larvas de mosca doméstica aplicados en residuos de restaurante. Los resultados de laboratorio del contenido nutricional de larvas de mosca doméstica se detallan en el anexo 24 y 25.

Tabla 17

*Análisis nutricional de larvas secas de mosca doméstica.*

Análisis nutricional de harina larvas de mosca doméstica (%)			
Composición	Residuos de mercado	Residuos de restaurante	Residuos domiciliarios
Humedad	5.081	1.809	3.334
Proteína	61.767	56.799	61.009
Grasas	23.735	21.597	21.204
Cenizas	5.290	5.883	6.174
Calcio	0.220	0.240	0.240
Fosforo	0.410	0.480	0.510

En la Figura 11, se observa la comparación de proteínas y grasas en los diferentes sustratos aplicados; de acuerdo a la información obtenida, se pueden resaltar las diferencias en el porcentaje de proteína y grasas, donde el mayor contenido de proteínas se encuentra en larvas alimentadas con residuos de mercado (RM) con un valor de 61.7% seguido de residuos domiciliarios (RD) con 61.01 % y por último residuos de restaurante (RR) con 56.8 %, en relación al contenido de grasas, las larvas de mosca obtenidos de residuos de mercado (RM) presento mayor porcentaje con 23.74 %, seguido por residuo de restaurante (RR) y finalmente residuos domiciliarios (RD) con 21.60 % y 21.20 % respectivamente.



*Figura 11.* Contenido de proteína y grasa en larvas secas de mosca doméstica.

En la Figura 12, se observa la comparación de humedad y cenizas de larvas de mosca doméstica obtenidas luego de ser aplicados en diferentes sustratos; de acuerdo a la información obtenida, el tratamiento en donde las larvas poseen mayor porcentaje de humedad se encuentra en larvas alimentadas con residuos de mercado (RM) con 5.08 % seguido de residuos domiciliarios (RD) con 5.88 % y por último residuos de restaurante (RR) con 1.81 %, en relación al porcentaje de cenizas, las larvas de mosca obtenidos de residuos domiciliarios (RD) presento mayor porcentaje de cenizas con 6.17 %, seguido por residuo de restaurante (RR) y residuos de mercado (RM) con 5.88 % y 5.29 % de cenizas respectivamente.

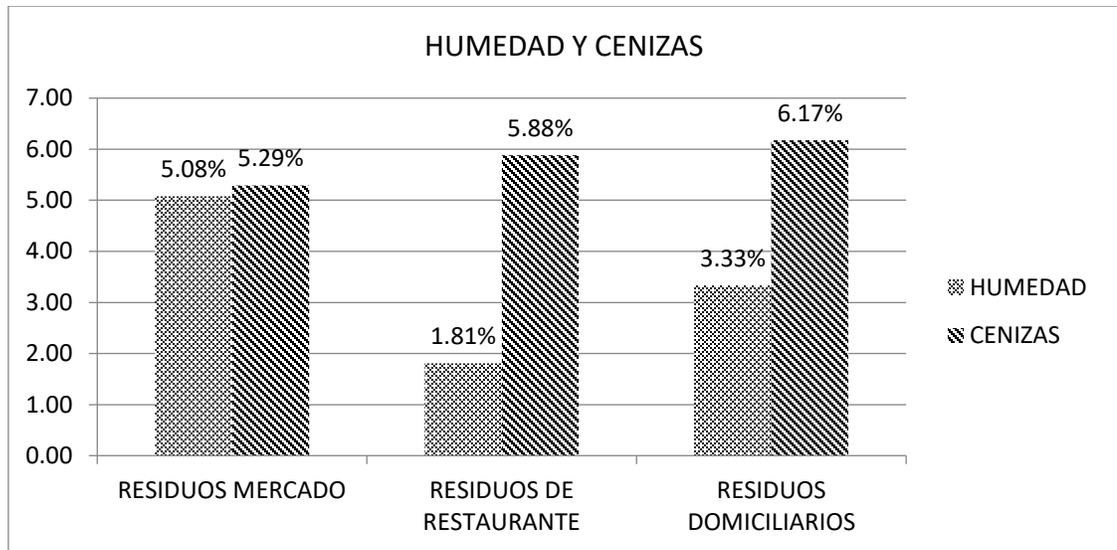


Figura 12. Humedad y cenizas en larvas secas de mosca doméstica.

En la Figura 13, se observa la comparación de calcio y fósforo de larvas de mosca doméstica obtenidas luego de ser aplicados en diferentes sustratos; de acuerdo a la información obtenida, el tratamiento en donde las larvas poseen mayor porcentaje de calcio se encuentra en larvas alimentadas con residuos de restaurante (RR) y residuos domiciliarios (RD) con 0.24 % y por último residuos de mercado (RR) con 0.22 %, en relación al porcentaje de fósforo, las larvas de mosca obtenidos de residuos domiciliarios (RD) presento mayor porcentaje de cenizas con 0.51 %, seguido por residuo de restaurante (RR) y residuos de mercado (RM) con 0.48 % y 0.41 % de cenizas respectivamente.

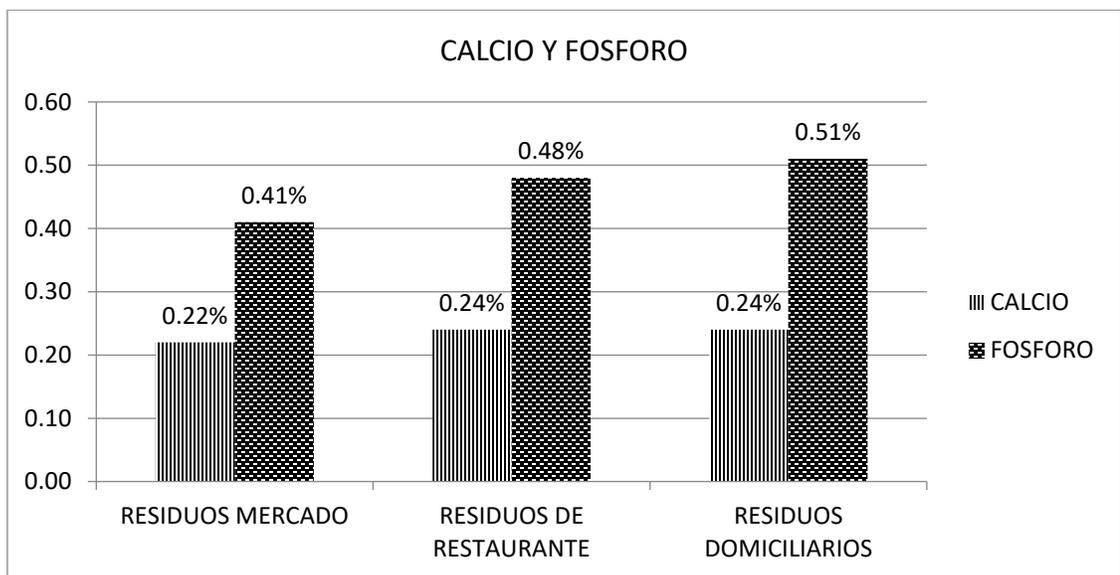


Figura 13. Calcio y fósforo en larvas secas de mosca doméstica.

En la tabla 18, se observa la comparación entre análisis de la composición nutricional obtenida de larvas de mosca doméstica y datos reportados por Sheppard (2002) y Arango (2004) quienes evaluaron el contenido nutricional en larvas de mosca soldado negra; los valores reportados en esta investigación demuestran que contenido de grasas es 23.7 %, superior a los datos obtenidos por Arango (2004) con un valor de 18.8 %, e inferior a los encontrados por Sheppard (2002), quien reporto un valor entre 27.9 – 31.5 %. En relación al contenido de proteínas, las larvas de mosca doméstica, poseen un porcentaje superior con 61.8 % con respecto a los datos reportados por Sheppard (2002) y Arango (2004), con unos valores de 37 y 37.8 % respectivamente. Esta diferencia aparente se podría deber a una combinación de factores, tales como: las características de la alimentación de las larvas, la homogeneidad de la muestra, la procedencia y estado de desarrollo las larvas; estos aseveración coincide con los datos de otros estudios, Según Martínez & Rivero (2005), lo mismo que es afirmado por Cohen (2015) y Michel et al. (2004), sostiene que la eficiencia en la transformación de materia orgánica depende de su naturaleza física y química, de los organismos y las condiciones del proceso experimental.

Tabla 18

*Comparación del análisis proximal de la harina obtenida de larvas de mosca doméstica y los datos reportados por Sheppard et al. (2002) y Arango et al. (2004).*

Composición	Muestra de larvas <i>Hermetia illuscens</i> L. Obtenida por Sheppard et al. (2002) (%)	Muestra de larvas <i>Hermetia illuscens</i> L. Obtenida por Arango et al. (2004) (%)	Muestra de larvas de mosca doméstica (%)
Humedad	10.0	10.0	5.1
Proteína	36.9 – 37.8	37.0	61.8
Grasas	27.9 – 31.5	18.8	23.7
Cenizas	12.6 – 13.5	17.5	5.3
Calcio	4.3 – 4.59	7.6	0.2
Fósforo	0.54 – 0.567	0.6	0.4

En la Tabla 19, se observa la comparación de los análisis proximales de las harinas de pescado y de las larvas de la mosca doméstica; de acuerdo a la información obtenida, se pueden resaltar las diferencias en el porcentaje de proteína y grasas de la harina de larva de mosca doméstica con respecto a la harina de pescado, en donde el contenido nutricional de larvas de mosca soldado negra es claramente superior en proteínas y grasas con 61.8 y 23.7 %, en relación a la harina de pescado con 23.7 y 10.5 % respectivamente. Los hallazgos de este estudio son consistentes; la grasa es el nutriente que mayor cantidad de energía aporta por unidad de peso, tiene un efecto en el sabor característico de la dieta, además incide en la sensación de saciedad a una comida. De acuerdo Arango et al. (2004), la harina de la larva de mosca doméstica contiene mayor cantidad de ácidos grasos insaturados que la harina de pescado, datos corroborados por Sheppard (2002) y Ramos (2003), quien afirma que los invertebrados albergan gran porcentaje de ácidos monoinsaturados y poliinsaturados. En este caso la harina de la mosca doméstica presenta un valor superior en contenido de grasas comparado con la harina de pescado; esto hace que la harina de larvas de mosca doméstica pueda ser considerada como un ingrediente con un buen contenido calórico o energético, estos resultados proporcionan apoyo adicional a una posible aplicación como sustituto nutricional para alimentos avícola y piscícola.

Tabla 19

*Comparación del análisis proximal entre la harina de las larvas de mosca doméstica y la composición bromatológica de la harina de pescado.*

Composición	Harina de larvas de mosca doméstica (%)	Harina de pecado (%)
Humedad	5.1	10.0
Proteína	61.8	61.0
Grasas	23.7	10.5
Cenizas	5.3	17.4
Calcio	0.2	4.4
Fósforo	0.4	2.2

Las características del alimento y el hábitat de las larvas condicionan el contenido de las sales minerales de las larvas (Arango et al., 2004). Según Ramos (2003) el orden Díptera presentan una proporción elevada de elementos como el K, Ca, Fe y Mg en relación a la harina de pescado y otros suplementos nutricionales. Datos similares

fueron obtenidos por Hussein et al (2017), evaluó los micronutrientes en la harina de larva, y afirmó que es una buena fuente de calcio y fósforo (0,5% y 1,1% respectivamente) cantidades superiores a los encontrados en esta investigación. Además, sostiene que el valor nutricional de la harina de larva es muy similar al de la harina de pescado. Contrariamente a lo esperado, este estudio no encontró dicha proporción, al realizar la comparación entre el calcio y fósforo se observa una menor cantidad en calcio y fósforo en harina de larvas de mosca doméstica y una mayor concentración de fósforo y calcio en la harina de pescado. Estos resultados invalidan la hipótesis de Ramos (2003), finalmente valor nutricional de la harina de larva coincide estrechamente con el de la harina de pescado, por lo que es una alternativa potencialmente atractiva para su uso como ingrediente alimenticio rico en proteínas para las operaciones de ganadería y acuicultura.

