



Evaluación bajo condiciones *ex situ* (bioterio) del invertebrado *Ulomoides dermestoides* como conversor, criado a partir de desechos orgánicos domésticos y de la industria cervecera

Leiva González, Luis Fernando

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Biotecnología

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Biotecnología

Director del Proyecto: Juan Neira Mosquera PhD.

Sangolquí – Ecuador

2023

Leiva_Luis_Proyecto de titulacion

4% Similitudes  < 1% Texto entre comillas
 0% similitudes entre comillas
 0% Idioma no reconocido

Nombre del documento: Leiva_Luis_Proyecto de titulacion.pdf
 ID del documento: 4d23a755ae3d77dc11ab60a63ac47be1eb8e4a03
 Tamaño del documento original: 1.65 Mo

Depositante: MILTON VINICIO UDAY PATIÑO
 Fecha de depósito: 27/2/2023
 Tipo de carga: interface
 fecha de fin de análisis: 27/2/2023

Número de palabras: 18.743
 Número de caracteres: 128.400

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

| Nº | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|---|-------------|---|--|
| 1 |  Tesis_Hermoza_Macias - para plagio.pdf Tesis_Hermoza_Macias - para pla... #80e#99 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 4 fuentes similares | < 1% |  | Palabras idénticas : < 1% (174 palabras) |
| 2 |  1library.co Larvas de gusano de harina (Tenebrio molitor) como alternativa proteic... https://1library.co/document/qvjiporq-larvas-gusano-harina-tenebrio-molitor-alternativa-proteica-alim... 1 fuente similar | < 1% |  | Palabras idénticas : < 1% (89 palabras) |
| 3 |  doi.org Insects Free Full-Text Evaluation of Organic Wastes as Substrates for Re... https://doi.org/10.3390/INSECT511090604 2 fuentes similares | < 1% |  | Palabras idénticas : < 1% (79 palabras) |
| 4 |  hdl.handle.net influencia de diferentes dietas en la composición nutricional del ins... https://hdl.handle.net/2454/26036 2 fuentes similares | < 1% |  | Palabras idénticas : < 1% (72 palabras) |
| 5 |  dx.doi.org Food Wastes as a Potential New Source for Edible Insect Mass Productio... https://dx.doi.org/10.3390/fermentation5030081 | < 1% |  | Palabras idénticas : < 1% (51 palabras) |

Fuentes con similitudes fortuitas

| Nº | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|--|-------------|--|---|
| 1 |  hdl.handle.net Dimensionado y estudio de viabilidad de una granja de Tenebrio M... http://hdl.handle.net/11000/8279 | < 1% |  | Palabras idénticas : < 1% (39 palabras) |
| 2 |  repositorio.ucv.edu.pe https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/105111/Apaza_RMJ-SD.pdf?sequence=1 | < 1% |  | Palabras idénticas : < 1% (33 palabras) |
| 3 |  doi.org Processes Free Full-Text Larvae Mediated Valorization of Industrial, Agri... https://doi.org/10.3390/PR8070857 | < 1% |  | Palabras idénticas : < 1% (35 palabras) |
| 4 |  repository.unimilitar.edu.co https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38939/RavagliCastilloAndreaCarolina202... | < 1% |  | Palabras idénticas : < 1% (32 palabras) |
| 5 |  www.expertoanimal.com ¿Qué COMEN Los PECES? https://www.expertoanimal.com/que-comen-los-peces-24800.html | < 1% |  | Palabras idénticas : < 1% (19 palabras) |

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

-  <https://doi.org/10.14198/RHM2015.33.15>
-  <https://asocerv.beer/estadisticas>
-  <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2016.06.010>
-  https://doi.org/10.1007/978-94-017-6159-8_1
-  <https://xdoc.mx/preview/descripcion-y-cria-palembus-ulomoides>





Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Biotecnología

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **“Evaluación bajo condiciones *ex situ* (bioterio) del invertebrado *Ulomoides dermestoides* como conversor, criado a partir de desechos orgánicos domésticos y de la industria cervecera”** fue realizado por el señor **Leiva González, Luis Fernando**; el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido, por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 27 de febrero del 2023

Firma:



Neira Mosquera, Juan Alejandro Ph.D.

C. C. 0501644470



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Biotecnología

Responsabilidad de autoría

Yo, **Leiva González, Luis Fernando**, con cédula de ciudadanía n° 1150017182, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Evaluación bajo condiciones *ex situ* (bioterio) del invertebrado *Ulomoides dermestoïdes* como conversor, criado a partir de desechos orgánicos domésticos y de la industria cervecera”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 27 de febrero del 2023

Firma

Leiva González, Luis Fernando

C.C.: 1150017182



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Biotecnología

Autorización de publicación

Yo **Leiva González, Luis Fernando**, con cédula de ciudadanía n° 1150017182, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Evaluación bajo condiciones *ex situ* (bioterio) del invertebrado *Ulomoides dermestoides* como conversor, criado a partir de desechos orgánicos domésticos y de la industria cervecera”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 27 de febrero del 2023

Firma

Leiva González, Luis Fernando

C.C.: 1150017182

Índice de Contenidos

| | |
|--|----|
| Análisis Compilation..... | 2 |
| Certificación | 3 |
| Responsabilidad de autoría | 4 |
| Autorización de publicación | 5 |
| Listado de Abreviaciones | 15 |
| Resumen | 16 |
| Abstract | 17 |
| Dedicatoria..... | 18 |
| Agradecimientos | 19 |
| Capítulo I: introducción | 20 |
| Antecedentes..... | 20 |
| Justificación | 22 |
| Objetivos de la investigación..... | 25 |
| Objetivo general | 25 |
| Objetivos específicos..... | 25 |
| Capítulo II: Revisión Bibliográfica..... | 26 |
| Familia Tenebrionidae | 26 |
| <i>Ulomoides dermestoides</i> | 26 |

| | |
|---|----|
| Taxonomía | 27 |
| Morfología de las larvas | 28 |
| Ciclo de reproducción..... | 28 |
| Condiciones ambientales de crecimiento..... | 29 |
| Desechos Orgánicos..... | 30 |
| Transformación de desechos orgánicos | 31 |
| Valores nutricionales de desechos orgánicos domiciliarios..... | 31 |
| Industria de la cerveza artesanal de Ecuador. | 32 |
| Producción de insectos con fines de investigación o alimenticios | 34 |
| Los insectos en Laboratorio..... | 35 |
| Conversión de alimento con el uso de insectos | 35 |
| Los insectos en la alimentación humana | 36 |
| Concepto de la bromatología | 36 |
| Métodos oficiales de análisis de la Asociación de Químicos Analíticos | 36 |
| Análisis de microorganismos patógenos | 37 |
| Capítulo III: Metodología | 38 |
| Responsable del Proyecto | 38 |
| Periodo de investigación | 38 |
| Localización geográfica..... | 38 |
| Recolección..... | 38 |

| | |
|--|----|
| Bioterio <i>ex situ</i> | 39 |
| Conversión de los alimentos | 40 |
| Análisis Bromatológicos | 42 |
| Humedad..... | 42 |
| Cenizas | 43 |
| Proteína total | 43 |
| Método de Kjeldahl. | 43 |
| Grasa total..... | 44 |
| pH | 44 |
| Acidez | 44 |
| Análisis de microorganismos patógenos | 45 |
| Mohos y levaduras | 45 |
| Análisis estadísticos realizados..... | 46 |
| Diseño experimental | 47 |
| Factores a probar..... | 47 |
| Análisis estadístico | 49 |
| Hipótesis de investigación..... | 25 |
| Capítulo IV: Resultados | 50 |
| Resultado del crecimiento y conversión alimenticia | 50 |
| Análisis de varianza para la significancia en ECI, FCR y T_s | 51 |

| | |
|--|----|
| Resultados para Tipo de sustrato seco aplicado (Factor A), (Tukey $p < 0,05$) | 54 |
| Resultados para Tipo de sustrato aplicado (Factor B), (Tukey $p < 0,05$) | 57 |
| Resultados para la interacción de sustrato (Factor A) * (Factor B), (Tukey $p < 0,05$) | 59 |
| Historial de Conglomerados a partir de las Interacciones con ECI, FCR y T_s | 63 |
| Matriz de correlaciones y Gráfico de sedimentación para ECI (Día 15), FCR (Día 15), ECI (Día 33), FCR (Día 33) y T_s | 65 |
| Resultados de los análisis bromatológicos | 67 |
| Análisis de varianza para la significancia en Humedad, ceniza, proteína, grasa, pH y acidez | 67 |
| Resultado para tipo de sustrato (Factor A), (Tukey $p < 0,05$) | 72 |
| Resultados para tipo de sustrato (Factor B), (Tukey $p < 0,05$) | 75 |
| Resultados para la interacción de sustratos (Factor A) * (Factor B), (Tukey $p < 0,05$) | 78 |
| Historial de Conglomerados a partir de las Interacciones con Humedad, Cenizas, Proteína, Ceniza, pH y acidez | 83 |
| Matriz de correlaciones y Gráfico de sedimentación para Humedad, Ceniza, Proteína, Grasa, pH y Acidez | 84 |
| Resultados del análisis de microorganismos patógenos | 86 |
| Capítulo V: Discusión | 88 |
| Capítulo VI: Conclusiones | 95 |
| Capítulo VII: Recomendaciones | 97 |

Bibliografia.....99

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica de Ulomoides dermestoides</i> | 27 |
| Tabla 2 <i>Condiciones de crecimiento del Ulomoides dermestoides, según tres autores.</i> | 30 |
| Tabla 3 <i>Composición nutricional de los desechos orgánicos domiciliarios.</i> | 31 |
| Tabla 4 <i>Especificaciones del recipiente de contención y sustrato agregado.</i> | 40 |
| Tabla 5 <i>Descripción del sustrato húmedo inicial empleado.</i> | 40 |
| Tabla 6 <i>Ecuaciones de cálculo en función de la conversión de alimento.</i> | 41 |
| Tabla 7 <i>Tipo de análisis para Ulomoides dermestoides fase de larva.</i> | 46 |
| Tabla 8 <i>Factores y niveles a probar en el crecimiento de las larvas.</i> | 47 |
| Tabla 9 <i>Combinación Sustrato seco + Sustrato húmedo.</i> | 48 |
| Tabla 10 <i>Análisis de Varianza para ECI (Día 15) - Suma de Cuadrados Tipo III</i> | 52 |
| Tabla 11 <i>Análisis de Varianza para ECI (Día 33) - Suma de Cuadrados Tipo III</i> | 52 |
| Tabla 12 <i>Análisis de Varianza para FCR (Día 15) - Suma de Cuadrados Tipo III</i> | 53 |
| Tabla 13 <i>Análisis de Varianza para FCR (Día 33) - Suma de Cuadrados Tipo III</i> | 53 |
| Tabla 14 <i>Análisis de Varianza para T_s - Suma de Cuadrados Tipo III</i> | 54 |
| Tabla 15 <i>Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato seco (Factor A)</i> | 55 |
| Tabla 16 <i>Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato húmedo (Factor B).</i> .57 | 57 |
| Tabla 17 <i>Prueba de significación de Tukey para para Tipo de sustrato seco (Factor A) *</i> <i>Tipo de sustrato húmedo (Factor B).</i> | 60 |
| Tabla 18 <i>Historial de Conglomerados.</i> | 64 |