Tabla 20

*Comparación del análisis proximal entre la harina de las larvas de mosca doméstica y los datos reportados por Sheppard et al. (2002) y Hussein et al. (2017).*

Composición	Harina de larvas de mosca doméstica (%)	Harina de larvas de mosca doméstica Sheppard et al. (2002) (%)	Harina de larvas de mosca doméstica Hussein et al. (2017) (%)
Humedad	5.1	10	-
Proteína	61.8	56.7	59.9
Grasas	23.7	8.1 - 13.5	19.64
Cenizas	5.3	4.95	7.06

En la Tabla 20, se observa una comparación de los análisis proximales y microbiológicos de la mosca doméstica con los datos reportados por Sheppard (2002) y Hussein (2017), los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que las larvas de mosca doméstica tienen niveles superiores en proteína, grasa y cenizas con valores de 61.8 % respecto a lo encontrado por Sheppard y Hussein con 56.7 y 59.9 % respectivamente; esta diferencia de valores entre la misma larva de mosca doméstica se puede deber a una combinación de factores, tales como: las características de la alimentación, la procedencia y estado de desarrollo del insecto, estos resultados coinciden con los observados en estudios anteriores (Barragan-Fonseca et al., 2017).

## CONCLUSIONES

Las larvas de la mosca doméstica (*Musca domestica* L.), son capaces de digerir y degradar residuos orgánicos de manera eficaz, el índice de reducción de residuos orgánicos varía en relación directa al tipo de residuo empleado, los residuos domiciliarios (RD) fue el mejor tratamiento con un índice de reducción de 1.167 %/día, donde las larvas degradan hasta 4 veces su peso en un periodo de vida de 9 días. En relación a la conversión de alimentos ingeridos por larvas de mosca doméstica, se demostró estadísticamente que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, siendo el mejor tratamiento residuos domiciliarios (RD) con 11.840 %.

En relación al incremento de longitud de larvas de mosca doméstica, las tasas de crecimiento absoluta (TAC), relativa (TRC) y específica (TEC) fueron significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) en todos los tratamientos, además el tipo de sustrato afectó significativamente la capacidad de las larvas para desarrollarse con respecto a la tasa de crecimiento, la mortalidad, y la transformación en pupas. Las diferencias observadas se relacionan directamente con el mayor contenido de proteínas en el sustrato, donde el incremento máximo diario de longitud y peso total en larvas de mosca doméstica fue de 0.333 mm/día y 2.254 mg/día con sustrato de los residuos domiciliarios (RD), cuanto mayor es la tasa de crecimiento de las larvas de mosca doméstica, más alto es el índice de reducción de residuos orgánicos.

El contenido proteico de las larvas obtenidas de la degradación fue similar en los tres sustratos de alimentación contiene un alto potencial como sustituto nutricional, se pueden resaltar las diferencias en el porcentaje de proteína y grasas, donde el mayor contenido de proteínas y grasas se encuentra en larvas alimentadas con residuos de mercado (RM) con un valor de 61.7 % y 23.74 % respectivamente, esta diferencia se debe a una combinación de factores, tales como: las características del sustrato, tipo de larvas y las condiciones de desarrollo.

## RECOMENDACIONES

Considerar opciones de post tratamiento, dado que los resultados de pH de los residuos orgánicos demuestran que el sustrato procesado por las larvas de mosca doméstica cuenta con las características apropiadas para ser composteado o utilizado como materia prima en lombricultura.

Realizar nuevos estudios sobre el uso de organismos saprófitos del ecosistema andino como hongos, bacterias y lombrices para transformar la materia orgánica en proteína de alto valor.

Evaluar la viabilidad de las larvas obtenidas de la degradación de residuos orgánicos, ya que los resultados muestran un alto potencial como sustituto nutricional, además ampliar los datos sobre el valor nutritivo de las especies de insectos comestibles y su contribución a los seres humanos y animales, desarrollo de nuevos modos de integrar los insectos en las dietas de una amplia gama de consumidores a través de la creación de productos basados en insectos, así como procedimientos sanitarios que permitan garantizar la seguridad de alimentos.

Mejorar la mecanización, la automatización, el procesamiento y la logística con la finalidad de reducir los costos de producción a un nivel comparable con otras fuentes de bioconversión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anene, A., Afam, O. C., Ike, K., & Ekekwe, N. H. (2013). Recent biophysical characteristics of domestic water sources in Owerri Metropolis, Nigeria. *Journal of Research in Biology*, 3(6), 1066–1071. Retrieved from <http://jresearchbiology.com/documents/RA0297.pdf>
- Álvarez, C., & Alvarado, V. (2016). Categorización de las variables inherentes a la responsabilidad social empresarial sobre los residuos sólidos urbanos de PET generados por las empresas refresqueras en México empleando el índice de severidad de Mendenhall. *Análisis Económico*, 123–140. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41344590007>
- Aquino-Gil, M. O., Aquino-Gil, M. A., Aquino-Gómez, V. M., Soto-López, G., & Andres-Rodriguez, C. (2013). *Aprovechamiento de la proteína del estado larvario de la mosca comun Musca domestica para la elaboracion y evaluacion de alimento para codorniz* (Instituto). Retrieved from <http://www.entomologia.socmexent.org/revista/2012/AGR/Agroecología.pdf>
- Aubert de la Parra, I., Martínez, J. J., & Borbolla, G. (2001). Efecto del ensilaje y la biodegradación con larva de mosca sobre las características nutricionales y bacterianas de la excreta de cerdo. *Mediagraphic*, 32, 9. Retrieved from <https://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-2001/vm014b.pdf>
- Arango, G. P., Vergara, R. A., & Mejía, H. (2004). Analisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illucens* L. (diptera:stratiomyiidae) en angelópolis-antioquia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 57(2), 2491–2500. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24234>
- Association of Official Analytical Chemists [AOAC]. (2019). Official Methods for Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 21th edition. Arlington, VA, 1141 pp. Retrieved from <https://www.worldcat.org/title/official-methods-of-analysis-of-aoac-international/oclc/1083121776>
- Barragan-fonseca, K. B., & Dicke, M. (2018). *Influence of larval density and dietary nutrient concentration on performance , body protein , and fat contents of black soldier fl y larvae ( Hermetia illucens )*. (2011), 1–10. <https://doi.org/10.1111/eea.12716>
- Bonso, N. K. (2013). Bioconversión of Organic Fraction of Solid Waste Using The Larvae of The Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). Facultad de Ingeniería-Universidad Kwame Nkrumah de Ciencia y Tecnología, Kumasi-Ghana. Retrieved from <http://ir.knust.edu.gh/bitstream/123456789/5589/1/MSc-thesis%20final%202013%2C%20Nana%20Kobea%20Bonso%20.pdf>
- Casal, J., & Mateu, E. (1992). Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev.*, 339(8784), 63. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(92\)90193-7](https://doi.org/10.1016/0140-6736(92)90193-7)

- Cerón, A. (2016). *Bioconversión de biomasa vegetal para uso industrial*. [online] México Ciencia y Tecnología. Available at: <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/ambiente/11769-bioconversion-de-biomasa-vegetal-para-uso-industrial> [Accessed 15 Oct. 2019].
- Chapman, P. A., Learmount, J., Morris, A. W. y McGreevy, P. B. (1993). The current status of insecticide resistance in *Musca domestica* in England and Wales and the implications for housefly control in intensive animal units. *Pesticide Science*. (39): 225-235.
- Čičková, H., Pastor, B., Kozánek, M., Martínez-Sánchez, A., Rojo, S., & Takáč, P. (2012). *Biodegradation of Pig Manure by the Housefly, Musca domestica: A Viable Ecological Strategy for Pig Manure Management*. *PLoS ONE*, 7(3), e32798. doi:10.1371/journal.pone.0032798
- Čičková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, 35, 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026>
- Cohen, A.C. (2015). *Insect Diets: Science and Technology*. 2da Edición. CRC Press, London, UK. <https://doi.org/10.1201/b18562>
- Comisión para la Cooperación Ambiental [CCA]. (2017). *Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte*, informe sintético, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, 52 pp. Retrieved from <http://www3.cec.org/islandora/en/item/11770-characterization-and-management-organic-waste-in-north-america-white-paper-es.pdf>
- Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2009). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: Establishing optimal feeding rates. *Waste Management and Research*, 27(6), 603–610. <https://doi.org/10.1177/0734242X09103838>
- Diener, S., Studt, N. M., Roa, F., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste and Biomass Valorization*, 2(4), 357–363. <https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1>
- Faz, L. M. y Meneses, P. M. (2007). *Monitoreo de la mosca doméstica, Musca doméstica en Zootecnia y evaluación del control de roedores en la unidad de aves en Zamorano, Honduras*. Tesis de Licenciatura Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras.
- Green, TR y Popa, R. (2012). *Enhanced Ammonia Content in Compost Leachate Processed by Black Soldier Fly Larvae*. *Bioquímica aplicada y biotecnología*, 166 (6), 1381-1387. doi: 10.1007 / s12010-011-9530-6
- Ground, C., Permana, A. D., Esther, J., & Eka, N. R. (2018). Growth of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Fed on Spent Growth of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Fed on Spent Coffee Ground. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1755-1315/187/1/012070>

- Guerrero, L. A., Maas, G., & Hogland, W. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33(1), 220–232. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>
- Hack, R. (2019). Control de moscas en la producción lechera. *Elanco*, 18(2), 24. Retrieved from <https://bioseguridad.net/wp-content/uploads/2019/05/0519-MOSCAS-produccion-lechera.pdf>
- Hector Alfredo Guardado Alvarenga, Karen Liliana Ramirez, Pineda & Sergio Antonio Solis Avalos (2014). Alimentación de gallinas criollas con larvas vivas de mosca común (*Musca domestica*) en cabañas, el salvador - Universidad de el Salvador Facultad De Ciencias Agronómicas.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish : Past and future. *Animal Feed Science and Technology*, 203, 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.03.001>
- Hoorweg, D., & Bhada, P. (2012). *What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management*. Urban development series;knowledge papers no. 15. World Bank, Washington, DC. © World Bank. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>
- Hussein, M., Pillai, V. V, Goddard, J. M., Park, H. G., Kothapalli, S., Ross, D. A., ... Selvaraj, V. (2017). *Sustainable production of housefly ( Musca domestica ) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure*. 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171708>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2016). Registro Nacional de Municipalidades 2015. *Instituto Nacional de Estadística e Informática*, 1–24. Retrieved from <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/renamu-marzo-2016.pdf>
- Khalid, A., Arshad, M., Anjum, M., Mahmood, T., & Dawson, L. (2011). The anaerobic digestion of solid organic waste. *Waste Management*, 31(8), 1737–1744. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2011.03.021>
- Kinasih, I., Putra, R. E., Permana, A. D., Gusmara, F. F., Nurhadi, M. Y., & Anitasari, R. A. (2018). Growth performance of Black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) fed on some plant based organic wastes. *HAYATI Journal of Biosciences*, 25(2), 79–84. <https://doi.org/10.4308/hjb.25.2.79>
- Larraín, P. & Salas, C., (2008). House Fly (*Musca domestica* L.) (Diptera Muscidae) Development in Different Types of Manure. *Chilean journal of agricultural research*, 68(2), 192-197. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392008000200009>

- León-Gómez, H., Cruz-Vega, C. R., Dávila-Pórcel, R. A., Velasco-Tapia, F., & Chapa-Guerrero, J. R. (2015). Impacto del lixiviado generado en el relleno sanitario municipal de Linares ( Nuevo León ) sobre la calidad del agua superficial y subterránea. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Retrieved from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1026-87742015000300514&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1026-87742015000300514&lng=es&nrm=iso)
- Limas, M., & Blanco, J. E. (2017). Prácticas de consumo-desecho de residuos sólidos domiciliarios en Ciudad Juárez en 2014. *Iztapalapa. Revista de ciencias sociales y humanidades*, 38(83), 97-132. Retrieved from <https://dx.doi.org/10.28928/revistaiztapalapa/832017/atc4/blancoromeroje/limashernandezm>
- Lohri, C. R., Diener, S., Zabaleta, I., Mertenat, A., & Zurbrügg, C. (2017). *Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products : a review with focus on low- and middle- income settings*. 81–130. <https://doi.org/10.1007/s11157-017-9422-5>
- Marshall, S.A. (2012) *Flies: the natural history and diversity of Diptera*. Firefly Books, Buffalo, New York and Richmond Hill, Ontario, 616 pp. Retrieved from <https://www.fireflybooks.com/catalogue/adult-books/nature-and-science/insects/product/10637-flies-the-natural-history-and-diversity-of-diptera>
- Martínez, Y., & Rivero, C. (2005). Evaluación de diferentes métodos para determinar las fracciones de metales pesados presentes en el suelo. *Revista Ingeniería UC.*, 12, 14–20. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/707/70712303.pdf>
- Meneguz, M., Schiavone, A., Gai, F., Dama, A., Lussiana, C., Renna, M., & Gasco, L. (2018). Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5776–5784. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9127>
- Meraz, Antonio de Jesus, Lopez, A., Garcia, C. A., Torres, J. A., & Garcia, M. A. (2019). Distribución potencial de *Musca domestica* en el municipio de Jesús María, Aguascalientes, con el uso de escenarios de cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 14–29. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v10i1.4241>
- Mertenat, A., Diener, S., & Zurbrügg, C. (2019). Black Soldier Fly biowaste treatment – Assessment of global warming potential. *Waste Management*, 84, 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.040>
- Manurung, R., Supriatna, A., Esyanti, R. R., & Putra, R. E. (2016). Optimal feed rate for biomass production. ~ 1036 ~ *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(4), 1036–1041. Retrieved from <http://www.entomoljournal.com/archives/2016/vol4issue4/PartK/4-3-163-796.pdf>
- Michel, F. C., Jerome, R., Pecchia, J., & Keener, harnold M. (2004). Mass and Nutrient Losses During the Composting Of Dairy Manure Amended with Sawdust or Straw Mass and Nutrient Losses During the Composting Of Dairy Manure Amended with Sawdust or Straw. *Researchgate*, 37–41. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702201>

- Minera, S. (2017). *Residuos: clasificación, riesgos y contaminación | Seguridad Minera*. [online] Revista Seguridad Minera. Available at: <http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/residuos-clasificacion-riesgos-contaminacion/> [Accessed 10 Oct. 2019].
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2015). Guía metodológica para elaborar e implementar un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos municipales. Lima, Perú. Retrieved from <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302175316.pdf>
- Ministerio del Ambiente (24, de Junio de 2017). Decreto Legislativo que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólidos. [D.L. 1278-MINAM]. DO: [Diario Oficial el Peruano]. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-legislativo-n-1278/>
- Ministerio del Ambiente (21, de diciembre de 2017). Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. [D.S. 1278-MINAM]. DO: [Diario Oficial el Peruano]. Retrieved from <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-014-2017-minam/>
- Modak, P., Wilson, D.C., & Velis, C. (2015). *Chapter 3: Waste Management: Global Status*. In: Wilson, DC, (ed.) *Global Waste Management Outlook*. UNEP , pp. 51-88. ISBN 978-92-807-3479-9. <https://doi.org/10.18356/765baec0-en>
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos*. Limusa Wiley. Retrieved from [https://www.academia.edu/9101936/Dise%C3%B1o\\_y\\_an%C3%A1lisis\\_de\\_experimentos\\_Douglas\\_C.\\_Montgomery](https://www.academia.edu/9101936/Dise%C3%B1o_y_an%C3%A1lisis_de_experimentos_Douglas_C._Montgomery)
- Municipalidad Provincial de San Román Juliaca [MPSR]. (2005). *Plan Director de Juliaca 2004 – 2015*. Oficina del Plan Director de Juliaca [archivo PDF], Retrieved from [http://eudora.vivienda.gob.pe/observatorio/pdu\\_municipalidades/JULIACA/PDU-JULIACA.pdf](http://eudora.vivienda.gob.pe/observatorio/pdu_municipalidades/JULIACA/PDU-JULIACA.pdf)
- Municipalidad Provincial de San Román Juliaca [MPSR]. (2015). Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales de la ciudad de Juliaca - Gerencia de servicios publicos y la division de sanidad y impieza publica, San Román – Juliaca.
- Nguyen, T. T. X., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. (2013). Influence of Resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larval Development. *Journal of Medical Entomology*, 50(4), 898–906. <https://doi.org/10.1603/me12260>
- Oonincx, D. G. A. B., Van-Broekhoven, S., Van-Huis, A., & Van-Loon, J. J. A. (2015). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE*, 10(12), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2015). *Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal*. Lima. *Primera edición hecha en el depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-01884*. Retrieved from [webmaster@oefa.gob.pe](mailto:webmaster@oefa.gob.pe)

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013). *Manual de compostaje del agricultor, Experiencias en América Latina. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. Santiago. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Oviedo-Ocaña, E. R., Marmolejo-Rebellon, L. F., & Torres-Lozada, P. (2017). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. Lecciones desde Colombia. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 18(1), 31-42. Retrieved from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432017000100031&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432017000100031&lng=es&tlng=es).
- Walsh, B. (2008). Eating Bugs. TIME. USA Retrieved from <http://content.time.com/time/magazine/article/0,9171,1810336,00.html>
- Paritosh, K., Yadav, M., Mathur, S., Balan, V., & Liao, W. (2018). *Organic Fraction of Municipal Solid Waste: Overview of Treatment Methodologies to Enhance Anaerobic Biodegradability*. 6(August), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2018.00075>
- Pastor, B., Velásquez, Y., & Rojo, P. G. S. (2015). *La conversión de residuos orgánicos en la mosca de larvas de biomasa: los cuellos de botella y desafíos*. 1(3), 179–193. <https://doi.org/https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0024>
- Pieterse, E., & Pretorius, Q. (2014). Nutritional evaluation of dried larvae and pupae meal of the housefly (*Musca domestica*) using chemical-and broilerbased biological assays. *Animal Production Science*, 54(3), 347-355. <https://doi.org/10.1071/AN12370>
- Plaza, G., & Zapata, O. (2011). Residuos y salud: Tartagal - Salta. *Revista de Ciencia y Tecnología*, (16), 35-43. Retrieved from [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-75872011000200005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-75872011000200005&lng=es&tlng=es).
- Ramos, E. J. (2003) Insectos como fuente de proteína y sus aplicaciones. En: congreso de la sociedad Colombiana de entomología (30: 2003: Cali). Memorias del XXX Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Cali: SOCOLEN, p. 38.
- Real Academia Española. (2014). Residuos. En Diccionario de la lengua española (23<sup>o</sup> ed.). Retrieved from <https://dle.rae.es/?id=W9sEaKE>
- Rivers, D.B. & Dahlem, G.A. (2013). *The Science of Forensic Entomology*. Wiley-Blackwell, Chichester, UK. Retrieved from <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=NgMiAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP12&ots=mo51PMS7Zo&sig=NOjOd6cdBhFufSTly22FxSBWfZ4>
- Robles, M. B. (2015). *Evaluación de parámetros de temperatura, ph y humedad para el proceso de compostaje en la planta de tratamiento de residuos solidos organicos de la municipalidad provincial de leoncio prado* (universidad nacional agraria de la selva). Retrieved from [https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/evaluación de parámetros de temperatura, ph y humedad para el proceso de compostaje en la planta de tratamiento de residuos solidos organicos de la municipalidad provincial de leoncio prado.pdf](https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/evaluación%20de%20parámetros%20de%20temperatura,%20ph%20y%20humedad%20para%20el%20proceso%20de%20compostaje%20en%20la%20planta%20de%20tratamiento%20de%20residuos%20solidos%20organicos%20de%20la%20municipalidad%20provincial%20de%20leoncio%20prado.pdf)

- Rodríguez, H. (2012). *Gestión integral de residuos sólidos*. Centro de Fundacion Universitaria del Area Andina. Retrieved from [http://digitk.areandina.edu.co/repositorio/bitstream/123456789/1186/1/Gestión integral de residuos sólidos.pdf](http://digitk.areandina.edu.co/repositorio/bitstream/123456789/1186/1/Gestión%20integral%20de%20residuos%20sólidos.pdf)
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>
- Sanchez, H. and Capinera, J. (2017). *house fly - Musca domestica Linnaeus*. [online] Entnemdept.ufl.edu. Available at: [http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/flies/house\\_fly.HTM#dist](http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/flies/house_fly.HTM#dist) [Accessed 6 Nov. 2019].
- Salas, C. & Larraín, P. (2012). *Identificación y control integrado de moscas con importancia médica y veterinaria presente en la Región de Arica y Parinacota*, Chile. 72 p. Boletín INIA N2249 . Instituto de Investigacione Agropecuaria . Centro Regional de In vestigación Intihuasi, La Serena, y Centro de Investigación del Desierto y Altiplano, Ururi . Arica, Chile. Retrieved from <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/Boletines/NR38538.pdf>
- Salomone, R., Saija, G., Mondello, G., Giannetto, A., Fasulo, S., & Savastano, D. (2016). Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of Life Cycle Assessment to process using *Hermetia illucens*. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.154>
- Saragi, E. S., & Bagastyo, A. Y. (2015). Reduction of Organic Solid Waste By Black Soldier Fly ( *Hermetia illucens* ) Larvae. The 5th Environmental Technology and Management Conference “Green Technology towards Sustainable Environment” November 23 - 24, 2015, Bandung, Indonesia., 978–979. Retrieved from <https://www.ijcmas.com/8-1-2019/S.N.%20Rindhe,%20et%20al.pdf>
- Scheinberg, A., Wilson, D.C., & Rodic, L. (2015). *Solid Waste Management in the World's Cities*. UN-Habitat's Third Global Report on the State of Water and Sanitation in the World's Cities, London.London.
- Schlapbach, A. F. (2007). *Control Integrado de Moscas*. Sitio Argentino de Producción Animal. Argentina. 2-16. Retrieved from [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_porcina/00-produccion\\_porcina\\_general/73-control\\_moscas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/73-control_moscas.pdf)
- Siri, A., Scorsetti, A.C., Dikgolz, V.E., Lopez, C.C., Lastra, C. (2005). Natural infections caused by the fungus *Beauveria bassiana* as a pathogen of *Musca domestica* L. in the neotropic. *Biological Control* (50): 937–940.
- Stefan Diener, Nandayure M. Studt Solano, Floria Roa Gutierrez, Christian Zurbrugg, Klement Tockner (2011). *Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae Costa Rica* – Universidad HEARTH Escuela de Agricultura
- Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C., & Sumner, S. M. (2002). Rearing Methods for the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae): Table 1. *Journal of Medical Entomology*, 39(4), 695–698. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695>