| | |
|---|----|
| Tabla 19 <i>Matriz de correlaciones^a</i> | 65 |
| Tabla 20 <i>Análisis de Varianza para %Humedad - Suma de Cuadrados Tipo III</i> | 67 |
| Tabla 21 <i>Análisis de Varianza para %Cenizas - Suma de Cuadrados Tipo III</i> | 68 |
| Tabla 22 <i>Análisis de Varianza para %Proteína - Suma de Cuadrados Tipo III</i> | 69 |
| Tabla 23 <i>Análisis de Varianza para %Grasa - Suma de Cuadrados Tipo III</i> | 70 |
| Tabla 24 <i>Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III</i> | 71 |
| Tabla 25 <i>Análisis de Varianza para %Acidez - Suma de Cuadrados Tipo III</i> | 71 |
| Tabla 26 <i>Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato seco (Factor A)</i> | 73 |
| Tabla 27 <i>Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato húmedo (Factor B)</i> . | 76 |
| Tabla 28 <i>Prueba de significación de Tukey para para Tipo de sustrato seco (Factor A) *</i> <i>Tipo de sustrato húmedo (Factor B)</i> | 79 |
| Tabla 29 <i>Historial de Conglomerados</i> | 83 |
| Tabla 30 <i>Matriz de correlaciones^a</i> | 85 |
| Tabla 31 <i>Recuento de mohos y levaduras</i> | 87 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Larvas de Ulomoides dermestoides</i> | 28 |
| Figura 2 <i>Ciclo de reproducción del Ulomoides dermestoides</i> | 29 |
| Figura 3 <i>Diagrama en la elaboración de la cerveza artesanal</i> | 34 |
| Figura 4 <i>Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO), Av. Rio Coca, coordenadas: -0.16244205262030223, -78.48044616946457. (INABIO - Google Maps, 2021)</i> | 38 |
| Figura 5 <i>Contenedor con larvas y adultos de Ulomoides dermestoides</i> | 50 |
| Figura 6 <i>Distribución de los tratamientos</i> | 51 |
| Figura 7 <i>Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato seco (Factor A)</i> | 56 |
| Figura 8 <i>Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato húmedo (Factor B)</i> ... | 58 |
| Figura 9 <i>Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato seco (Factor A) * Tipo de sustrato húmedo (Factor B). (Interacción AB)</i> | 61 |
| Figura 10 <i>Dendrograma que utiliza un enlace único</i> | 64 |
| Figura 11 <i>Gráfico de componentes</i> | 66 |
| Figura 12 <i>Gráfico de sedimentación para la varianza</i> | 66 |
| Figura 13 <i>Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato seco (Factor A)</i> | 74 |
| Figura 14 <i>Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato húmedo (Factor B)</i> ... | 77 |
| Figura 15 <i>Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato seco (Factor A) * Tipo de sustrato húmedo (Factor B). (Interacción AB)</i> | 80 |
| Figura 16 <i>Dendrograma que utiliza un enlace único</i> | 84 |
| Figura 17 <i>Gráfico de componentes</i> | 85 |

Figura 18 *Gráfico de sedimentación para la varianza*86

Listado de Abreviaciones

| | |
|----------------------|--|
| A1 o HGGCN | Harina del grano gastado de cervecería negra |
| A2 o AGGCN | Afrecho del grano gastado de cervecería negra |
| A3 o HGGCC | Harina del grano gastado de cervecería clara |
| A4 o AGGCC | Afrecho del grano gastado de cervecería clara |
| B1 o C | Culantro pasado |
| B2 o CP | Cáscara de papa |
| B3 o CR | Cáscara de remolacha |
| ECI | Eficiencia de conversión del alimento ingerido |
| FCR | Factor de conversión alimenticia |
| T_s | Tasa de supervivencia |

Resumen

La producción de carnes, genera un desbalance de recursos y afecta directamente en el ambiente; entre las alternativas de mitigación se encuentra el empleo de nuevas fuentes alimenticias, las cuales recaen en grupos que han estado presentes indirectamente en la dieta humana desde la prehistoria, como es el empleo de insectos. El presente trabajo evaluó el efecto conversor de *Ulomoides dermestoides* criado a partir de desechos orgánicos domésticos y de la industria cervecera, por pertenecer a una familia que pueden alimentarse de cualquier tipo de materia orgánica, además se estableció valores bromatológicos a partir de la combinación de sustratos secos y sustratos húmedos, empleando métodos fisicoquímicos, finalmente se determinó la presencia de microorganismos como mohos y levaduras para identificar posibles riesgos al ser empleado en la alimentación. En la conversión alimenticia se obtuvieron valores ECI similares a grillos domésticos (12%), los FCR (<4) establecieron que las larvas requieren de menor alimento y ser más eficientes que productos convencionales como los cerdos o res; en relación a la tasa de supervivencia estos cumplen los valores típicos para la familia Tenebrionidae (>75%). En relación a los valores de humedad, ceniza, grasa, pH y acidez se estableció que los sustratos secos y/o húmedos generan valores similares en comparación a otros modelos larvarios y que se da cumplimiento a normativas nacionales vigentes. Para el porcentaje de proteína y grasas los resultados indican cumplimiento a normativas, pero resultaron ser menores a modelos larvarios de la misma familia. Por otro lado, el análisis de microorganismo patógenos bajo técnicas dependientes de cultivo estableció buenas normas de higiene durante el desarrollo de la investigación. Con lo cual *Ulomoides dermestoides*, presenta efecto conversor de materia orgánica de desecho.

Palabras clave: *Ulomoides dermestoides*, conversión, bromatología, mohos, levaduras.

Abstract

Meat production generates an imbalance of resources and directly affects the environment; among the mitigation alternatives is the use of new food sources, which rely on groups that have been indirectly present in the human diet since prehistoric times, such as the use of insects. The present work evaluated the converting effect of *Ulomoides dermestoides* raised from domestic organic wastes and the brewing industry since they belong to a family that can feed on any type of organic matter. In addition, bromatological values were established from the combination of dry substrates and wet substrates, using physicochemical methods; finally, the presence of microorganisms such as molds and yeasts was determined to identify possible risks when used in food. In feed conversion, ECI values similar to domestic crickets (12%) were obtained, and FCR (<4) established that the larvae require less food and are more efficient than conventional products such as pigs or beef; about the survival rate, these meet the typical values for the Tenebrionidae family (>75%). In relation to the values of humidity, ash, fat, pH, and acidity, it was established that dry and humid substrates generate similar values in comparison to other larval models and that they comply with current national regulations. For the percentage of protein and fats, the results indicate compliance with regulations, but they were lower than larval models of the same family. On the other hand, the analysis of pathogenic microorganisms under culture-dependent techniques established good hygiene standards during the development of the research. Thus, *Ulomoides dermestoides*, presents a waste organic matter converting effect.

Key words: *Ulomoides dermestoides*, conversion, bromatology, molds, yeasts.

Dedicatoria

Dedico este trabajo y todos mis logros a mis padres, Gloria e Iván, y a mi querida hermana Lisbeth, por su apoyo incondicional durante el trayecto de mi carrera, los cuales me dieron la fuerza para culminarla.

Luis Fernando Leiva González

Agradecimientos

Agradezco a mis padres (Gloria e Iván) porque han estado en todos los momentos difíciles durante la carrera y me motivaron a no renunciar y me dieron la fuerza para afrontar todos los problemas, y así poder obtener mi título universitario.

A mi hermana, Lisbeth con la que he compartido casi toda mi vida, y ha sido un ejemplo para mí de lo que es ser un profesional universitario, por su amor, cariño y consejos durante la carrera.

A mis compañeros de la residencia universitaria, así como de la institución educativa, con los cuales, me he divertido, reído, llorado, me he amanecido estudiando o conversando de todas las metas y sueños por cumplir, siempre los llevaré en mis recuerdos más preciados.

A Sofia quien me enseñó y me dio la confianza para incursionar en el mundo de la bromatología, además me abrió las puertas para poder empezar el presente proyecto.

A Cecilia y Mayra, con la cuales disfruté contando las vivencias de la vida universitaria, me escucharon en momentos de tristeza y supieron animarme a continuar.

Agradezco en especial a Daniel, con quien he compartido muchas anécdotas, he aprendido y hemos llorando soportando los peores momentos. Gracias por todo.

Al doctor Juan Neira quien me guió como tutor del presente proyecto, y volvió todo esto posible. Gracias por la oportunidad y la confianza para realizar este proyecto.

Luis Fernando Leiva González

Capítulo I: introducción

Antecedentes

El concepto de nutrición animal y humana, se ve ligado a la producción a gran escala donde los procesos aseguren costes moderados, dietas balanceadas y sean de fácil adquisición; pero en la realidad este modelo llega a incumplirse y por ende los productores se ven en la necesidad de abarcar opciones o procesos que permitan solventar estas falencias; uno de estos procesos incluye a los insectos, mismos que han recibido mayor aceptación como fuentes alimentarias (De Voe, 2009).

La reproductividad acelerada de los insectos frente condiciones ideales de alimento, genera un desfase en los procesos antropológicos, dado que pueden llegar a destruir plantaciones, alimentos, disminuyendo la capacidad productiva de una región o país (Arrijoa Díaz Viruell, 2015). Si bien algunos insectos son considerados plagas; para algunos animales los insectos son una rica fuente de proteínas, es así que, en el ámbito de alimentación de peces, se ha descubierto especies que consumen mayormente insectos, dentro de sus dietas; cambiando la perspectiva de su base alimenticia, de ser carnívoros, a una población carnívora insectívora (Trujillo Jiménez & Toledo Beto, 2007).

Por otra parte, la gran demanda en la producción de carnes y la falta de disponibilidad agraria de cada país, exige la implementación de productos con menor efecto ambiental; surgiendo como solución la implementación de las granjas de insectos, mismas que están siendo incluidas en el sector agrícola, industrial y de piensos animales (van Huis, 2015). Un ejemplo es el empleo de insectos como *Tenebrio molitor* y *Zophobas morio* en la alimentación avícola, de donde se ha determinado que poseen los nutrientes equivalentes a fuentes proteicas tradicionales y con un menor gasto de recursos; dando una perspectiva de las ventajas de los insectos como fuentes alimenticias (Islam & Yang, 2017).

La inclusión de los insectos como dieta en la vida humana, se ven ligados a la historia del ser humano, desde la época prehistórica, los pueblos primitivos se alimentaban de langostas, o la miel; los datos de estudio referente al valor nutricional y potencial que generan los insectos se dataron desde 1918, de donde se define la importancia del consumo para estos hombres primitivos y de donde nace el estudio de la entomofagia para el hombre moderno (Bodenheimer, 1951). En Ecuador los primeros estudios han descrito ochenta y tres (83) especies diferentes de insectos que son consumidos principalmente en zonas nativas y de donde sobresalen el género Coleoptera e Hymenoptera (Onore, 2010).

La determinación de sustratos en la producción de biomasa en insectos ha permitido establecer como sustratos con bajo valor energético sean aprovechados, llegando a obtener hasta cuatro veces el valor energético, como es el caso en sustratos de subproductos de las industrias del vino y cerveceras (Pinotti & Ottoboni, 2021). Investigaciones en la bioconversión donde se han empleado granos gastados de cervecería en conjunto con subproductos del biodiesel han resultado en un éxito en el crecimiento de larvas de *Hermetia illunces*, dando lugar a una producción de larvas ricas en omega-3 (Ceccotti et al., 2022).