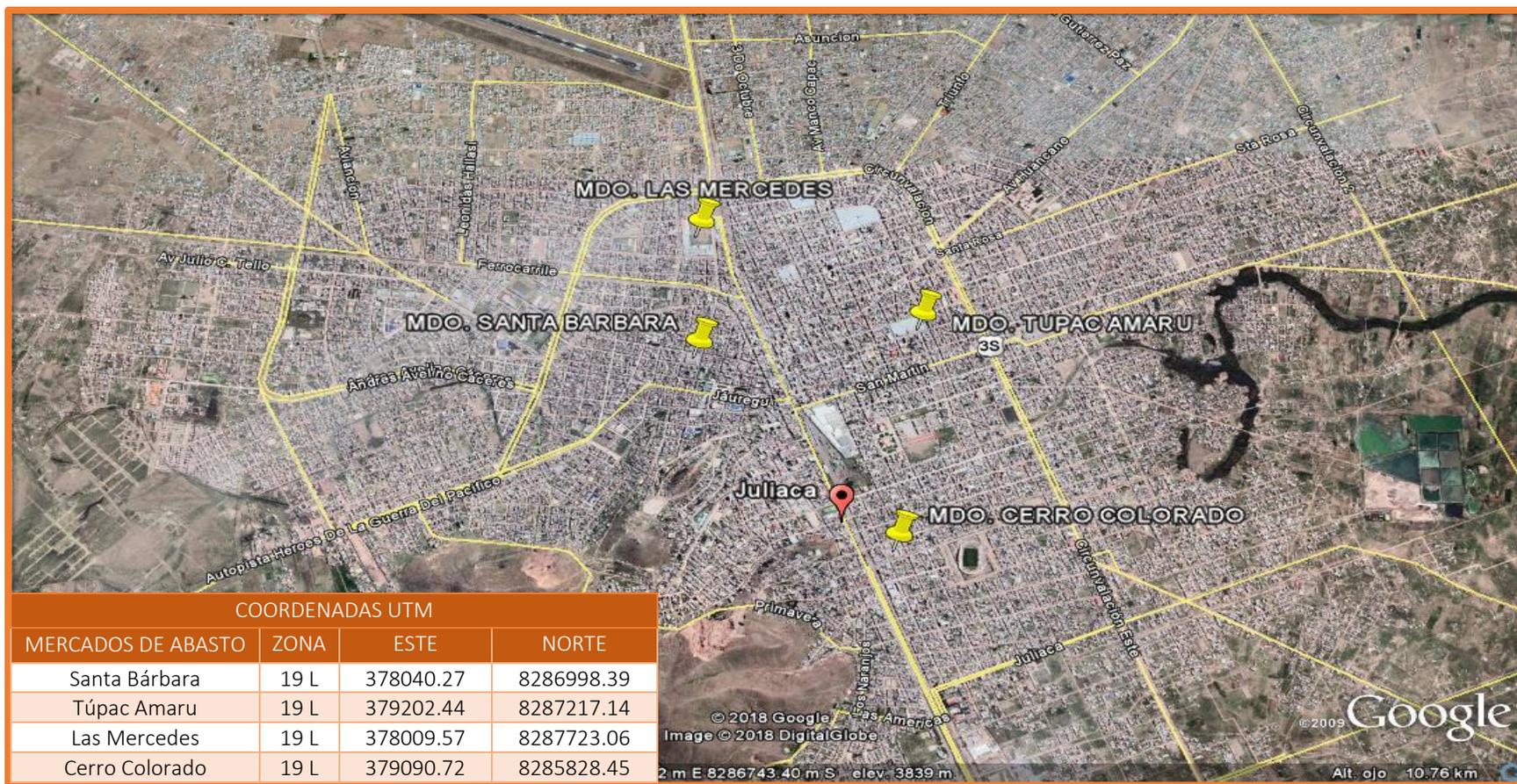
- Smetana, S., Palanisamy, M., Mathys, A., & Heinz, V. (2016). Sustainability of insect use for feed and food: Life cycle assessment perspective. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.148>
- Studt-Solano, N. M. (2010). *Uso de larvas de mosca soldado negro (Hermetia illucens) para el manejo de residuos municipales orgánicos en el campus de la Universidad Earth, Instituto tecnológico de Costa Rica*. Retrieved from <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/695>
- Scriber, J. y Slansky, J. F. (1981). *The nutritional ecology of immature insects*. *Ann. Rev. Entomol.* 26:183 – 211.
- Tabares, J., & Ruiz, E. (2015). *Cunicultura. - Cómo controlar las moscas en las granjas de conejos*. España. Retrieved from <https://cunicultura.com/2015/03/como-controlar-las-moscas-en-las-granjas-de-conejos>
- Tadayyon, A., Naeimi, M. M., & Pessarakli, M. (2018). Effects of vermicompost and vermiwash biofertilizers on fenugreek (*Trigonella foenum*) plant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(19), 2396–2405. <https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1510950>
- Torretta, V., Ferronato, N., Katsoyiannis, I. A., & Tolkou, A. K. (2016). *Novel and Conventional Technologies for Landfill Leachates Treatment: A Review*. 1–39. <https://doi.org/10.3390/su9010009>
- Trulli, E., Ferronato, N., Torretta, V., Piscitelli, M., Masi, S., & Mancini, I. (2017). Sustainable mechanical biological treatment of solid waste in urbanized areas with low recycling rates. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.018>
- Tschirner, M., & Simon, A. (2015). *Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed*. 1(4), 249–259. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0008>
- Ujvari, B., Wallman, J. F., Madsen, T., Whelan, M., & Hulbert, A. J. (2010). Comparative Biochemistry and Physiology , Part A Experimental studies of blow fly (*Calliphora stygia*) longevity: A little dietary fat is beneficial but too much is detrimental. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 154(3), 383–388. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2009.07.012>
- Vargas M. J. (2012). *Producción y Composición de Residuos Sólidos de los Mercados de Abastos de la Ciudad de Juliaca*. Tesis de la Escuela Profesional de Biología, Facultad de ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. 65 p.
- Vásquez, E. (1990). *Inconsistencia del coeficiente de variación para expresar la variabilidad de un experimento en un modelo de análisis de varianza*. *Cultivos Tropicales* 32 (3): 42-45.
- Villacide, J., Masciocchi, M., & Lantschner, V. (2016). *Serie de divulgación sobre insectos de importancia ecológica, económica y sanitaria* (Grupo de ecología de poblaciones de insectos INTA EEA Bariloche). Retrieved from [https://inta.gob.ar/sites/default/files/12\\_-\\_boletin\\_mosca\\_domestica\\_para\\_web.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/12_-_boletin_mosca_domestica_para_web.pdf)

- Villegas, H. (2017). Mosca Domestica Biología y Control. *Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. C, 8(2)*, 11–29. Retrieved from [http://artropodosysalud.com/Publicaciones/No8-Dic2017/4Mosca\\_Domestica.pdf](http://artropodosysalud.com/Publicaciones/No8-Dic2017/4Mosca_Domestica.pdf)
- Vitorino de Souza, M. A., Montenegro, S., Faceli, K., & Casadei, V. (2017). *Technologies and decision support systems to aid solid-waste management : a systematic review*. 59, 567–584. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.045>
- Wootton, R. F. (1991). Ecology of Teleost Fishes. Fish and Fisheries. Series Y. Chapman & Hall, 2-6 Bodanz Row, London SE 1 8HN. 404 pp
- Žáková, M., & Borkovcová, M. (2013). *Hermetia illucens* application in management of selected types of organic waste. *EDIS - Publishing Institution of the University of Zilina*, 367–370. Retrieved from <http://www.eiic.cz/archive/?vid=1&aid=3&kid=20201-33&q=f1&s=avamc28>

## **ANEXOS**

ANEXO 1

Principales mercados de abasto de la ciudad de Juliaca - puntos de muestreo.



Fuente: GPS Garmin Map 64s.

ANEXO 2

*Degradación de residuos sólidos a través de larvas de mosca doméstica.*

TIPO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO	DEGRADACIÓN EN DÍAS (g)									
		Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9
Residuo de mercado	T1	1025.0	1024.8	992.4	973.4	965.6	959.7	952.3	943.2	934.0	927.8
	T1	1025.0	1024.3	994.3	976.9	959.1	954.1	949.8	941.5	932.2	926.3
	T1	1025.0	1023.5	992.1	971.8	956.0	950.0	957.5	950.8	941.6	935.9
Residuo de restaurante	T2	1025.0	1023.6	1002.3	996.3	989.3	986.8	984.3	978.0	971.6	968.6
	T2	1025.0	1024.2	1003.7	997.2	991.0	988.1	985.1	978.0	971.2	967.6
	T2	1025.0	1022.8	1003.5	996.5	990.7	987.9	985.0	979.7	974.0	970.2
Residuo domiciliario	T3	1025.0	1017.9	991.5	977.9	961.1	956.7	953.7	937.5	926.9	922.4
	T3	1025.0	1018.6	990.6	979.1	959.3	954.6	944.0	929.1	918.6	913.1
	T3	1025.0	1019.5	990.0	980.1	961.4	956.5	949.0	935.4	923.5	917.4

ANEXO 3

Determinación de índice de reducción de residuos sólidos (WRI).

TIPO DE RESIDUOS	RECIPIENTE	DEGRADACION EFECTIVA (g)	DEGRADACIÓN TOTAL	DEGRADACIÓN TOTAL PROMEDIO	ÍNDICE DE REDUCCIÓN (%.día)	PROMEDIO ÍNDICE DE REDUCCIÓN (%.día)
			$D = (W-R)/W$	$D = (W-R)/W$	$WRI = D/t \times 100$	$WRI = D/t \times 100$
Residuo de mercado	T1	97.2	0.09483		1.12304	
	T1	98.7	0.09629	0.09268	1.16640	1.16748
	T1	89.1	0.08693		1.21301	
Residuo de restaurante	T2	56.4	0.05502		0.61138	
	T2	57.4	0.05600	0.05483	0.62222	0.60921
	T2	54.8	0.05346		0.59404	
Residuo domiciliario	T3	102.6	0.10010		1.05366	
	T3	111.9	0.10917	0.10475	1.06992	1.02981
	T3	107.6	0.10498		0.96585	

ANEXO 4

Determinación de la eficiencia de conversión de los alimentos ingeridos (ECI).

EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DE LOS ALIMENTOS INGERIDOS (ECI)= [GP / AI]*100						
TIPO DE RESIDUO	TRATAMIENTO	TIEMPO (DIAS)	GANANCIA PESO PROM	DEGRADACIÓN EFECTIVA	ECI %	PROM ECI %
Residuo de mercado	T1	9	8.987	97.2	0.0924	0.0947 %
	T1	9	9.062	98.7	0.0918	
	T1	9	8.900	89.1	0.0998	
Residuo de restaurante	T2	9	6.227	56.4	0.1104	0.1066 %
	T2	9	6.025	57.4	0.1049	
	T2	9	5.725	54.8	0.1044	
Residuo domiciliario	T3	9	12.050	102.6	0.1174	0.1184 %
	T3	9	10.537	111.9	0.0941	
	T3	9	15.450	107.6	0.1435	

ANEXO 5

Peso (g) y talla (cm) de larvas de mosca doméstica pre – tratamiento.

TIPO DE RESIDUOS	RECIPIENTE	UNIDAD	PESO Y TALLA PRE-APLICACIÓN						PROM PESO	PROM TALLA
			Larva 1	Larva 2	Larva 3	Larva 4	Larva 5	PROMEDIO		
Residuo de mercado	T1	P	0.0312	0.0331	0.0321	0.0315	0.0318	0.0319	0.0355	1.2055
		L	1.153	1.214	1.150	1.125	1.143	1.1570		
	T1	P	0.0371	0.0352	0.0361	0.0365	0.0361	0.0362		
		L	1.215	1.250	1.275	1.188	1.178	1.2211		
	T1	P	0.0341	0.0355	0.0410	0.0415	0.0411	0.0386		
		L	1.311	1.194	1.156	1.275	1.256	1.2384		
Residuo de restaurante	T2	P	0.0423	0.0391	0.0405	0.0412	0.0406	0.0407	0.0410	1.1659
		L	1.195	1.125	1.145	1.174	1.156	1.1590		
	T2	P	0.0421	0.0410	0.0411	0.0415	0.0411	0.0414		
		L	1.199	1.210	1.160	1.225	1.156	1.1900		
	T2	P	0.0411	0.0413	0.0414	0.0410	0.0411	0.0412		
		L	1.141	1.105	1.170	1.175	1.153	1.1488		
Residuo domiciliario	T3	P	0.0424	0.0409	0.0414	0.0415	0.0412	0.0415	0.0409	1.1721
		L	1.197	1.123	1.150	1.175	1.152	1.1594		
	T3	P	0.0394	0.0387	0.0385	0.0387	0.0385	0.0388		
		L	1.111	1.212	1.150	1.125	1.139	1.1474		
	T3	P	0.0422	0.0431	0.0425	0.0422	0.0424	0.0425		
		L	1.218	1.198	1.201	1.225	1.206	1.2096		

ANEXO 6

*Peso (g) y talla (cm) de larvas de mosca doméstica post – tratamiento.*

TIPO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO	UNIDAD	PESO Y TALLA POST-APLICACIÓN							P PESO	P TALLA
			Larva 1	Larva 2	Larva 3	Larva 4	Larva 5	PROMEDIO			
Residuo de mercado	T1	P	0.0472	0.0441	0.0481	0.0455	0.0467	0.0463	0.0499	1.3498	
		L	1.212	1.320	1.321	1.258	1.375	1.2972			
	T1	P	0.0461	0.0511	0.0562	0.0481	0.0520	0.0507			
		L	1.310	1.325	1.412	1.352	1.425	1.3648			
	T1	P	0.0492	0.0561	0.0561	0.0545	0.0485	0.0529			
		L	1.352	1.412	1.412	1.375	1.387	1.3876			
Residuo de restaurante	T2	P	0.0512	0.0501	0.0522	0.0495	0.0505	0.0507	0.0506	1.3636	
		L	1.332	1.381	1.350	1.343	1.395	1.3602			
	T2	P	0.0570	0.0422	0.0531	0.0495	0.0532	0.0510			
		L	1.411	1.410	1.313	1.412	1.375	1.3842			
	T2	P	0.0450	0.0592	0.0461	0.0523	0.0491	0.0503			
		L	1.373	1.371	1.322	1.305	1.362	1.3466			
Residuo domiciliario	T3	P	0.0693	0.0546	0.0574	0.0640	0.0585	0.0608	0.0611	1.4715	
		L	1.583	1.411	1.445	1.551	1.453	1.4886			
	T3	P	0.0534	0.0544	0.0599	0.0555	0.0549	0.0556			
		L	1.442	1.453	1.498	1.451	1.399	1.4486			
	T3	P	0.0565	0.0771	0.0682	0.0665	0.0677	0.0672			
		L	1.451	1.494	1.484	1.495	1.463	1.4774			

ANEXO 7

*Determinación de la ganancia en peso (g) de larvas de mosca doméstica.*

TIPO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO	UNIDAD	GANANCIA DE PESO LARVAS DE MOSCA DOMESTICA (g)						
			Larva 1	Larva 2	Larva 3	Larva 4	Larva 5	PROM	PROM FINAL
Residuo de mercado	T1	P	0.0160	0.0110	0.0160	0.0140	0.0149	0.0144	0.0144
	T1	P	0.0090	0.0159	0.0201	0.0116	0.0159	0.0145	
	T1	P	0.0151	0.0206	0.0151	0.0130	0.0074	0.0142	
Residuo de restaurante	T 2	P	0.0089	0.0110	0.0117	0.0083	0.0099	0.0100	0.0096
	T2	P	0.0149	0.0012	0.0120	0.0080	0.0121	0.0096	
	T2	P	0.0039	0.0179	0.0047	0.0113	0.0080	0.0092	
Residuo domiciliario	T3	P	0.0269	0.0137	0.0160	0.0225	0.0173	0.0193	0.0203
	T3	P	0.0140	0.0157	0.0214	0.0168	0.0164	0.0169	
	T3	P	0.0143	0.0340	0.0257	0.0243	0.0253	0.0247	

ANEXO 8

*Determinación del crecimiento absoluto de larvas de mosca doméstica.*

TIPO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO	UNIDAD	CRECIMIENTO ABSOLUTO DE LARVAS DE MOSCA DOMÉSTICA (cm)						
			Larva 1	Larva 2	Larva 3	Larva 4	Larva 5	PROM	PROM FINAL
Residuo de mercado	T1	P	0.059	0.106	0.171	0.133	0.232	0.140	
	T1	P	0.095	0.075	0.137	0.165	0.247	0.144	0.144
	T1	P	0.041	0.218	0.256	0.100	0.131	0.149	
Residuo de restaurante	T2	P	0.137	0.256	0.205	0.169	0.239	0.201	
	T2	P	0.212	0.200	0.153	0.187	0.219	0.194	0.198
	T2	P	0.232	0.266	0.152	0.130	0.209	0.198	
Residuo domiciliario	T3	P	0.386	0.288	0.295	0.376	0.301	0.329	
	T3	P	0.331	0.241	0.348	0.326	0.260	0.301	0.299
	T3	P	0.233	0.296	0.283	0.270	0.257	0.268	

ANEXO 9

*Determinación de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de las larvas de mosca doméstica - longitud.*

TIPO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO	UNIDAD	TASA ABSOLUTA DE CRECIMIENTO TALLA - TAC= (Y2 - Y1)/ (T2 – T1)						
			R1	R2	R3	R4	R5	PROM	PROM FINAL
Residuo de mercado	T1	L	0.0066	0.0118	0.0190	0.0148	0.0258	0.0156	
	T1	L	0.0106	0.0083	0.0152	0.0183	0.0274	0.0160	0.0160
	T1	L	0.0046	0.0242	0.0284	0.0111	0.0146	0.0166	
Residuo de restaurante	T 2	L	0.0152	0.0284	0.0228	0.0188	0.0266	0.0224	
	T2	L	0.0236	0.0222	0.0170	0.0208	0.0243	0.0216	0.0219
	T2	L	0.0258	0.0296	0.0169	0.0144	0.0232	0.0220	
Residuo domiciliario	T3	L	0.0429	0.0320	0.0328	0.0418	0.0334	0.0366	
	T3	L	0.0368	0.0268	0.0387	0.0362	0.0289	0.0335	0.0332
	T3	L	0.0259	0.0329	0.0314	0.0300	0.0286	0.0298	

ANEXO 10

Determinación Tasa absoluta de crecimiento (TAC) de las larvas de mosca doméstica - peso.

TIPO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO	UNIDAD	TASA ABSOLUTA DE CRECIMIENTO PESO - TAC= (Y2 - Y1)/ (T2 – T1)						
			R1	R2	R3	R4	R5	PROM	PROM FINAL
Residuo de mercado	T1	P	0.00178	0.00122	0.00178	0.00156	0.00166	0.001598	
	T1	P	0.00100	0.00177	0.00223	0.00129	0.00177	0.001611	0.001597
	T1	P	0.00168	0.00229	0.00168	0.00144	0.00082	0.001582	
Residuo de restaurante	T 2	P	0.00099	0.00122	0.00130	0.00092	0.00110	0.001107	
	T2	P	0.00166	0.00013	0.00133	0.00089	0.00134	0.001071	0.001065
	T2	P	0.00043	0.00199	0.00052	0.00126	0.00089	0.001018	
Residuo domiciliario	T3	P	0.00299	0.00152	0.00178	0.00250	0.00192	0.002142	
	T3	P	0.00156	0.00174	0.00238	0.00187	0.00182	0.001873	0.002254
	T3	P	0.00159	0.00378	0.00286	0.00270	0.00281	0.002747	

ANEXO 11

Determinación del crecimiento relativo (CR) en longitud de larvas de mosca doméstica.

TIPO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO	UNIDAD	CRECIMIENTO RELATIVO LONGITUD $((Y2 - Y1)/Y1) \times 100$						
			R1	R2	R3	R4	R5	PROM	PROM FINAL
Residuo de mercado	T1	L	5.12 %	8.73 %	14.87 %	11.82 %	20.30 %	12.17 %	
	T1	L	7.82 %	6.00 %	10.75 %	13.85 %	20.97 %	11.88 %	12.14 %
	T1	L	3.13 %	18.26 %	22.15 %	7.84 %	10.43 %	12.36 %	
Residuo de restaurante	T2	L	11.46 %	22.76 %	17.90 %	14.40 %	20.67 %	17.44 %	
	T2	L	17.68 %	16.53 %	13.19 %	15.27 %	18.94 %	16.32 %	17.03 %
	T2	L	20.33 %	24.07 %	12.99 %	11.06 %	18.13 %	17.32 %	
Residuo domiciliario	T3	L	32.25 %	25.65 %	25.65 %	32.00 %	26.13 %	28.33 %	
	T3	L	29.79 %	19.88 %	30.26 %	28.98 %	22.83 %	26.35 %	25.61 %
	T3	L	19.13 %	24.71 %	23.56 %	22.04 %	21.31 %	22.15 %	

ANEXO 12

Determinación tasa relativa de crecimiento (TRC) de larvas de mosca doméstica - longitud.

TIPO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO	UNIDAD	TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO TALLA - ((Y2 -Y1)/Y1 (t2 -t1 )x100						
			R1	R2	R3	R4	R5	PROM	PROM FINAL
Residuo de mercado	T1	L	0.569 %	0.970 %	1.652 %	1.314 %	2.255 %	1.352 %	
	T1	L	0.869 %	0.667 %	1.194 %	1.539 %	2.330 %	1.320 %	1.348 %
	T1	L	0.347 %	2.029 %	2.461 %	0.871 %	1.159 %	1.373 %	
Residuo de restaurante	T2	L	1.274 %	2.528 %	1.989 %	1.599 %	2.297 %	1.938 %	
	T2	L	1.965 %	1.837 %	1.466%	1.696 %	2.105%	1.814 %	1.892 %
	T2	L	2.259 %	2.675 %	1.443 %	1.229 %	2.014 %	1.924 %	
Residuo domiciliario	T3	L	3.583 %	2.850 %	2.850 %	3.556 %	2.903 %	3.148 %	
	T3	L	3.310 %	2.209 %	3.362 %	3.220 %	2.536 %	2.928 %	2.846 %
	T3	L	2.126 %	2.745 %	2.618 %	2.449 %	2.368 %	2.461 %	

ANEXO 13

Determinación del crecimiento relativo (CR) en peso larvas de mosca doméstica

TIPO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO	UNIDAD	CRECIMIENTO RELATIVO PESO $((Y2 - Y1)/Y1) \times 100$						
			R1	R2	R3	R4	R5	PROM	PROM FINAL
Residuo de mercado	T1	P	51.282 %	33.233 %	49.844 %	44.444 %	46.855 %	45.132 %	41.004 %
	T1	P	24.259 %	45.170 %	55.679 %	31.781 %	44.044 %	40.187 %	
	T1	P	44.282 %	58.028 %	36.829 %	31.325 %	18.005 %	37.694 %	
Residuo de restaurante	T2	P	21.040 %	28.133 %	28.889 %	20.194 %	24.384 %	24.528 %	23.339 %
	T2	P	35.392 %	2.9270 %	29.197 %	19.277 %	29.440 %	23.247 %	
	T2	P	9.4890 %	43.341 %	11.353 %	27.561 %	19.465 %	22.242 %	
Residuo domiciliario	T3	P	63.443 %	33.496 %	38.647 %	54.217 %	41.990 %	46.359 %	49.332 %
	T3	P	35.533 %	40.568 %	55.584 %	43.411 %	42.597 %	43.539 %	
	T3	P	33.890 %	78.890 %	60.470 %	57.580 %	59.67 %	58.099 %	

ANEXO 14

Determinación de la tasa relativa de crecimiento (TRC) de larvas de mosca doméstica – peso.

TIPO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO	UNIDAD	TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO PESO - ((Y2 -Y1)/Y1 (t2 -t1 )x100						
			R1	R2	R3	R4	R5	PROM	PROM FINAL
Residuo de mercado	T1	P	5.698 %	3.693 %	5.538 %	4.938 %	5.206 %	5.015 %	
	T1	P	2.695 %	5.019 %	6.187 %	3.531 %	4.894 %	4.465 %	4.556 %
	T1	P	4.920 %	6.448 %	4.092 %	3.481 %	2.001 %	4.188 %	
Residuo de restaurante	T 2	P	2.338 %	3.126 %	3.210 %	2.244 %	2.709 %	2.725 %	
	T2	P	3.932 %	0.325 %	3.244 %	2.142 %	3.271 %	2.583%	2.593 %
	T2	P	1.054 %	4.816 %	1.261 %	3.062 %	2.163 %	2.471 %	
Residuo domiciliario	T3	P	7.049 %	3.722 %	4.294 %	6.024 %	4.666 %	5.151 %	
	T3	P	3.948 %	4.508 %	6.176 %	4.823 %	4.733 %	4.838 %	5.481 %
	T3	P	3.765 %	8.765 %	6.719 %	6.398 %	6.630 %	6.455 %	

ANEXO 15

Determinación de la tasa específica de crecimiento (TEC) en longitud de larvas de mosca doméstica.