Los análisis para *Ulomoides dermestoides* se han establecido comparaciones respecto a *T. molitor* en condiciones de crecimiento óptimo (mezcla de avena y rodajas de manzana) de donde se estableció valores altos de fibra y proteína de acuerdo a la dieta suministrada, además la medición de su actividad antioxidante los vuelve ideales como alimentos nutraceuticos (Flores et al., 2020). A su vez *Ulomoides dermestoides*, posee interés en el campo médico, ya que se considera un alimento preventivo de la diabetes y se relaciona como tratamiento en algunos tipos de cáncer humano (Crespo et al., 2011)(Mendoza-Meza & España-Puccini, 2016).

Referente a los análisis microbiológicos de organismos patógenos presentes en *Ulomoides dermestoides* no se ha encontrado ningún estudio nacional o internacional.

Justificación

El ser humano al poseer un acelerado crecimiento poblacional genera una afección al cambio climático por el exceso de consumo cárnico, explotación, expansión de zonas agrarias y el abuso en consumo de agua limpia; dando como consecuencia, problemas en la producción de alimentos, reducción de fuentes alimentarias y la ausencia o desaparición de fuentes de agua limpia; con lo cual resulta importante el impulso de nuevas fuentes alimentarias, que aprovechen desechos domésticos o los subproductos de las industrias y la agricultura (FAO, 2022).

Resulta desmedida la cantidad de recursos en tierra agrícola (80%) que se designa para el pastoreo de animales o producción de ganado, piensos y forrajes; al mismo tiempo una consecuencia es la afección en el suministro alimenticio, dado que cereales que se pueden emplear a la alimentación humana se han escogido para ser alimento de animales (van Huis & Onincx, 2017). Con esto es indispensable para un manejo sustentable de recursos determinar alternativas que permitan obtener alimentos con alto grado proteico.

El ser humano dentro de las ciudades o metrópolis, genera los denominados desechos orgánicos domésticos, los cuales requieren procesos de tratamiento, los cuales son desconocidos o no se aplican en algunas regiones o ciudades; los rellenos sanitarios se ven saturados de material que podría aprovecharse mediante las técnicas de compostaje o el incentivo de nuevos modelos que permitan la atenuación de la contaminación producida por estos; abriéndose así más líneas de investigación en este tema (Jantz & Ruggerio, 2021).

El proceso de bioconversión a partir del empleo de desechos orgánicos domésticos, mismos que son dados a los insectos colabora en la sostenibilidad a futuro y seguridad alimentaria; estos desperdicios que pueden resultar problemáticos, son aprovechados por los insectos, permitiendo establecer una solución a nivel de industria y además colaboran en la generación de empleos; igualmente abre la posibilidad a la investigación de los desechos orgánicos, de los cuales los insectos puedan especializar su degradación (Fowles & Nansen, 2019).

La bioconversión con insectos permite la reducción del impacto ambiental dado que los residuos sustentan los requerimientos necesarios de proteína y grasa, a comparación del sector cárnico de donde se requiere una alimentación que se sustenta en el empleo de grandes zonas agrícolas específicas y un alto grado de consumo del agua limpia (Jucker et al., 2020). Y aunque la gran aceptación de sustratos por parte de los insectos resulta en una fortaleza, se debe aclarar e investigar los sustratos, con los cuales el insecto de interés puede consumir y analizar cómo esta dieta afecta la uniformidad del producto final que será consumido o empleado en el sector alimentario (Ravi et al., 2020).

Los insectos constituyen alrededor del 80% de todas las especies dentro del reino animal, estos a su vez poseen ciertos beneficios por sus niveles proteicos, vitaminas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos, omega 3 y 6; así como su capacidad antioxidante, al mismo tiempo se han identificado su utilidad en la prevención de enfermedades crónicas como diabetes, cáncer y otras enfermedades (Ramos-Elorduy, 2009)(Nowakowski et al., 2021). Con esto los investigadores pueden plantearse interrogantes, en beneficio de obtener nuevos conocimientos en áreas alimenticias o de la salud.

Las investigaciones en insectos en condiciones controladas o con estadios de temperatura, humedad y altura diferentes a nivel de laboratorio han establecido la adaptabilidad

de los insectos; con lo cual su rentabilidad aumenta, y se produce un efecto de domesticación adaptable lo que permite instaurar un sistema tipo granja para la producción, investigación y comercialización de los insectos como fuentes alimentarias (Offenberg, 2011). Esta mini ganadería resultaría en un alimento con eficiencia en la bioconversión, rápidas tasas de crecimiento, amplia variabilidad de estudio y una fuente sostenible ya que están distribuidas mundialmente (Tabassum-Abbasi et al., 2016).

Se debe destacar que la industria de la cerveza genera en porcentaje al menos un 85% de bagazo como residuo, el mismo que contiene alta concentración en proteínas, cenizas, fibra y materia seca que puede ser aprovechada en la industria (Barberan & Muñoz, 2022). Ecuador produce alrededor de 120000 toneladas de bagazo al año como residuos provenientes de la cerveza y de donde se ha determinado que este residuo se puede extraer macromoléculas como son proteínas y carbohidratos a manera de harinas las mismas que pueden ser aplicadas en la biorrefinería (Pérez, 2021).

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Evaluar bajo condiciones *ex situ* (bioterio) del invertebrado *Ulomoides dermestoides* como conversor, criado a partir de desechos orgánicos domésticos y de la industria cervecera.

Objetivos específicos

Establecer un sustrato de alimentación para *Ulomoides dermestoides*, con altos valores en eficiencia de bioconversión, tasa de crecimiento, porcentaje de supervivencia, tiempo de desarrollo, bajo condiciones *ex situ* (bioterio).

Definir los parámetros fisicoquímicos (proteína, grasa, cenizas, humedad, pH y acidez) de *Ulomoides dermestoides*, en estado de larva bajo condiciones *ex situ* (bioterio) mediante técnicas de la AOAC International.

Identificar poblaciones microbiológicas de riesgo en cultivos de larvas de *Ulomoides dermestoides ex situ* (bioterio), bajo técnicas dependientes de cultivo.

Hipótesis

El invertebrado *Ulomoides dermestoides* criado a partir de desechos orgánicos domésticos y de la industria cervecera, actúa como agente conversor en el tiempo, reduciendo significativamente materia orgánica.

Capítulo II: Revisión Bibliográfica

Familia Tenebrionidae

Esta familia representa al menos unas 20000 especies descritas, distribuidas en diferentes zonas del mundo, especialmente zonas tropicales y subtropicales; tanto las larvas como los adultos se asocian a dos hábitats: suelo y los árboles (Cifuentes-Ruiz & Zaragoza-Caballero, 2014). En cuestión alimenticia se los relaciona a ser una familia omnívora, llegando a alimentarse de cualquier tipo de materia orgánica en donde se desarrollen, dándoles una ventaja para el reciclaje de nutrientes, también pueden llegar a ser considerados plagas como es el caso de los géneros *Tenebrio* y *Tribolium* (Booth et al., 1990).

Ulomoides dermestoides

El “gorgojo chino” es el nombre común de *Ulomoides dermestoides*, del cual se describe por primera vez en 1878; suele alojarse en lugares de almacenamiento de granos como maíz, sorgo, soja, arroz y otros granos de los cuales se alimenta (Melissa et al., 2018). Es un insecto cuyo origen es Japón, y en la actualidad es cosmopolita; además se le atribuyen beneficios como antiinflamatorios y se han descrito investigaciones como fuente medicinal frente a algunas enfermedades catastróficas (Martins et al., 2010; Sandroni, 2001).

Taxonomía

La clasificación taxonómica se describe en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1

Clasificación taxonómica de Ulomoides dermestoides

| <i>Ulomoides dermestoides</i> | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Reino | Animalia |
| Filio / División | Arthropoda |
| Subfilo | Hexapoda |
| Clase | Insecta |
| Orden | Coleoptera |
| Familia | Tenebrionidae |
| Subfamilia | Ulomoides |
| Género | dermestoides |
| Especie | <i>Ulomoides dermestoides</i> |

Nota: Recuperado de Melissa et al., (2018). Evaluación de la actividad antimicrobiana y antioxidante de los extractos obtenidos del escarabajo chino (*Ulomoides dermestoides*).

Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas.

Morfología de las larvas

Posee coloración cremosa, cambiando de acuerdo a la dieta a un todo marrón observable en Figura 1, se tiene registros de crecimiento de entre 1mm y 11mm como máximo. Posee cuerpo segmentado con sus tres regiones corporales definidas: cabeza, tórax y abdomen (Hoffmann et al., 2005)

Figura 1

Larvas de Ulomoides dermestoides.



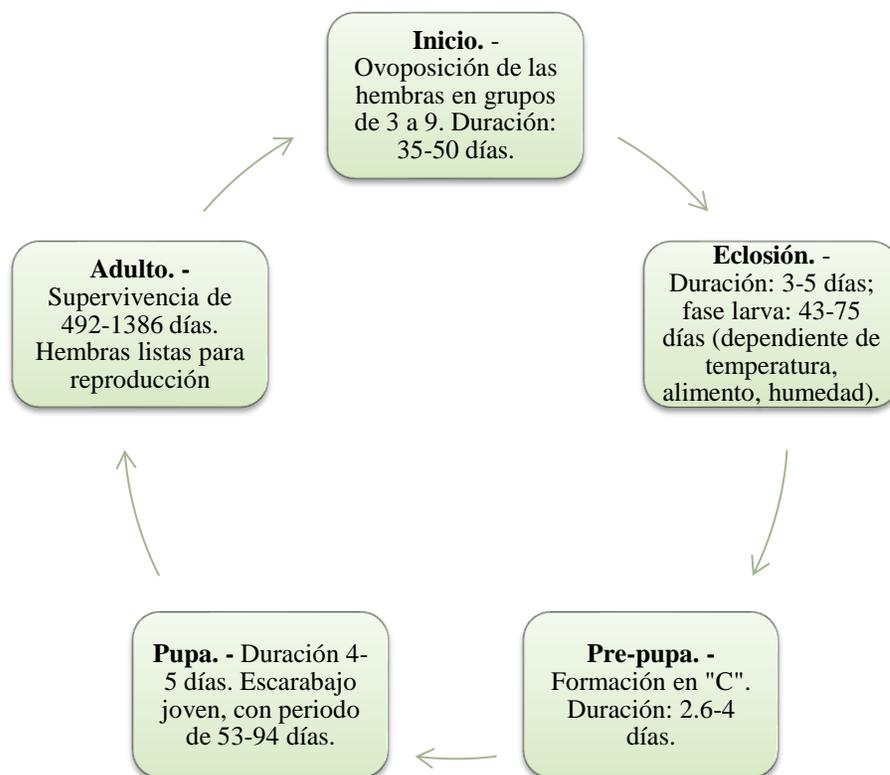
Nota: Recuperado de Hoffmann et al., E. (2005). Imobilização de larvas de *Ulomoides dermestoides* (Coleoptera, Tenebrionidae) sob baixa temperatura. *Biociencias*, 13(2), 119–121.

Ciclo de reproducción

La vida de *Ulomoides dermestoides* está relacionada a tres factores: alimentación temperatura y humedad; evitando el estrés por manipulaciones forzosas (véase Figura 2) (Castelli, 2016).

Figura 2

Ciclo de reproducción del Ulomoides dermestoides.



Nota: Recuperado de Yoshida, (1974). Rate of oviposition and effect of crowding on egg cannibalism and pre-adult mortality in *Martianus dermestoides* Chevrolat (Coleoptera, Tenebrionidae). *Okayama University Scientific Achievement Repository*, 44(1), 9–14.

Condiciones ambientales de crecimiento

El crecimiento del insecto se ve afectado en base a la alimentación, el empleo de semillas como única dieta acorta el ciclo reproductivo y por ende se da una madurez sexual más rápida (Marinoni & Ribeiro-Costa, 2001). Los valores de temperatura y humedad afectan al

crecimiento de las etapas: huevo, larva y pupa; de donde se sabe que a temperaturas altas y alta humedad se da un crecimiento rápido observable en Tabla 2.

Tabla 2

*Condiciones de crecimiento del *Ulomoides dermestoides*, según tres autores.*

| Etapas | (Yoshida, 1974) | (Chua & Chandrapal, 1978) | (Castelli, 2016) |
|--------------------|-----------------|---------------------------|------------------|
| Temperatura | 30°C – 61/75% H | 27/30°C – 81/86 % H | 38°C – 70/75% H |
| Huevo | 3 a 4 días | 3 a 4 días | 16 días |
| Larva | 35 días | 39 días | 55 días |
| Pupa | 3 a 4 días | 7 días | 4 a 5 días |
| Total | 41 a 34 días | 51 a 52 días | 75 a 76 días |

Nota: Recuperado de Melissa et al., (2018). Evaluación de la actividad antimicrobiana y antioxidante de los extractos obtenidos del escarabajo chino (*Ulomoides dermestoides*).
Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas.

Desechos Orgánicos

La basura orgánica, se la define como un desecho de origen biológico, que resulta en un residuo, restos o residuales que formó parte de un ser vivo, ejemplo de esto son: hojas, semillas, cascaras, sobras de frutales, y otros; estos pueden provenir de plantas, animales o del hombre. Su clasificación se puede dar en: domiciliarios, industriales, hospitalarios y comerciales (Ocaña Sánchez, 2013; Solís Filimonova, 2011).

Transformación de desechos orgánicos

En el marco de reducir el efecto contaminante del ser humano hacia el medio ambiente; la reutilización, recuperación, manejo y/o transformación de los desechos orgánicos resulta en políticas y leyes fundamentales en un gobierno (Ocaña Sánchez, 2013). La producción de desechos de carácter domiciliario que engloban residuos orgánicos, representa un 66,99% de los residuos totales y de donde se tiene conocimiento que solo el 3% de estos residuos llegan a un proceso de reutilización o recuperación (Fruto, 2016).

En función de la información el aprovechar estos residuos, como fuente de alimento para los animales; llegando a un proceso de transformación de la denominada “basura orgánica” en un producto biodegradado que pueda ser asimilado y genere sustentabilidad ecológica y económica (Solís Filimonova, 2011).

Valores nutricionales de desechos orgánicos domiciliarios

La Tabla 3 representa el valor en contenido de humedad, ceniza (minerales), proteína, grasa y fibra de algunos desechos orgánicos domiciliarios.

Tabla 3

Composición nutricional de los desechos orgánicos domiciliarios.

| Muestra | Análisis (%) | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-----------------|--------------|--------------|
| | Humedad | Ceniza | Proteína | Grasa | Fibra |
| Culantro (Hojas) | 90.00 | - | 2.40 | 0.5 | - |
| Papa (cáscara) | 83.72 | 1.28 | 2.05 | - | 4.37 |
| Remolacha (cáscara) | 89.2 | - | 1.3 | 0.20 | 3.1 |

Nota: Recuperado de Saltos., (2016). Análisis gastronómico del seco de chivo en la ciudad de Guayaquil-Provincia del Guayas. *Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas.*; Toapanta et al., (2019). Diseño de un proceso para la obtención de pectina en medio ácido a partir de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*). *Ciencia Digital*, 3(2.6), 115–126. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.6.522.>; Sanunga, (2020). Propuesta de uso integral de la remolacha (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) para el desarrollo de productos pasteleros. *Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química.* <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49601>.

El estudio del comportamiento como plagas o de los criadores comerciales para *Ulomoides dermestoides*, establece que el éxito en el crecimiento se debe a dietas equilibradas, compuestas por desechos orgánicos, mismos que dan un mejor crecimiento y alto valor nutricional (María et al., 2008), al poseer tal variabilidad y con el consumo de desechos presentados en la Tabla 3, pueden aplicarse y definirse como sustratos alimenticios para las larvas.

Industria de la cerveza artesanal de Ecuador.

Ecuador posee dos estructuras referentes a la fabricación de la cerveza, es bien conocido que la Cervecería Nacional fundada en los años 1887 es la empresa industrial con más auge del país que forma parte del 98% de la producción de cerveza y de donde las pequeñas empresas relacionadas a la cerveza artesanal representan solo el 0.59% de la producción; mismas que generan un crecimiento del 20% para el año 2018 (Asocerv, 2021; Cervecería-Nacional, 2022).

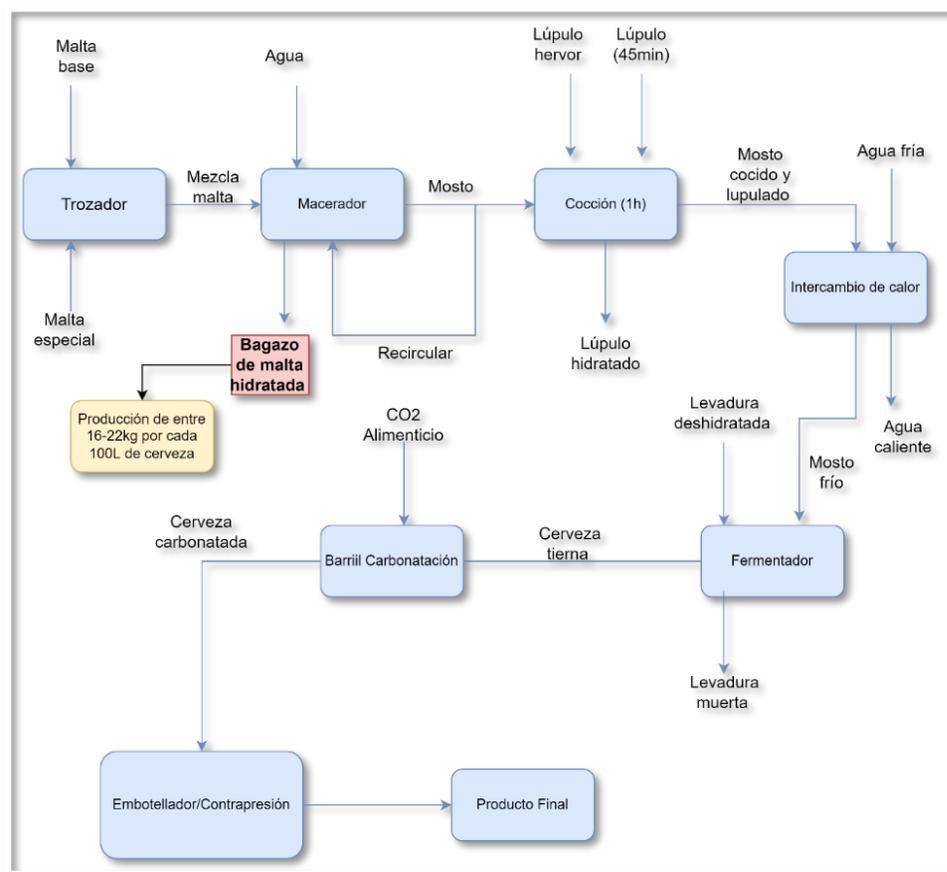
Aunque el porcentaje de producción no es el mismo que la industrial; los bagazos resultantes de proceso de prensado y filtración del mosto, resultan en una fuente con

propiedades alimenticias, proteicas y energéticas altas, consiguiendo ser un sustituto de las harinas de trigo y maíz, en la alimentación, aprovechando los residuos (Pérez, 2020).

La caracterización química en residuos de tres tipos de cervezas artesanales (negra, roja y clara) en función al bagazo de malta de cebada es un sustrato con variabilidad en sus componentes nutricionales y puede ser aprovechado en el consumo humano y de animales (Barberan & Muñoz, 2022). La Figura 3 representa el diagrama de producción de la cerveza artesanal, donde se resalta el recuadro, en el que se obtiene el bagazo de malta, en la producción.

Figura 3

Diagrama en la elaboración de la cerveza artesanal



Nota: Recuperado de Jurado, (2018). Fraccionamiento del bagazo cervecero bajo el concepto de biorrefinería. *Pontificia Universidad Católica Del Ecuador*, 74.

<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14162>. Modificado de Siwara, (2019).

<https://www.facebook.com/viejoLex>.

Producción de insectos con fines de investigación o alimenticios

La mayoría de insectos en su medio natural, dependen de requerimientos nutricionales, que los adquieren de acuerdo al medio en el que viven; las investigaciones o la cría como

fuerza alimenticia, determinan que se debe establecer métodos de crianza que aseguren la supervivencia, reproducción y comportamiento normal de los insectos; al cumplirse estas necesidades y aprovechar mediante una economía circular en la cual participen los insectos, se ha establecido su importancia en la producción de piensos, alimentación humana, tratamiento de residuos y la creación de compost (Herrera et al., 2016).

Los insectos en Laboratorio

Al nombrar a los insectos y su relevancia, múltiples investigadores establecen protocolos que permitan su crianza; en condiciones normales, estos insectos llegan a tener un ciclo de vida de días o años y establecer su comportamiento permite la obtención de información; los laboratorios especialmente los criaderos (bioteros), al poseer la facilidad en el control de la temperatura, humedad; así como el alimento, permiten la disponibilidad de material biológico que a su vez facilita los estudios bioecológicos del insecto y métodos de control (Campos M, 1990; Pérez et al., 2009).

Conversión de alimento con el uso de insectos

La conversión de alimento con el uso de insectos; es un proceso de bioconversión o bioprospección, el cual consiste en convertir productos orgánicos infravalorados en productos como: compost, grasa, superalimento o balanceado; aprovechando los desperdicios de alimentos domiciliarios, los subproductos de cultivos agrícolas y los subproductos del procesamiento de alimentos; en algo nuevo y con mayor valor nutricional (Alexandri et al., 2020).

Entre los indicadores para la conversión de alimento se tiene: i) FCR (índice de conversión alimenticia) y ii) ECI (eficiencia en la conversión del alimento ingerida) ambos

índices pueden ser calculado en base a materia fresca o seca (van Broekhoven et al., 2015; van Huis & Oonincx, 2017).

Los insectos en la alimentación humana

El término antropoentomofagia, se define como el hábito o costumbre del ser humano al consumo de los insectos o sus derivados, aunque el término es relativamente nuevo, este hábito ha estado presente en la humanidad desde la prehistoria; se cree que gracias a esto los pueblos primitivos al carecer de animales de cría o sistemas agrícolas, solventaban su necesidad de proteína y grasa, con la alimentación de insectos (Viesca Gonzales et al., 2012). Al final estos insectos comestibles permiten a las comunidades campesinas e indígenas, balancear la dieta y se convierten en alimentos valiosos (Ramos-Elorduy & Pino M., 2001).

Concepto de la bromatología

La bromatología es la ciencia centrada en el estudio de los alimentos, desde diferentes puntos de vista, tomando en cuenta múltiples factores, desde la producción de las materias primas, la manipulación, elaboración, conservación, distribución, comercialización y consumo; esta técnica abarca aspectos disciplinarios como: Química y bioquímica de los alimentos, análisis de microorganismos, entre otros procesos (Bello, 2000).

Métodos oficiales de análisis de la Asociación de Químicos Analíticos

La AOAC establece un libro guía de métodos científicos para análisis en productos alimentarios, así como de productos agrícolas utilizados ampliamente en todo el mundo (Heirich, 2005). La caracterización del contenido en humedad, proteína, grasa y ceniza y sus protocolos incluido la medición de pH y acidez, se han identificado como análisis proximales (Izquierdo et al., 2007).