TIPO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO	UNIDAD	TASA ESPECIFICA DE CRECIMIENTO - TEC = 100 * {[ln (WF) – ln (WI)] /t}						
			Larva 1	Larva 2	Larva 3	Larva 4	Larva 5	PROM	PROM FINAL
Residuo de mercado	T1	P	0.5545	0.9301	1.5403	1.2416	2.0533	1.264 %	
	T1	P	0.8365	0.6474	1.1340	1.4415	2.1150	1.235 %	1.258 %
	T1	P	0.3422	1.8633	2.2227	0.8390	1.1023	1.274 %	
Residuo de restaurante	T 2	P	1.2059	2.2781	1.8300	1.4943	2.0881	1.779 %	
	T2	P	1.8090	1.6997	1.3766	1.5785	1.9276	1.678 %	1.741 %
	T2	P	2.0566	2.3966	1.3571	1.1659	1.8510	1.765 %	
Residuo domiciliario	T3	P	3.1056	2.5366	2.5372	3.0848	2.5792	2.769 %	
	T3	P	2.8975	2.0151	2.9374	2.8274	2.2845	2.592 %	2.528 %
	T3	P	1.9449	2.4534	2.3510	2.2132	2.1464	2.222 %	

ANEXO 16

Determinación de la tasa específica de crecimiento (TEC) en peso de larvas de mosca doméstica.

TIPO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO	UNIDAD	TASA ESPECIFICA DE CRECIMIENTO - TEC = 100 * {[ln (WF) – ln (WI)] /t}						
			Larva 1	Larva 2	Larva 3	Larva 4	Larva 5	PROM	PROM FINAL
Residuo de mercado	T1	P	0.0460	0.0319	0.0449	0.0409	0.0427	4.127 %	
	T1	P	0.0241	0.0414	0.0492	0.0307	0.0406	3.719 %	3.783 %
	T1	P	0.0407	0.0508	0.0348	0.0303	0.0184	3.502 %	
Residuo de restaurante	T 2	P	0.0212	0.0275	0.0282	0.0204	0.0242	2.433 %	
	T2	P	0.0337	0.0032	0.0285	0.0196	0.0287	2.272 %	2.294 %
	T2	P	0.0101	0.0400	0.0119	0.0270	0.0198	2.177 %	
Residuo domiciliario	T3	P	0.0546	0.0321	0.0363	0.0481	0.0390	4.202 %	
	T3	P	0.0338	0.0378	0.0491	0.0401	0.0394	4.004 %	4.416 %
	T3	P	0.0324	0.0646	0.0525	0.0505	0.0520	5.042 %	

ANEXO 17

Tasa de mortalidad, supervivencia y transformación de larvas de mosca doméstica.

TIPO DE RESIDUO	TRATAMIENTO	PROM LARVAS INICIAL	LARVAS MUERTAS	LARVAS VIVAS	PUPA	TASA DE SUPERVIVENCIA	TASA DE MORTALIDAD LARVAS	TASA DE TRANSFORMACION EN PUPA
Residuo de mercado	T1	625	140	485	20	77.6 %	22.4 %	3.2 %
	T1	625	111	514	25	82.2 %	17.8 %	4.0 %
	T1	625	123	502	20	80.3 %	19.7 %	3.2 %
Residuo de restaurante	T2	625	0	625	0	100.0 %	0.0 %	0.0 %
	T2	625	0	625	0	100.0 %	0.0 %	0.0 %
	T2	625	0	625	0	100.0 %	0.0 %	0.0 %
Residuo domiciliario	T3	625	0	625	100	100.0 %	0.0 %	16.0 %
	T3	625	0	625	105	100.0 %	0.0 %	16.8 %
	T3	625	0	625	95	100.0 %	0.0 %	15.2 %

**ANEXO 18**

*Características de los residuos orgánicos.*

Tipo de residuo	Caracterización de residuos sólidos	Residuo predominante	Porcentaje
Residuo de mercado	Compuesto por restos vegetales y frutas como: Camote, zapallo, zanahoria, api, poro, manzana, durazno, piña, sandía, mandarina, naranja y lechuga.	Lechuga	30 %
		Naranja	25 %
Residuo de restaurante	Compuesto por restos de comida: arroz, aceites, carnes, papa cocida, cebolla, fideo, harinas, entre otros.	Arroz	40 %
		papa cocida	20 %
Residuo domiciliario	Compuesto por restos de vegetales: cáscaras de cebolla, habas, papa, zanahoria, arveja, tomate.	Cáscara de papa	40 %

**ANEXO 19**

*Matriz de selección del atrayente de mosca doméstica.*

Parámetros	Matriz de selección del atrayente			
	Cabeza de res	Carne de res	Carne de pollo	Carne de cordero
Costo	Bajo	Medio	Medio	Medio
Sanidad	Medio	Medio	Medio	Medio
Capacidad de atracción	Alto	Medio	Bajo	Medio

## DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con lo establecido la presente investigación se enfocó dentro de la modalidad de diseño experimental completamente aleatorio (DCA) ya que se determinó si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, por ello se manipularon la variable independiente y ver la influencia en la variable dependiente.

El diseño de la investigación corresponde a un diseño experimental. Según Hernández, Fernández, & Baptista (2014) el diseño con grupos aleatorizados y post prueba, cuando termina la manipulación en los grupos se le realiza una medición, razón por la cual en esta investigación se aplicará el diseño mencionado de la siguiente forma:

$RG1 - - - \rightarrow X - - - \rightarrow O1$

$RG2 - - - \rightarrow X - - - \rightarrow O2$

$RG3 - - - \rightarrow X - - - \rightarrow O3$

Dónde:

R : Asignación al azar de los residuos orgánicos

G1 : Grupo 1, definido como residuos orgánicos de mercado antes de recibir el tratamiento.

G2 : Grupo 2, definido como residuos orgánicos de restaurante antes de recibir el tratamiento.

G3 : Grupo 3, definido como residuos orgánicos domiciliarios antes de recibir el tratamiento.

X : Tratamiento denominado bioconversión con mosca doméstica (*Musca domestica* L.).

O1 : Medición del índice de reducción, tasas de crecimiento y contenido proteico después del tratamiento en el grupo 1.

O2 : Medición del índice de reducción, tasas de crecimiento y contenido proteico después del tratamiento en el grupo 2.

O3 : Medición del índice de reducción, tasas de crecimiento y contenido proteico después del tratamiento en el grupo 3.

## ANÁLISIS DE SUPUESTOS

Antes de analizar la información, fue importante saber si los resultados seguían una distribución normal, por lo tanto, se basó en la prueba de Shapiro-Wilk debido a que este es para muestras menores a 30 y nos indica que el valor de significancia debe ser mayor al 5%. (Herrera & Fontalvo, 2011). Esta prueba se realizó a fin de conocer si las variables de investigación tienen una distribución normal, por otro lado, también se realizó la prueba de homogeneidad de varianza de Levene con la finalidad de ver la variabilidad de los diferentes tratamientos de un factor, es decir, entre diferentes grupos con un nivel de significancia de (0.05).

Los supuestos del modelo son:

### **Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk se contrasta las hipótesis:**

$H_0$  = La muestra tiene una distribución normal

$H_1$  = La muestra no tiene una distribución normal

Se muestra en la siguiente tabla, la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, podemos determinar para el índice de reducción de residuos sólidos (WRI), eficiencia de conversión de los alimentos ingeridos (ECI) y las tasas de crecimiento absoluta, relativa y específica en los diferentes tratamientos con un P-valor superior al nivel de significancia de 0.05 y afirmamos que los datos provienen de una distribución normal en todos los tratamientos respectivamente, por consiguiente se optó utilizar estadística paramétrica.

*Prueba de normalidad.*

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk				
Parámetros	Tratamiento	Estadístico	Grados de libertad	Significancia
WRI	RD	0.998	3	0.905
	RM	0.862	3	0.272
	RR	0.982	3	0.741
ECI	RD	1.000	3	0.986
	RM	0.811	3	0.140
	RR	0.813	3	0.145
TEC Longitud	RD	0.954	3	0.589
	RM	0.925	3	0.470
	RR	0.849	3	0.239
TEC Peso	RD	0.892	3	0.361
	RM	0.973	3	0.685
	RR	0.981	3	0.733
TRC Longitud	RD	0.953	3	0.584
	RM	0.986	3	0.774
	RR	0.829	3	0.187
TRC Peso	RD	0.896	3	0.372
	RM	0.969	3	0.661
	RR	0.996	3	0.880
TAC Longitud	RD	0.997	3	0.903
	RM	0.984	3	0.756
	RR	1.000	3	0.968
TAC Peso	RD	0.953	3	0.583
	RM	0.998	3	0.915
	RR	0.988	3	0.787

## ANEXO 22

### Análisis de supuestos - prueba de homogeneidad de varianza

#### Prueba de homogeneidad de varianza de Levene se contrasta las hipótesis:

$H_0$  = La varianza es igual entre los grupos

$H_1$  = La varianza no es igual entre los grupos

#### Prueba de homogeneidad.

Prueba de homogeneidad de varianza			
Variable dependiente	Levene	Grados de libertad	Significancia
WRI	0.43	3	0.667
ECI	2.51	3	0.161
TEC Longitud	1.82	3	0.241
TEC Peso	0.47	3	0.645
TRC Longitud	1.77	3	0.249
TRC Peso	0.72	3	0.525
TAC Longitud	2.85	3	0.135
TAC Peso	2.40	3	0.172

Como se muestra en la tabla, la prueba de homogeneidad de varianza para el índice de reducción de residuos sólidos (por sus siglas en inglés WRI), eficiencia de conversión de los alimentos ingeridos (ECI) y las tasas de crecimiento absoluta, relativa y específica; muestran un P-valor superior al nivel de significancia de 0.05, entonces aceptamos la hipótesis nula y afirmamos que la varianza es igual entre los demás grupos.

Analizando los dos supuestos, la prueba de Shapiro-Wilk que nos indica que todos nuestros parámetros tienen una distribución normal y la prueba de homogeneidad de varianza de Levene afirma que la varianza es igual entre los grupos, por ende, se procedió a realizar el análisis estadístico utilizando la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## ANEXO 23

*Análisis estadístico - índice de reducción de residuos (WRI), eficiencia de conversión de alimentos (ECI) y tasas de crecimiento (TAC, TRC, TEC).*

### **Índice de reducción de residuos sólidos orgánicos**

#### **Hipótesis estadísticas**

$H_0$  = No existe diferencia significativa en la reducción de residuos sólidos orgánicos

$H_1$  = Existe diferencia significativa en la reducción de residuos sólidos orgánicos

Nivel de significancia Alfa= 5% = 0.05

En la siguiente tabla, se presenta los resultados del índice de reducción de residuos, se muestra la prueba de significancia de P-valor de 0.000 siendo menor a ( $p < 0.05$ ); por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y afirmamos que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos; así mismo, esto nos indica que el tipo de residuo orgánico aplicadas en los tratamientos si influyen en la degradación. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual al 2.27% esto nos indica que existe una relación entre el tamaño de la media y versatilidad de la variable (Vásquez, 1990).

*Análisis de varianza paramétrica del índice de reducción de residuos sólidos (WRI).*

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	F tab	p-valor
Residuo orgánico	2	4.893	2.446	157.62	4.459	0.000
Error	6	0.093	0.016			
Total	8	4.986				

### **Eficiencia de conversión de los alimentos ingeridos (ECI)**

#### **Hipótesis estadísticas**

$H_0$  = No existe diferencia significativa en la eficiencia de conversión de alimentos ingeridos de residuos sólidos orgánicos

$H_1$  = Existe diferencia significativa en la eficiencia de conversión de alimentos ingeridos de residuos sólidos orgánicos

Nivel de significancia Alfa= 5% = 0.05

En la siguiente tabla, se presenta los resultados eficiencia de conversión de alimentos ingeridos (ECI), se muestra la prueba de significancia de P-valor de 0.214 siendo mayor a ( $p < 0.05$ ); por lo tanto, rechazamos la hipótesis alterna y afirmamos que, no existe diferencia significativa entre los tratamientos; así mismo, esto nos indica que el tipo de residuo orgánico aplicadas en los tratamientos no influyen significativamente en la conversión de alimentos ingeridos. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual al 6.87 % esto nos indica que los datos evaluados son confiables, ya que Vásquez (1990) indica que para datos experimentales el coeficiente de variación no debe superar al 25 %.