Análisis de microorganismos patógenos

Un alimento inocuo, se establece por la cantidad de microorganismos presentes en el mismo, el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) establece la cantidad de hongos y levaduras, que puede presentar un alimento (Arango Gutiérrez et al., 2004; Hernández Carnalla et al., 2020). La presencia de actividad antimicrobiana de insectos, establece que los mismos insectos posee en su cuerpo sustancias microbianas, pero no se establece la cantidad de microorganismos que puede presentar en su microbiota de acuerdo al sustrato empleado en su alimentación (Arango Gutiérrez et al., 2004).

El consumo de insectos, como granjas para producción está ligado a condiciones higiénicas y a la notable presencia y proliferación de microorganismos que pueden resultar patógenos para el hombre o los animales; aun cuando, se limita el acceso de alimentos, previo a su recolección (vaciado de contenido intestinal); dando interés a la identificación oportuna hongos generadores de esporas y levaduras, capaces de resistir los tratamientos de procesamiento y crecer durante el almacenamiento del producto (Milian & Rivas-Flores, 2020; Palop Gómez et al., 2018).

Capítulo III: Metodología

Responsable del Proyecto

El responsable del proyecto es el señor Luis Fernando Leiva González, estudiante de la carrera de Ingeniería en Biotecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Periodo de investigación

El proyecto contempló los meses de octubre de 2022 hasta febrero 2023, con una duración de 5 meses.

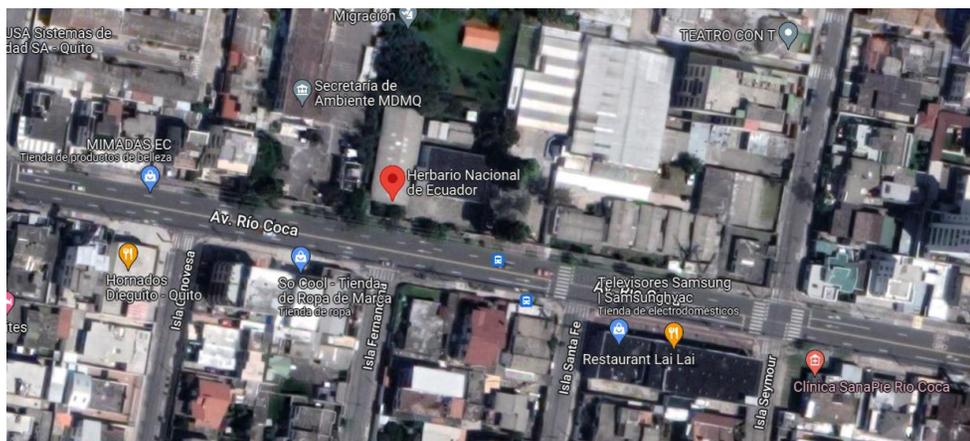
Localización geográfica

Recolección

Adquisición de larvas del Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO), ubicado en la Isla Fernandina, Quito 170138.

Figura 4

Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO), Av. Río Coca, coordenadas: -0.16244205262030223, -78.48044616946457. (INABIO - Google Maps, 2021).



Bioterio *ex situ*

Los invertebrados *Ulomoides dermestoides* en etapa adulta, fueron obtenidos para el Bioterio de Invertebrados del INABIO; bajo el Programa de Investigación Científica designado: "Biodiversidad Genética del Ecuador" suscrito entre el Ministerio del Ambiente, a través de la Subsecretaría de Patrimonio Natural, y el Instituto Nacional de Biodiversidad MAE-DNB-CM-2016-0045.

Las larvas se criaron en el Bioterio de Invertebrados del INABIO; bajo la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB) 2015-2030, aprobada mediante Acuerdo Ministerial No. 125 y publicada en Registro Oficial Edición Especial 41 del 19 de julio de 2017, enfocada en la Meta 3: "Bioprospección con fines de conservación e impulso de la bioindustria en el Ecuador"

Las condiciones de crecimiento para las larvas de *Ulomoides dermestoides* serán a temperatura de 24-26 °C, 40-45% de humedad relativa, fotoperiodo de 4h luz y 20h oscuridad.

El criadero está compuesto por tres áreas: área de preparación de muestras, almacenamiento de sustratos, y una zona de crianza y multiplicación de insectos. En el área de crianza y multiplicación de insectos que consta de una cabina con estanterías, se colocarán los recipientes respectivos a los tratamientos aplicados y cada uno conteniendo 230 larvas de *Ulomoides dermestoides*.

Las larvas se ubicaron en recipientes de plástico transparente cilíndricos de acuerdo a las especificaciones de la Tabla 4.

Tabla 4

Especificaciones del recipiente de contención y sustrato agregado.

| | |
|--------------------------------|------------------------|
| Volumen | 632.84 cm ³ |
| Número de larvas | 230 unidades |
| Masa de sustrato seco | 60g |
| Masa de sustrato húmedo | 30g |

En total por cada doscientos treinta (230) individuos en fase de larva se alimentaron *Ad libitum*, con sustrato seco y húmedo en una proporción 2:1 respectivamente. Tanto el sustrato seco y el sustrato húmedo se distribuyó de acuerdo a la Tabla 8.

Conversión de los alimentos

Se utilizaron larvas para el estudio, previo al inicio del experimento fueron alimentadas *Ad libitum* con cebado de trigo (sustrato seco) y varios tipos desechos domésticos (sustrato húmedo) descritos en la Tabla 5.

Tabla 5

Descripción del sustrato húmedo inicial empleado.

| Sustrato Húmedo | Tipo |
|------------------------|------------------|
| Plátano verde | Cáscara |
| Plátano maduro | Cáscara |
| Manzana | Residuo de pulpa |
| Zanahoria | Corteza |
| Col | Hojas |

Una semana antes de iniciar con los ensayos se seleccionaron las larvas para el estudio en base a su rango de peso (entre 0,6 a 0,8g) por cada 230 larvas. Durante esta selección los individuos no fueron alimentados. El periodo experimental elegido fue de treinta y tres (33) días de acuerdo a un tratamiento realizado bajo condiciones ideales de alimentación.

Las mediciones correspondientes se realizaron inicialmente pasado los quince (15) días desde la colocación de los sustratos experimentales, y posteriormente hasta completar treinta y tres (33) días, dada la presencia de pupas (>25%), considerando este tiempo de desarrollo como el máximo obtenible. Finalizada la fase de crianza, se retiró el alimento, se lavaron con agua destilada y se sacrificaron congelando las larvas a - 4°C por 2h y posteriormente se congelaron a - 20°C.

En la Tabla 6 se estableció el cálculo de las eficiencias de conversión del alimento, índice de conversión del alimento, y la tasa de supervivencia por parte de las larvas.

Tabla 6

Ecuaciones de cálculo en función de la conversión de alimento

| | Cálculo | Unidad |
|--|--|---------------|
| Eficiencia de conversión del alimento ingerido (ECI) | $ECI = \frac{\textit{peso ganado}}{\textit{peso del alimento ingerido}} * 100\%$ | % |
| Factor de conversión alimenticia (FCR) | $FCR = \frac{\textit{peso del alimento ingerido}}{\textit{peso ganado}}$ | - |
| Tasa de supervivencia (T _s) | $T_s = \frac{\textit{N}^\circ \textit{ individuos que llegan a la última fase del experimento}}{\textit{N}^\circ \textit{ total de individuos utilizados}} \times 100$ | % |

Nota: Recuperado de Broekhoven et al., (2015). Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology*, 73, 1–10.

<https://doi.org/10.1016/J.JINSPHYS.2014.12.005>.

Análisis Bromatológicos

Las muestras de insectos en fase larvaria de *Ulomoides dermestoides* congeladas a -20°C, se trituraron con molino y se almacenaron a -20°C. El análisis determinó: humedad, ceniza, proteína bruta, grasa bruta, pH y acidez según los métodos de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC) (Heirich, 2005) y Normas Técnicas Ecuatorianas NTE del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN (INEN, 2016d).

Humedad

La determinación de la humedad se aplicó el método oficial de las normas AOAC 930.15, se desecó 2g de la muestra en estufa a 135 °C, hasta peso constante con intervalos de medida de cada dos horas en campana de desecación luego de la estufa con un tiempo de 6h (Heirich, 2005). Se empleó las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Materia Seca} = 100 \times \frac{P_f - P_v}{P_m}$$

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \text{Materia Seca}$$

Donde P_f es el peso final de la placa conteniendo la muestra desecada, P_v el peso de la placa vacío y P_m la cantidad de muestra pesada en el ensayo.

Cenizas

Se realizó siguiendo el método AOAC 923,03 con secado previo de la muestra, a 2g a temperatura de 110°C y posterior calcinación a 550°C en mufla hasta obtener ceniza color gris clara y de peso constante (Heirich, 2005).

Se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\%Cenizas = \frac{c_3 - c_1}{c_2 - c_1} \times 100$$

Dónde: C₁= Masa del crisol vacío (g), C₂= Masa del crisol con la muestra (g) y C₃= Masa del crisol con las cenizas (g)

Proteína total

La cuantificación de proteínas se realizó mediante el método de Kjeldahl (AOAC. 2.062).

Método de Kjeldahl.

Se realizó de acuerdo con el método 2.062 de la AOAC (AOAC, 1984). Se pesaron 0.3g de muestra, el cual se transfirió a un tubo Kjeldahl, agregando una (1) pastilla catalizadora y 5mL de H₂SO₄ (96%). Posterior se digirió a 150 °C por 30min y luego a 420°C por 60 min. Se dejó enfriar. Se llevó a destilador con 50mL de H₂O y 50mL de NaOH (40%). En un Erlenmeyer se recogió el destilado con 50mL de ácido bórico (2%) y se agregó cuatro (4) gotas de indicador, y finalmente se tituló con HCl 1N.

Después de la etapa de titulación se calculó el porcentaje de proteína con la siguiente ecuación:

$$\%Proteina = \frac{(VHCL) \times 1.201 \times NHCL \times F}{g\ muestra}$$

Donde, 1.401= Peso atómico del nitrógeno, NHCL= Normalidad del HCl 1N, F= factor de conversión (6.25) y VHCL=Volumen de HCl consumido en la titulación.

Grasa total

Las grasas se determinaron con el método AOAC 991,36 (Heirich, 2005). Se pesó el cartucho de celulosa, el vaso de vidrio y 5g de muestra y se registró los pesos; se depositó en un embudo de extracción (Soxhlet de 25mL) con solvente (éter de petróleo), se abrió la llave de circulación, se dejó durante 30min con el solvente y en calentamiento con reflujo durante 60min. Se evaporó a el extracto 100 °C en estufa por 30 min y se pesó.

El porcentaje viene dado por la ecuación:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{M_2 - M_0}{M_1} \times 100$$

Donde, M_2 = peso en gramos vaso de vidrio con el residuo de grasa luego del secado, M_0 = peso en gramos vaso de vidrio y M_1 = peso en gramos de la muestra.

pH

La determinación de pH se midió por el método AOAC 942.15 (Heirich, 2005). En un vaso de 100mL, con 50 mL de agua destilada, se agregaron 5g de muestra, se dejó reposar y con leves agitaciones durante una hora; se midió el pH con un potenciómetro calibrado con buffers de 4, 7 y 10.

Acidez

La determinación de acidez se midió por el método AOAC 981.12 (Heirich, 2005). Se agregaron 5g de muestra a un matraz en conjunto con 200mL de agua destilada, se trituró con licuadora y el líquido se filtró y trasvasó a una fiola de 250mL, se agitó y posterior dejó en

reposito; a una alícuota de 25mL se añadió 75mL de agua destilada y se valoró con NaOH 0,01N, con 0,3mL de fenolftaleína hasta viraje de color.

Análisis de microorganismos patógenos

Los análisis se enfocaron en las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE del INEN de harinas para consumo animal (INEN, 2016d). Los cuales constaron de: Mohos y levaduras.

En la Tabla 7 se muestran los parámetros físico-químicos y microbiológicos, con su método y norma correspondiente que se utilizarán en este estudio.

$$\text{Recuento } \left(\frac{\text{UFC}}{\text{g}} \right) = \frac{\text{número de colonias} * \text{inverso del factor de disolución}}{\text{masa inoculada}}$$

Mohos y levaduras

Método se basó en cultivo entre 22- 25°C de las unidades propagadoras de mohos y levaduras, por técnica de placas 3M™ Petrifilm™ RYM® para mohos y levaduras.

Análisis estadísticos realizados

Tabla 7

Tipo de análisis para Ulomoides dermestoides fase de larva.

| Tipo de Análisis | Tratamiento | Límites permitidos | Método de Análisis /Ref. |
|---------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Bromatológico | Humedad | ----- | AOAC 925.09, 2000 |
| | Cenizas | ----- | AOAC 923.03, 2000 |
| | Proteínas | ----- | AOAC 2.062, 1984 |
| | Grasas | ----- | AOAC 991.36, 2000. |
| | pH | ----- | AOAC 942.15,2000. |
| | Acidez | ----- | AOAC 981.12,2000. |
| Microorganismos patógenos | Mohos y levaduras | < 10 UFC/g | NTE INEN 1529-10 |

Diseño experimental

Factores a probar

Tabla 8

Factores y niveles a probar en el crecimiento de las larvas

| Factores. | Niveles |
|------------------------------|--|
| Factor A. Sustrato seco | A1) 60g (30g harina de grano gastado de cervecería negra + 30g harina de trigo) -(60g HGGCN) |
| | A2) 60g (30g afrecho de grano gastado de cervecería negra + 30g harina de trigo)- (60g AGGCN) |
| | A3) 60g (30g harina de grano gastado de cervecería clara + 30g harina de trigo)- (60g HGGCC) |
| | A4) 60g (30g afrecho de grano gastado de cervecería clara + 30g harina de trigo)- (60g AGGCC) |
| Factor B. Sustrato húmedo | B1) 30 culantro pasado (30g C) |
| | B2) 30g cáscara de papa (30g CP) |
| | B3) 30g cáscara de remolacha. (30g CR) |

Tabla 9*Combinación Sustrato seco + Sustrato húmedo*

| Sustrato seco | Sustrato húmedo | Conversión de alimento y tasa de supervivencia |
|----------------------|------------------------|---|
| A1) 60g (HGGCN) | B1: 30g (C) | FCR |
| | B2: 30g (CP) | ECI |
| | B3: 30g (CR) | T _s |
| A2) 60g (AGGCN) | B1: 30g (C) | FCR |
| | B2: 30g (CP) | ECI |
| | B3: 30g (CR) | T _s |
| A3) 60g (HGGCC) | B1: 30g (C) | FCR |
| | B2: 30g (CP) | ECI |
| | B3: 30g (CR) | T _s |
| A4) 60g (AGGCC) | B1: 30g (C) | FCR |
| | B2: 30g (CP) | ECI |
| | B3: 30g (CR) | T _s |

Nota: FCR: Índice de conversión de alimentos; ECI: Eficiencia de conversión de alimentos ingeridos; T_s: Tasa de supervivencia.

En total son doce (12) tratamientos con tres (3) repeticiones.

Análisis estadístico

Una vez obtenidos los resultados, se realiza una estadística descriptiva en la que se analizó la varianza para cada tratamiento aplicado a las larvas. Posteriormente, se utilizó un análisis con prueba de Tukey ($p < 0.05$), historial de conglomerados y matriz de correlaciones, para la comparación de conversión alimentaria y el análisis bromatológico de *Ulomoides dermestoides*.

Capítulo IV: Resultados

Resultado del crecimiento y conversión alimenticia

Las larvas estudiadas durante el presente proyecto fueron recolectadas y criadas dentro del bioterio de invertebrados de Instituto Nacional de Biodiversidad INABIO. A partir de contenedores como se observa en la Figura 5, se obtuvieron las larvas para cada tratamiento del cual se logró obtener las eficiencias de conversión alimentarias, factor de conversión alimentaria y la tasa de supervivencia por cada tratamiento.

Figura 5

*Contenedor con larvas y adultos de *Ulomoides dermestoides*.*



Nota. Adultos y larvas de *Ulomoides dermestoides* en contenedor.

Los tratamientos empleados fueron clasificados (Figura 6) y se midieron los datos de pesaje tanto de las larvas, sustrato seco y sustrato húmedo pasado quince (15) días y finalmente al día treinta y tres (33) se dio la presencia de pupas (>25%) en los tratamientos, con lo cual se procedió al cierre de los ensayos y se procedió al pesaje y muerte de las larvas para posterior realización de los análisis bromatológicos.

Figura 6

Distribución de los tratamientos



Nota. Distribución de larvas de *Ulomoides dermestoides* en contenedores y sus tratamientos.

Análisis de varianza para la significancia en ECI, FCR y T_s

De la variable de ECI para el factor A (Sustrato seco) con p-valor (<0.05), muestra un efecto estadísticamente significativo sobre la eficiencia de conversión alimentaria tanto para la medición en el día quince (15) y también para la ECI calculada en el día treinta y tres (33); esto también se cumple para el factor B (Sustrato húmedo) y su interacción correspondiente, como se establece en la Tabla 10 y Tabla 11; a su vez con p-valor 0.2600 y 0.3611 las repeticiones no presentan diferencias significativas lo que implica la normalidad en la toma de resultados.

Tabla 10*Análisis de Varianza para ECI (Día 15) - Suma de Cuadrados Tipo III*

| <i>Fuente</i> | <i>SC</i> | <i>GI</i> | <i>CM</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A: Tipo de sustrato seco | 28,1877 | 3 | 9,39592 | 16,87 | 0,0000 |
| B: Tipo de sustrato húmedo | 39,7006 | 2 | 19,8503 | 35,65 | 0,0000 |
| C: Réplicas | 1,59576 | 2 | 0,797879 | 1,43 | 0,2600 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 15,245 | 6 | 2,54083 | 4,56 | 0,0038 |
| RESIDUOS | 12,2507 | 22 | 0,55685 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 96,9798 | 35 | | | |

Tabla 11*Análisis de Varianza para ECI (Día 33) - Suma de Cuadrados Tipo III*

| <i>Fuente</i> | <i>SC</i> | <i>GI</i> | <i>CM</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A: Tipo de sustrato seco | 211,938 | 3 | 70,646 | 76,98 | 0,0000 |
| B: Tipo de sustrato húmedo | 71,0578 | 2 | 35,5289 | 38,71 | 0,0000 |
| C: Réplicas | 1,95863 | 2 | 0,979316 | 1,07 | 0,3611 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 59,7541 | 6 | 9,95902 | 10,85 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 20,19 | 22 | 0,917727 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 364,898 | 35 | | | |

De la variable de FCR para el factor A (Sustrato seco) con p-valor (<0.05), muestra un efecto estadísticamente significativo sobre el factor de conversión alimentaria tanto para la medición en el día quince (15) y el día treinta y tres (33); esta interpretación además se cumple para el factor B (Sustrato húmedo) y su interacción (AB) correspondiente, como se establece

en la Tabla 12 y Tabla 13 ; con relación a las réplicas de acuerdo al p-valor 0.0590 y 0.9373 no existe diferencias significativas lo que implica que existió normalidad en la toma de resultados.

Tabla 12

Análisis de Varianza para FCR (Día 15) - Suma de Cuadrados Tipo III

| <i>Fuente</i> | <i>SC</i> | <i>GI</i> | <i>CM</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A: Tipo de sustrato seco | 46,4649 | 3 | 15,4883 | 102,46 | 0,0000 |
| B: Tipo de sustrato húmedo | 10,4389 | 2 | 5,21946 | 34,53 | 0,0000 |
| C: Réplicas | 1,03391 | 2 | 0,516953 | 3,42 | 0,0590 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 16,5956 | 6 | 2,76594 | 18,30 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 3,32567 | 22 | 0,151167 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 77,859 | 35 | | | |

Tabla 13

Análisis de Varianza para FCR (Día 33) - Suma de Cuadrados Tipo III

| <i>Fuente</i> | <i>SC</i> | <i>GI</i> | <i>CM</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A: Tipo de sustrato seco | 11,2 | 3 | 3,73334 | 7,51 | 0,0012 |
| B: Tipo de sustrato húmedo | 11,0406 | 2 | 5,52029 | 11,10 | 0,0005 |
| C: Réplicas | 0,0646295 | 2 | 0,0323147 | 0,06 | 0,9373 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 19,7833 | 6 | 3,29721 | 6,63 | 0,0004 |
| RESIDUOS | 10,9434 | 22 | 0,497428 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 53,0319 | 35 | | | |

Referente al factor B y la interacción (AB) se estableció un p-valor de 0.6692 y 0.2949 respectivamente con lo cual indica que no existe diferencias significativas tanto del factor B (Sustrato húmedo), así como de la interacción (AB) sobre la tasa de supervivencia y donde el factor A (sustrato seco) con p-valor de 0.0340, existen diferencias significativas entre los niveles del factor A (sustrato seco) y como estos afectan en la T_s ; como se puede observar en la Tabla 14. En lo que respecta a las réplicas el p-valor fue de 0.6203 mostrando la normalidad en la toma de resultados dado que no existen diferencias significativas.

Tabla 14

Análisis de Varianza para T_s - Suma de Cuadrados Tipo III

| <i>Fuente</i> | <i>SC</i> | <i>GI</i> | <i>CM</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A: Tipo de sustrato seco | 208,589 | 3 | 69,5298 | 3,45 | 0,0340 |
| B: Tipo de sustrato húmedo | 16,479 | 2 | 8,23952 | 0,41 | 0,6692 |
| C: Réplicas | 19,6632 | 2 | 9,83158 | 0,49 | 0,6203 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 158,072 | 6 | 26,3454 | 1,31 | 0,2949 |
| RESIDUOS | 443,111 | 22 | 20,1414 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 845,915 | 35 | | | |

Resultados para Tipo de sustrato seco aplicado (Factor A), (Tukey $p < 0,05$)

A partir de la identificación de las diferencias significativas presentes por el factor A con respecto a ECI se aplicó una prueba de significancia Tukey $p < 0.05$, de donde se obtuvo que el la harina (A1) y afrecho (A2) de grano gastado de cerveza negra Grupo B poseen una mayor eficiencia en la conversión alimentaria y que además se mantienen en valores elevados pasado

los treinta y tres (33) días de ensayo con valores de 9.82% y 10.81% respectivamente (véase Tabla 15 y Figura 7).

A su vez con la identificación de diferencias significativas presentes por los niveles del factor A con respecto a FCR y al aplicar prueba de significancia Tukey $p < 0.05$, se obtuvo que el afrecho de grano gastado de cerveza negra (A2) y afrecho de grano gastado de cerveza clara (A4) correspondientes al Grupo A, presentan el menor y más constante valor de factor de conversión alimentaria durante los treinta y tres (33) días de ensayo con valor: 3.19 y 3.72 (véase Tabla 15 y Figura 7).