*Análisis de varianza paramétrica de la eficiencia de conversión de alimentos ingeridos (ECI).*

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	F tab	p-valor
Residuo orgánico	2	6.865	3.433	2.010	4.459	0.214
Error	6	10.233	1.705			
Total	8	17.098				

**Tasa absoluta de crecimiento TAC**

**Tasa absoluta de crecimiento (TAC) en longitud**

**Hipótesis estadísticas**

$H_0$  = No existe diferencia significativa en la tasa absoluta crecimiento en longitud de larvas de mosca doméstica

$H_1$  = Existe diferencia significativa en la tasa absoluta de crecimiento en longitud de larvas de mosca doméstica

Nivel de significancia Alfa= 5% = 0.05

En la siguiente tabla, se presenta los resultados de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) en longitud de larvas de mosca doméstica, se muestra la prueba de significancia de P-valor de 0.000 siendo menor a ( $p < 0.05$ ); por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y afirmamos que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos; así mismo, esto nos indica que el tipo de residuo orgánico aplicadas en los tratamientos si influyen en tasa absoluta de crecimiento. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual al 8.41 % esto nos indica que los datos evaluados son confiables, ya que Vásquez (1990), indica que para datos experimentales el coeficiente de variación no debe superar al 25 %.

*Análisis de varianza paramétrica de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) en longitud.*

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	F tab	p-valor
Residuo orgánico	2	2.1275	1.0638	15.78	4.459	0.004
Error	6	0.4046	0.0674			
Total	8	2.5321				

**Tasa absoluta de crecimiento (TAC) en peso**

**Hipótesis estadísticas**

$H_0$  = No existe diferencia significativa en la tasa absoluta crecimiento en peso de larvas de mosca doméstica

$H_1$  = Existe diferencia significativa en la tasa absoluta de crecimiento en peso de larvas de mosca doméstica

Nivel de significancia Alfa= 5% = 0.05

En la siguiente tabla, se presenta los resultados de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) en peso de larvas de mosca doméstica, se muestra la prueba de significancia de P-valor de 0.004 siendo menor a ( $p < 0.05$ ); por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y afirmamos que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos; así mismo, esto nos indica que el tipo de residuo orgánico aplicadas en los tratamientos si influyen en la tasa absoluta de crecimiento. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual al 15.97 % esto nos indica que los datos evaluados son confiables, ya que Vásquez (1990), indica que para datos experimentales el coeficiente de variación no debe superar al 25 %.

*Análisis de varianza paramétrica de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) en peso.*

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	F tab	p-valor
Residuo orgánico	2	2.128	1.064	15.78	4.459	0.004
Error	6	0.4046	0.067			
Total	8	2.5321				

## Tasa relativa de crecimiento TRC

### Tasa relativa de crecimiento (TRC) en longitud

#### Hipótesis estadísticas

$H_0$  = No existe diferencia significativa en la tasa relativa crecimiento en longitud de larvas de mosca doméstica

$H_1$  = Existe diferencia significativa en la tasa relativa de crecimiento en longitud de larvas de mosca doméstica

Nivel de significancia Alfa= 5% = 0.05

En la siguiente tabla, se presenta los resultados de la tasa relativa de crecimiento (TRC) en longitud de larvas de mosca doméstica, se muestra la prueba de significancia de P-valor de 0.001 siendo menor a ( $p < 0.05$ ); por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y afirmamos que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos; así mismo, esto nos indica que el tipo de residuo orgánico aplicadas en los tratamientos si influyen en tasa relativa de crecimiento. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual al 4.49 % esto nos indica que los datos evaluados son confiables, ya que Vásquez (1990), indica que para datos experimentales el coeficiente de variación no debe superar al 25 %.

#### *Análisis de varianza paramétrica de la tasa relativa de crecimiento (TRC) en longitud.*

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	F tab	p-valor
Residuo orgánico	2	13.941	6.970	52.360	4.459	0.001
Error	6	0.799	0.133			
Total	8	14.739				

## Tasa relativa de crecimiento (TRC) en peso

#### Hipótesis estadísticas

$H_0$  = No existe diferencia significativa en la tasa relativa crecimiento en peso de larvas de mosca doméstica

$H_1$  = Existe diferencia significativa en la tasa relativa de crecimiento en peso de larvas de mosca doméstica

Nivel de significancia Alfa= 5% = 0.05

En la siguiente tabla, se presenta los resultados de la tasa relativa de crecimiento (TRC) en peso de larvas de mosca doméstica, se muestra la prueba de significancia de P-valor de 0.001 siendo menor a ( $p < 0.05$ ); por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y afirmamos que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos; así mismo, esto nos indica que el tipo de residuo orgánico aplicadas en los tratamientos si influyen en la tasa relativa de crecimiento. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual al 6.07 % esto nos indica que los datos evaluados son confiables, ya que Vásquez (1990), indica que para datos experimentales el coeficiente de variación no debe superar al 25 %.

*Análisis de varianza paramétrica de la tasa relativa de crecimiento (TRC) en peso.*

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	F tab	p-valor
Residuo orgánico	2	28.799	14.340	28.540	4.459	0.001
Error	6	3.027	0.5045			
Total	8	31.826				

**Tasa específica de crecimiento (TEC)**

**Tasa específica de crecimiento (TEC) en longitud**

**Hipótesis estadísticas**

$H_0$  = No existe diferencia significativa en la tasa específica de crecimiento en longitud de larvas de mosca doméstica

$H_1$  = Existe diferencia significativa en la tasa específica de crecimiento en longitud de larvas de mosca doméstica

Nivel de significancia Alfa= 5% = 0.05

En la siguiente tabla, se presenta los resultados de la tasa específica de crecimiento (TEC) en longitud de larvas de mosca doméstica, se muestra la prueba de significancia de P-valor de 0.000 siendo menor a ( $p < 0.05$ ); por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y afirmamos que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos; así mismo, esto nos indica que el tipo de residuo orgánico aplicadas en los tratamientos si influyen en tasa específica de crecimiento. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual al 3.97 % esto nos indica que los datos evaluados son confiables, ya que Vásquez (1990), indica que para datos experimentales el coeficiente de variación no debe superar al 25 %.

*Análisis de varianza paramétrica de la tasa específica de crecimiento (TEC) en longitud.*

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	F tab	p-valor
Residuo orgánico	2	11.021	5.510	58.56	4.459	0.000
Error	6	0.564	0.094			
Total	8	11.585				

**Tasa específica de crecimiento (TEC) en peso**

**Hipótesis estadísticas**

$H_0$  = No existe diferencia significativa en la tasa específica de crecimiento de larvas de mosca doméstica

$H_1$  = Existe diferencia significativa en la tasa específica de crecimiento de larvas de mosca doméstica

Nivel de significancia Alfa= 5% = 0.05

En la siguiente tabla, se presenta los resultados de la tasa específica de crecimiento (TEC) en peso de larvas de mosca doméstica, se muestra la prueba de significancia de P-valor de 0.001 siendo menor a ( $p < 0.05$ ); por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y afirmamos que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos; así mismo, esto nos indica que el tipo de residuo orgánico aplicadas en los tratamientos si influyen en la tasa específica de crecimiento. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual al 5.02 % esto nos indica que los datos evaluados son confiables, ya que Vásquez (1990), indica que para datos experimentales el coeficiente de variación no debe superar al 25 %.

*Análisis de varianza paramétrica de la tasa específica de crecimiento (TEC) en peso.*

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	F tab	p-valor
Residuo orgánico	2	18.681	9.341	32.51	4.459	0.001
Error	6	1.724	0.287			
Total	8	20.405				

## Informe de ensayo sobre contenido metales totales (Calcio y Fósforo) en larvas de mosca doméstica



## Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

### INFORME DE ENSAYO LAS-18-06270

Pág: 1/5

#### Hoja de datos

Señores: REYNALDO SALAS SUCATICONA  
Dirección: JR. SEGUNDO DOMINGO DE MAYO MZ A LT 03  
Atención: REYNALDO SALAS SUCATICONA

Producto(s) Declarado(s): LARVAS SECAS  
Nro de muestras: 3  
Muestreo a cargo de(l): REYNALDO SALAS SUCATICONA  
Registro de muestreo: 016-18  
Fecha de recepción: 11/09/2018  
Fecha de ensayo: 11/09/2018  
Fecha de emisión: 27/09/2018  
Condiciones de recepción de la muestra:  
Observaciones : ----

#### Método de ensayo aplicado

- \*5012 Método de ensayo para la determinación de metales pesados en alimentos (As, Ba, Be, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, K, Se, Sr, Ti, Zn) por ICP OES
- \*5022 Método de ensayo para la determinación de Humedad en alimentos
- \*5027 Método de ensayo para la determinación de Cenizas en alimentos
- \*5037 Método de Ensayo de Proteínas por Destilación Khelhdal

Cod Int. #	Nombre de muestra	Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
AL18000061	LARVAS SECAS DE RESIDUOS DE MERCADO M1-RM	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA - UNAJ / JULIACA / PUNO	04/09/18	10:00 a.m.
AL18000062	LARVAS SECAS EN RESIDUOS DOMICILIARIOS M2-RD	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA - UNAJ / JULIACA / PUNO	04/09/18	10:00 a.m.
AL18000063	LARVAS SECAS EN RESIDUOS DE RESTAURANTES M3-RR	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA - UNAJ / JULIACA / PUNO	04/09/18	10:00 a.m.

  
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
 Omar A. Juárez Soto  
 Gerente de Operaciones  
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

<sup>a</sup><Valor numérico> = Límite de detección del método, <sup>b</sup><Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

N-18 N° 5439



# Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS-18-06270

Hoja de resultados

27/09/2018

Pág.: 2/5

.MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	5012	5012	5012	5012	5012	5012	5012	5012	5012	5012
		Ag MT	Al MT	As MT	B MT	Ba MT	Be MT	Ca MT	Cd MT	Co MT	Cr MT
		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
AL18000061	LARVAS SECAS DE RESIDUOS DE MERCADO M1-RM	≤0,048	19	≤0,024	≤0,11	3,722	≤0,0016	2 200	≤0,0022	≤0,0019	0,2342
AL18000062	LARVAS SECAS EN RESIDUOS DOMICILIARIOS M2-RD	≤0,048	20	≤0,024	≤0,11	3,286	≤0,0016	2 400	≤0,0022	≤0,0019	2,139
AL18000063	LARVAS SECAS EN RESIDUOS DE RESTAURANTES M3-RR	≤0,048	9,8	≤0,024	≤0,11	2,954	≤0,0016	2 400	≤0,0022	≤0,0019	≤0,0078

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

N-18 N° 5440



# Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS-18-06270

Hoja de resultados

27/09/2018

Pág.: 3/5

.MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	5012	5012	5012	5012	5012	5012	5012	5012	5012	5012	5012
		Cu MT	Fe MT	Hg MT	K MT	Li MT	Mg MT	Mn MT	Mo MT	Na MT	Ni MT	P MT
		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
AL18000061	LARVAS SECAS DE RESIDUOS DE MERCADO M1-RM	15,1	91	≪0,0082	7 300	12,07	900	12,67	0,7791	3 700	≪0,01	4 100
AL18000062	LARVAS SECAS EN RESIDUOS DOMICILIARIOS M2-RD	14,6	110	≪0,0082	6 700	7,798	1 400	18,16	0,5497	4 800	≪0,01	5 100
AL18000063	LARVAS SECAS EN RESIDUOS DE RESTAURANTES M3-RR	12,6	66	≪0,0082	6 100	3,695	1 000	14,01	0,4575	5 000	≪0,01	4 800

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

<sup>a</sup><Valor numérico> = Límite de detección del método, <sup>b</sup><Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

N-18 N° 5441



# Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú

Tel: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS-18-06270

Hoja de resultados

27/09/2018

Pág.: 4/5

.MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	5012 Pb MT mg/Kg	5012 Sb MT mg/Kg	5012 Se MT mg/Kg	5012 SiO <sub>2</sub> MT mg/Kg	5012 Sn MT mg/Kg	5012 Sr MT mg/Kg	5012 Ti MT mg/Kg	5012 Tl MT mg/Kg	5012 V MT mg/Kg	5012 Zn MT mg/Kg
AL18000061	LARVAS SECAS DE RESIDUOS DE MERCADO M1-RM	*<0,052	0,7032	0,590	102	1,07	10,5	1,26	*<0,026	0,0622	77,3
AL18000062	LARVAS SECAS EN RESIDUOS DOMICILIARIOS M2-RD	*<0,052	0,4737	0,678	104	1,33	12,6	1,30	*<0,026	0,0646	77,9
AL18000063	LARVAS SECAS EN RESIDUOS DE RESTAURANTES M3-RR	*<0,052	0,4041	0,674	56,9	0,724	14,3	1,07	*<0,026	0,0252	72,7