Respecto a la significancia del factor A sobre la T_s y realizada la prueba de Tukey $p < 0.05$, se obtuvo que el afrecho de grano gastado de cerveza clara (A4), harina de grano gastado de cerveza negra (A1) y afrecho de grano gastado de cerveza negra (A2) correspondientes al grupo A, presentan la menor tasa de supervivencia para los ensayos de crecimiento de las larvas de *Ulomoides dermestoides* con un valor de 78.45%, 81.16% y 77.00% (véase Tabla 15 y Figura 7).

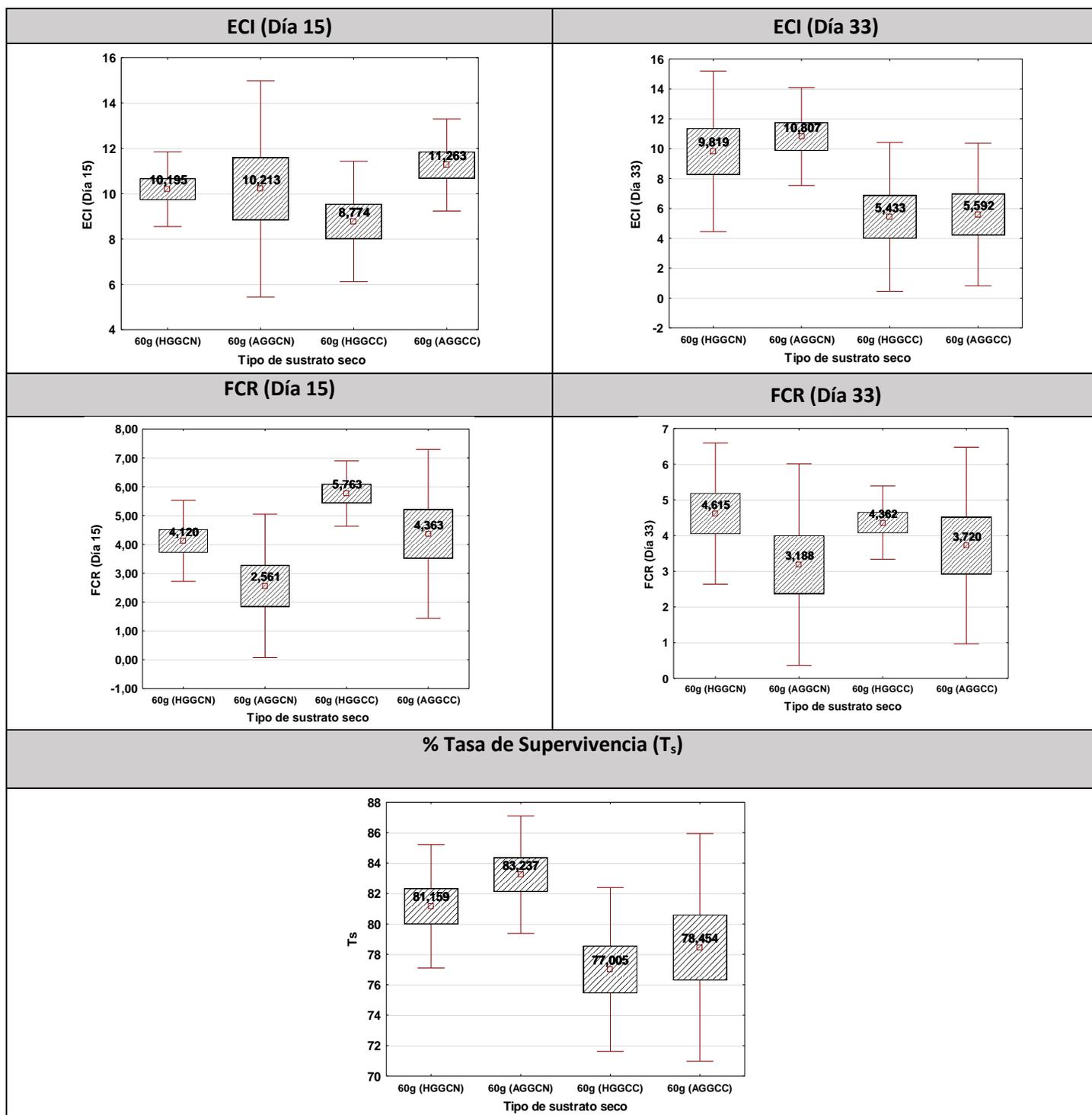
Tabla 15

Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato seco (Factor A).

| Sustrato seco (g) | ECI (Día 15) | ECI (Día 33) | FCR (Día 15) | FCR (Día 33) | T_s |
|-----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| A1:60g (HGGCN) | 10,19 ^B | 9,82 ^B | 4,12 ^B | 4,62 ^B | 81,16 ^{AB} |
| A2:60g (AGGCN) | 10,21 ^B | 10,81 ^B | 2,56 ^A | 3,19 ^A | 83,24 ^B |
| A3:60g (HGGCC) | 8,77 ^A | 5,43 ^A | 5,76 ^C | 4,36 ^B | 77,00 ^A |
| A4:60g (AGGCC) | 11,26 ^C | 5,59 ^A | 4,36 ^B | 3,72 ^{AB} | 78,45 ^{AB} |

Figura 7

Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato seco (Factor A).



Resultados para Tipo de sustrato aplicado (Factor B), (Tukey $p < 0,05$)

A partir de la prueba de Tukey $p < 0,05$ por la diferencia significativa del factor B sobre la ECI, se estableció que los niveles con mayor ECI fueron los reportados en el grupo B: culantro (B1) y cáscara de remolacha (B3), con valores de 8.97% y 8.84% respectivamente; mientras que el nivel más bajo se reportó en el grupo A: cáscara de papa (B2) con valor 5.93%.

En relación al FCR el factor B, se estableció que los niveles con mayor FCR fueron reportados en el grupo B: culantro pasado (B1) con valor 4.68, mientras que los valores mínimos se reportaron en el grupo A: cáscara de papa (B2) y cáscara de remolacha (B3), con valores de 3.33 y 3.90 respectivamente; en adición se comprobó que la T_s no se ve afectada por el factor B dado que no se encontró diferencia significativa (véase Tabla 16 y Figura 8).

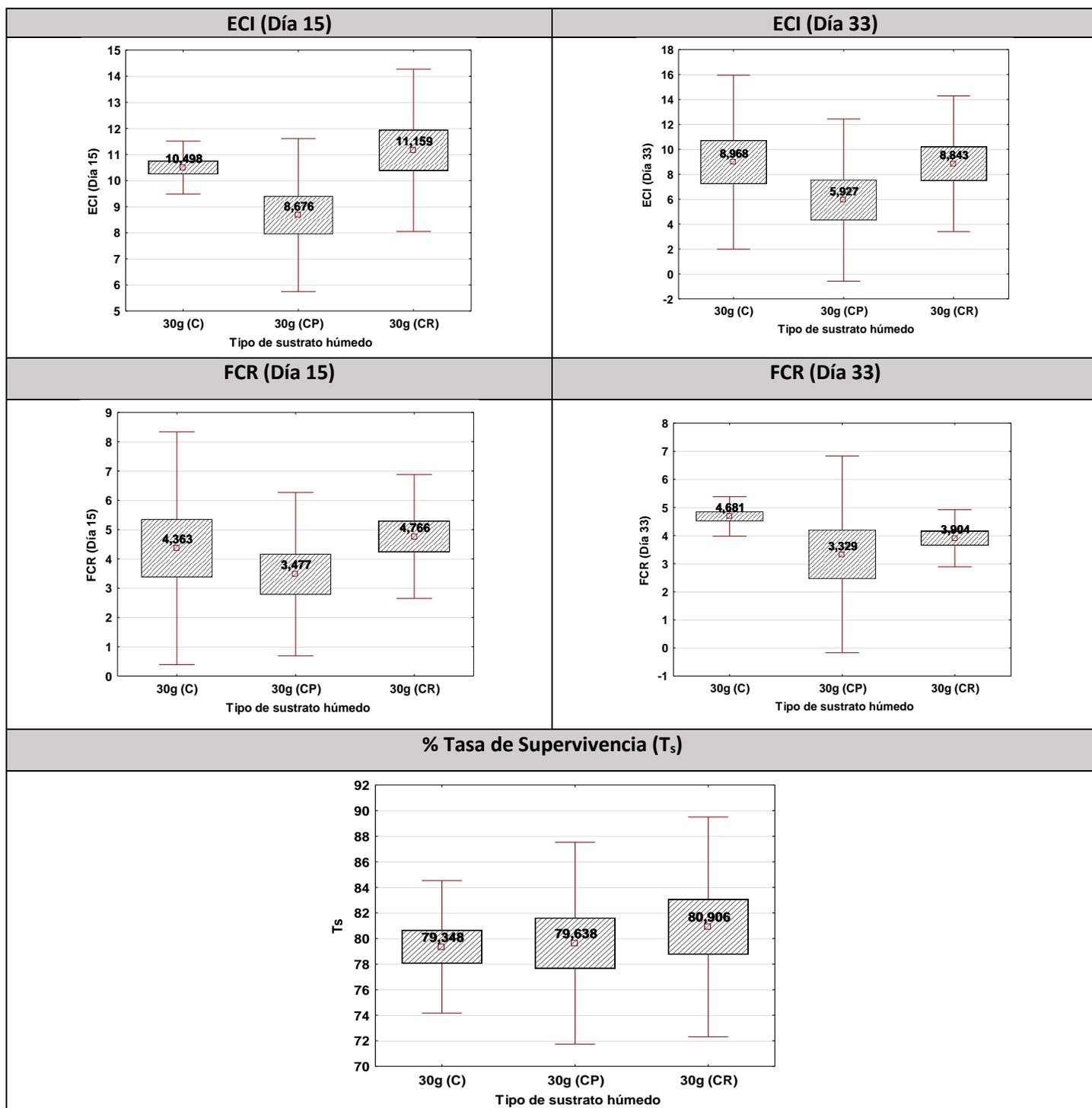
Tabla 16

Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato húmedo (Factor B).

| Sustrato húmedo (g) | ECI (Día 15) | ECI (Día 33) | FCR (Día 15) | FCR (Día 33) | T_s |
|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| B1:30g (C) | 10,50 ^B | 8,97 ^B | 4,36 ^B | 4,68 ^B | 79,35 ^A |
| B2:30g (CP) | 8,68 ^A | 5,93 ^A | 3,48 ^A | 3,33 ^A | 79,64 ^A |
| B3:30g (CR) | 11,16 ^B | 8,84 ^B | 4,77 ^C | 3,90 ^A | 80,91 ^A |

Figura 8

Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato húmedo (Factor B).



Resultados para la interacción de sustrato (Factor A) * (Factor B), (Tukey $p < 0.05$)

Dada la diferencia significativa de las interacciones en las variables ECI y FCR se aplicó prueba Tukey $p < 0.05$ para determinar las combinaciones con mayor eficiencia de conversión alimentaria ingerida y las combinaciones con menor factor de conversión alimentaria; donde se obtuvo que las interacciones A1B1 (60g HGGCN +30g C), A2B2 (60g AGGCN +30g CP), A1B3 (60g HGGCN +30g CR) y A2B1 (60g AGGCN + 30g C) Grupo G, con valores de 10.60%, 10.15%, 12.03% y 12.67% respectivamente, son las interacciones con mayor valor ECI.