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Suárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M.Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

\*<Valor numérico = Límite de detección del método, <sup>o</sup><Valor Numérico = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

N-18 N° 5442

ANEXO 25

Informe de ensayo sobre contenido de humedad, cenizas, grasas y proteínas en larvas de mosca doméstica



## Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

### INFORME DE ENSAYO LAS-18-06270

Hoja de resultados

27/09/2018

Pág.: 5/5

Código Interno #	Nombre de Muestra	*5022	*5027	*5028	*5037
		Humedad %	Cenizas %	Aceites y Grasas %	Proteína %
AL18000061	LARVAS SECAS DE RESIDUOS DE MERCADO M1-RM	5,0809	5,2901	23,7353	61,7665
AL18000062	LARVAS SECAS EN RESIDUOS DOMICILIARIOS M2-RD	3,3339	6,1740	21,2043	61,0085
AL18000063	LARVAS SECAS EN RESIDUOS DE RESTAURANTES M3-RR	1,8093	5,8832	21,5970	56,7987

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniería Química CIP 114426

<sup>a</sup><Valor numérico> = Límite de detección del método, <sup>b</sup><Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

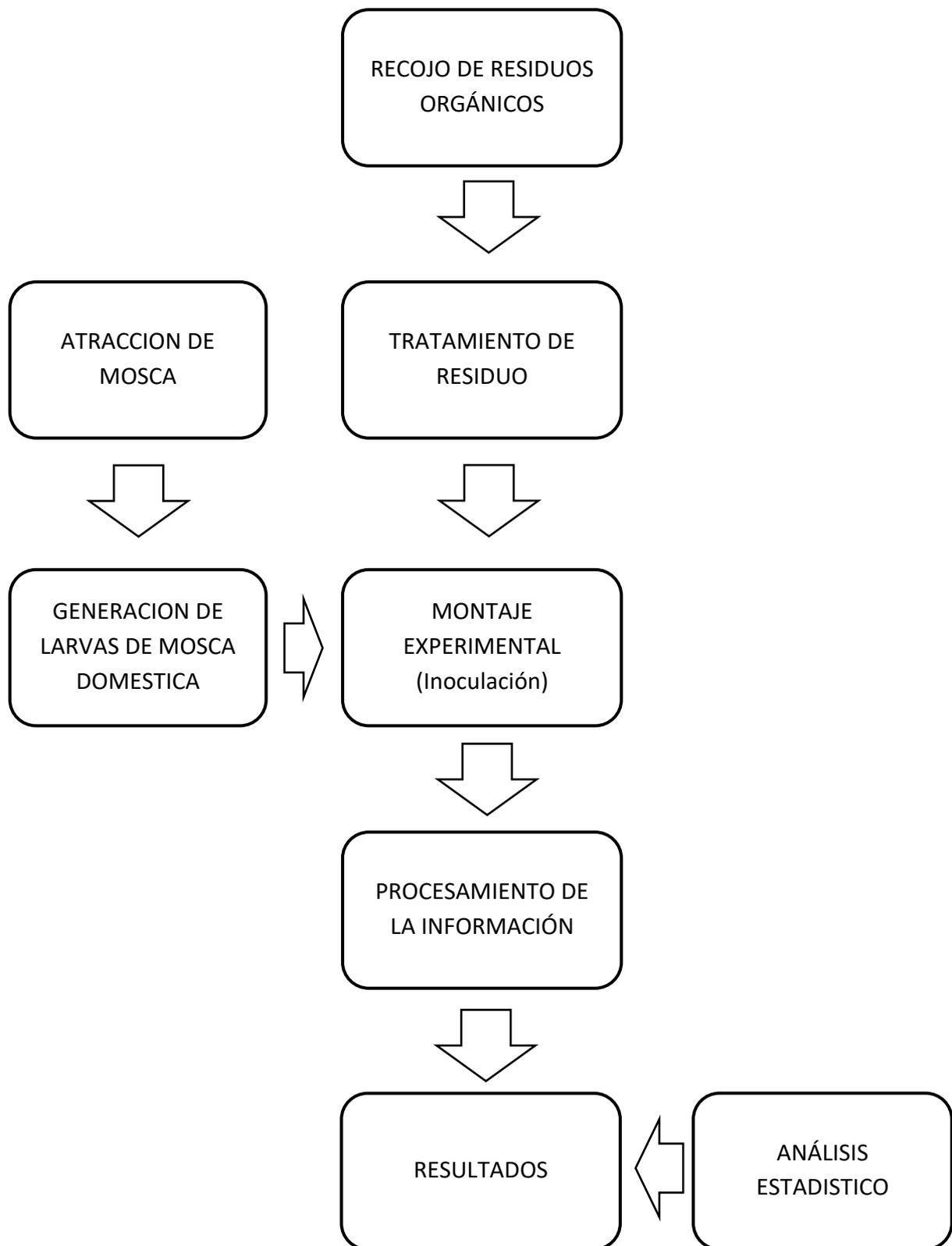
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

N-18 N° 5443

ANEXO 26

Vista general de la metodología.



ANEXO 27

Panel fotográfico.



Figura 14. Selección de larvas de mosca.



Figura 15. Pesado de larvas de mosca.



Figura 16. Residuos orgánicos de mercado, restaurante y domiciliario.



Figura 17. Trituración de residuos orgánicos.



Figura 18. Pesado de residuos orgánicos triturados.

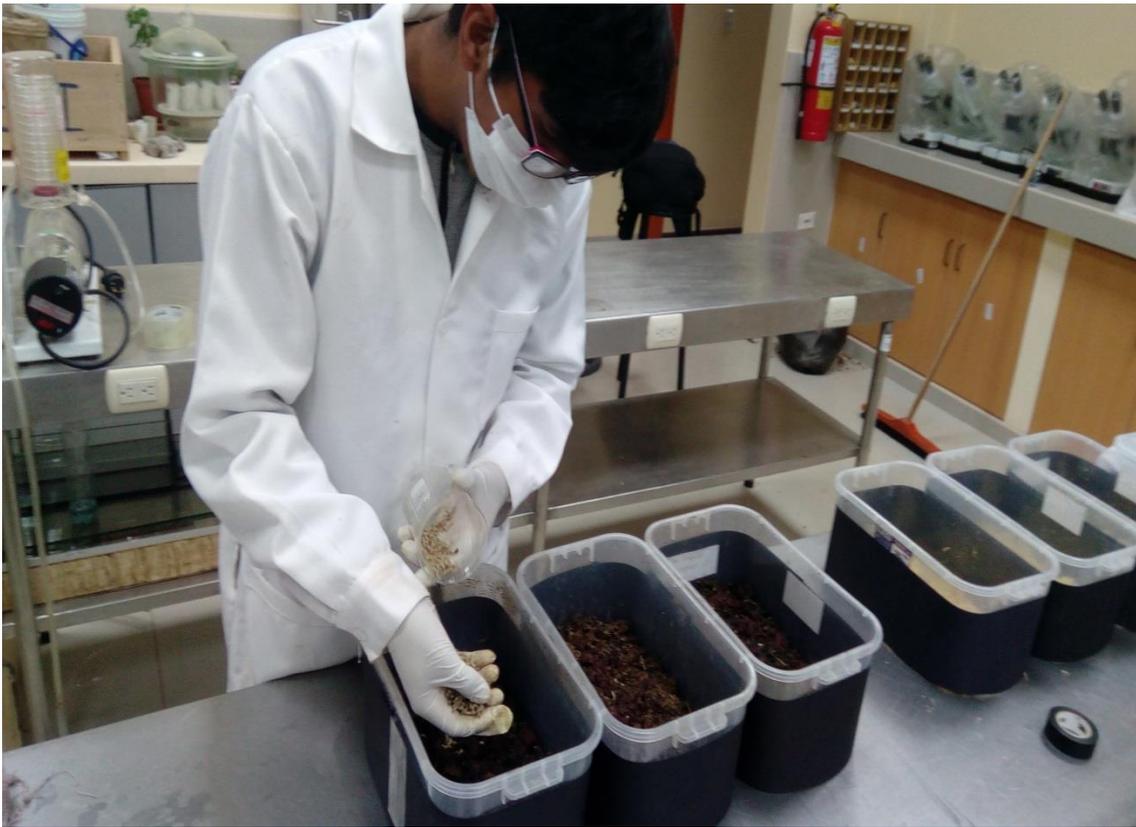


Figura 19. Inoculación de larvas de mosca doméstica en el sustrato preparado.

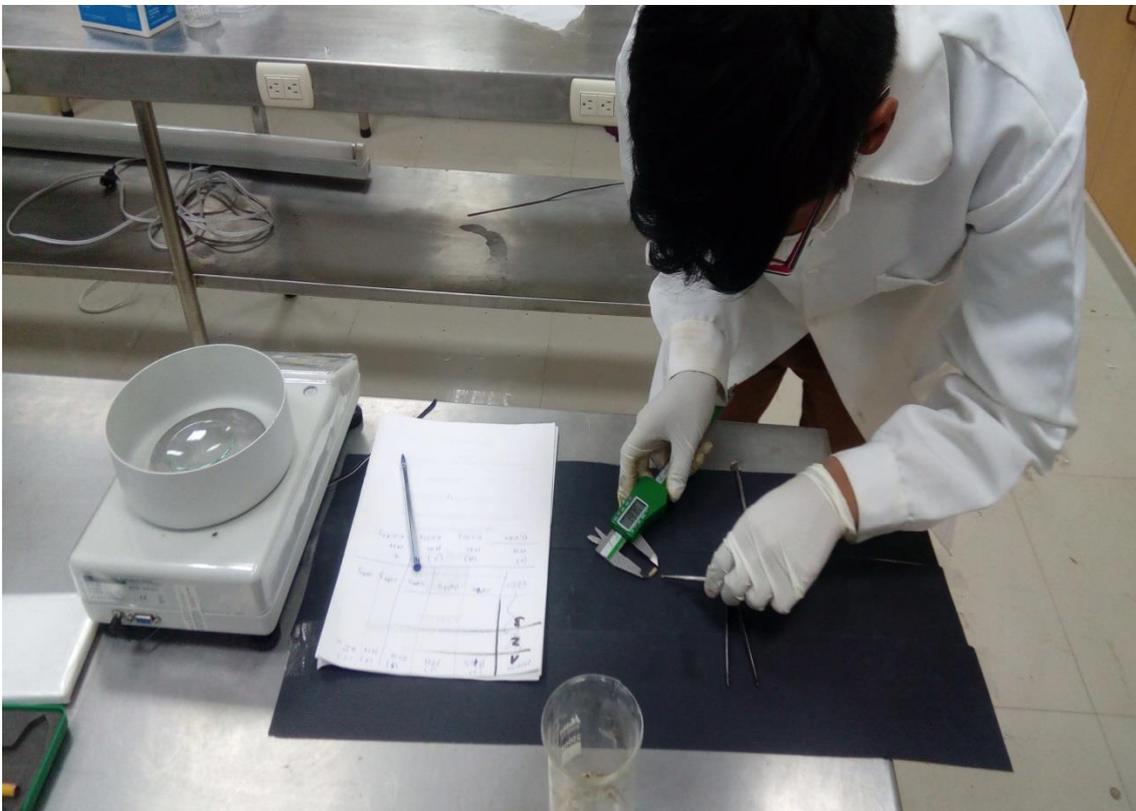


Figura 20. Evaluación de la talla y peso de las larvas.



*Figura 21. Acondicionamiento de residuos orgánicos de mercado.*



*Figura 22. Acondicionamiento de residuos orgánicos de restaurante.*



*Figura 23. Acondicionamiento de residuos orgánicos domiciliarios.*



*Figura 24. Vista general de las unidades experimentales.*



*Figura 25. Acondicionamiento de las muestras.*



*Figura 26. Evaluación de las muestras.*



*Figura 27. Selección de larvas luego del proceso de experimentación.*



*Figura 28. Lavado de larvas de mosca domésticas.*



*Figura 29. Secado de larvas de mosca doméstica previo al análisis de nutriente.*