Adicionalmente se obtuvieron valores FCR de las interacciones A2B2 (60g AGGCN +30g CP), A4B2 (60g AGGCC + 30g CP), A1B3 (60g HGGCN +30g CR) y A4B3 (60g AGGCC + 30g CR) Grupo A, con valor 1.59, 2.38, 3.60 y 3.65 respectivamente, cuyo grupo engloba FCR con menor valor (véase Tabla 17 y Figura 9). En adición al no verse afectada la T_s con las interacciones se tiene crecimiento larvario con tasas de supervivencia superior al 75% dado que no existe diferencias significativas.

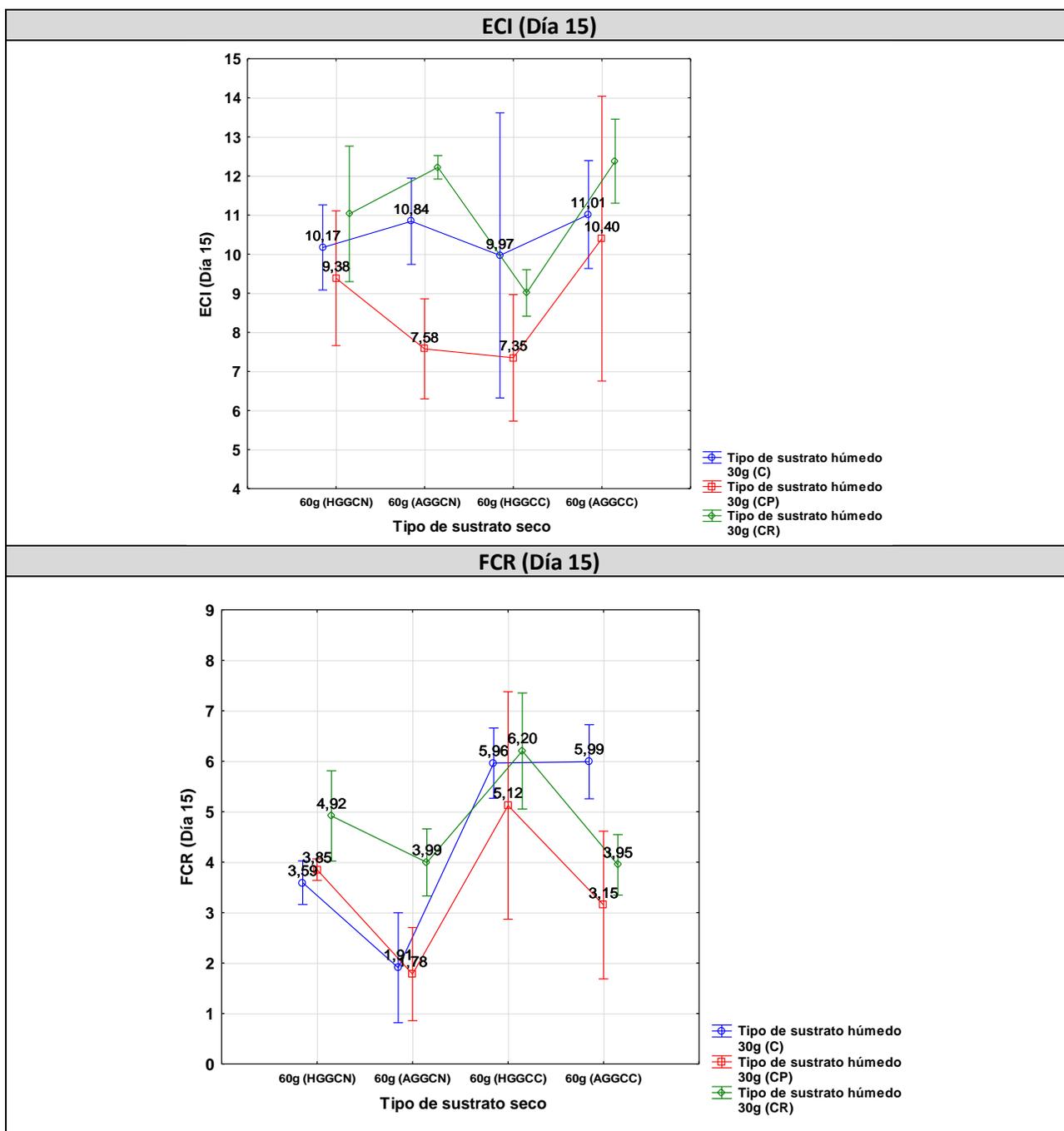
Tabla 17

*Prueba de significación de Tukey para para Tipo de sustrato seco (Factor A) * Tipo de sustrato húmedo (Factor B).*

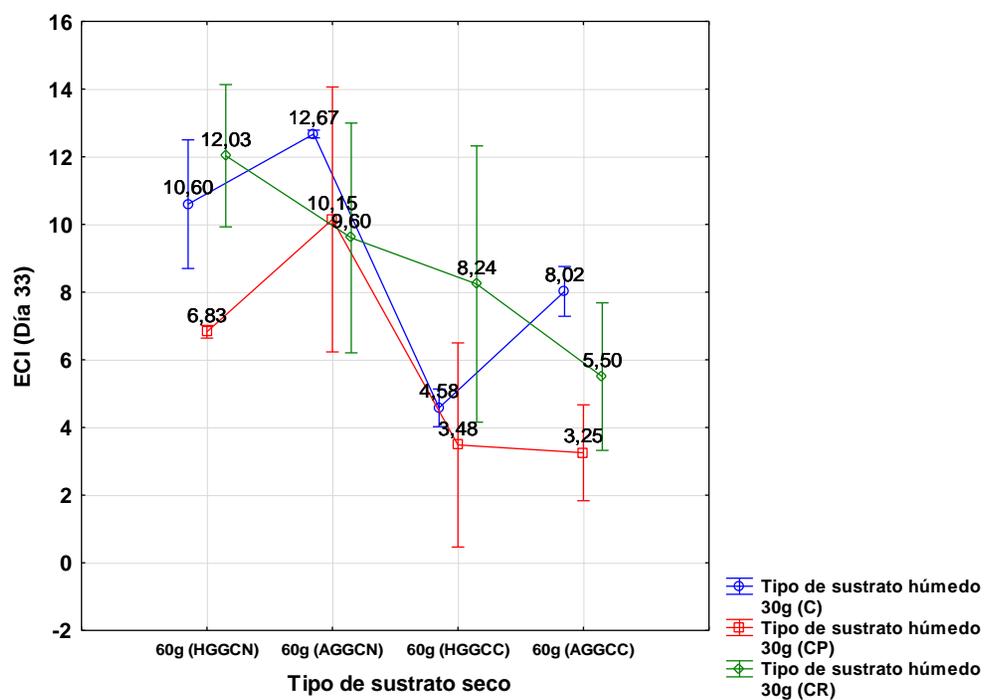
| INTERACCIONES | ECI (Día 15) | ECI (Día 33) | FCR (Día 15) | FCR (Día 33) | Ts |
|-------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| A1B1: 60g (HGGCN) + 30g (C) | 10,17 ^{BC} | 10,60 ^{EFG} | 3,59 ^B | 4,66 ^C | 79,71 ^A |
| A1B2: 60g (HGGCN) + 30g (CP) | 9,38 ^{AB} | 6,83 ^{BCD} | 3,85 ^{BC} | 5,58 ^C | 80,29 ^A |
| A1B3: 60g (HGGCN) + 30g (CR) | 11,03 ^{BC} | 12,03 ^{FG} | 4,92 ^{CDE} | 3,60 ^{ABC} | 83,48 ^A |
| A2B1: 60g (AGGCN) + 30g (C) | 10,84 ^{BC} | 12,67 ^G | 1,91 ^A | 4,27 ^{BC} | 82,75 ^A |
| A2B2: 60g (AGGCN) + 30g (CP) | 7,58 ^A | 10,15 ^{EFG} | 1,78 ^A | 1,59 ^A | 81,59 ^A |
| A2B3: 60g (AGGCN) + 30g (CR) | 12,22 ^C | 9,60 ^{DEF} | 3,99 ^{BCD} | 3,70 ^{BC} | 85,36 ^A |
| A3B1: 60g (HGGCC) + 30g (C) | 9,97 ^B | 4,58 ^{AB} | 5,96 ^{EF} | 4,66 ^C | 78,26 ^A |
| A3B2: 60g (HGGCC) + 30g (CP) | 7,35 ^A | 3,48 ^A | 5,12 ^{DEF} | 3,77 ^{BC} | 73,91 ^A |
| A3B3: 60g (HGGCC) + 30g (CR) | 9,01 ^{AB} | 8,24 ^{CDE} | 6,20 ^F | 4,67 ^C | 78,84 ^A |
| A4B1: 60g (AGGCC) + 30g (C) | 11,03 ^{BC} | 8,02 ^{CDE} | 5,99 ^{EF} | 5,13 ^C | 76,67 ^A |
| A4B2: 60g (AGGCC) + 30g (CP) | 10,40 ^{BC} | 3,25 ^A | 3,15 ^B | 2,38 ^{AB} | 82,76 ^A |
| A4B3: 60g (AGGCC) + 30g (CR) | 12,38 ^C | 5,50 ^{ABC} | 3,95 ^{BC} | 3,65 ^{ABC} | 75,94 ^A |

Figura 9

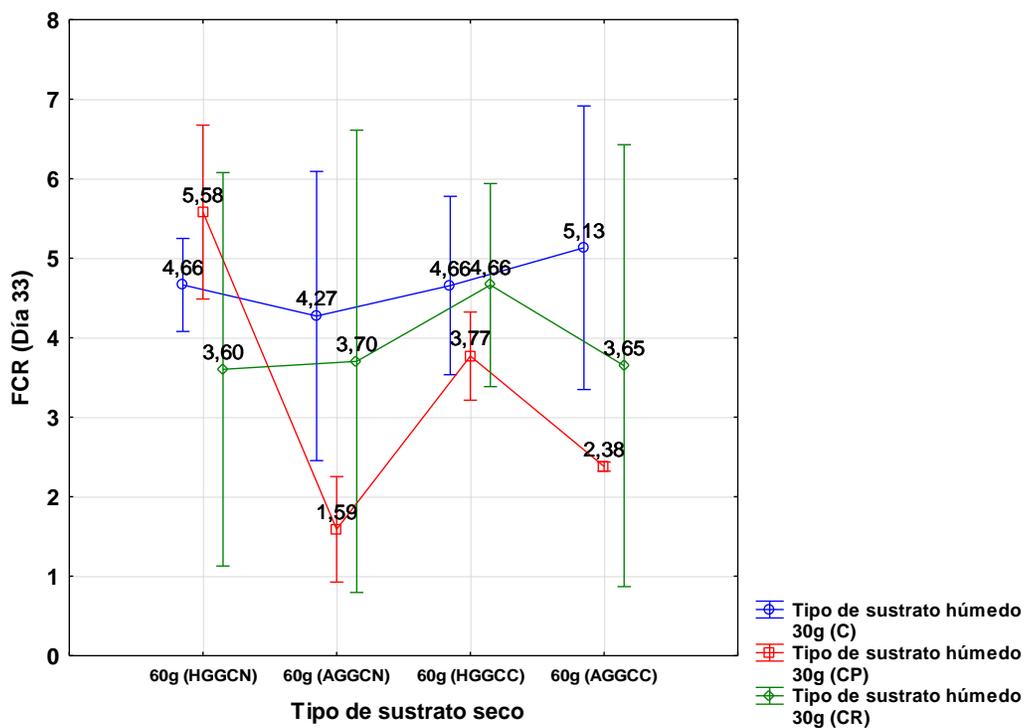
Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato seco (Factor A) * Tipo de sustrato húmedo (Factor B). (Interacción AB).

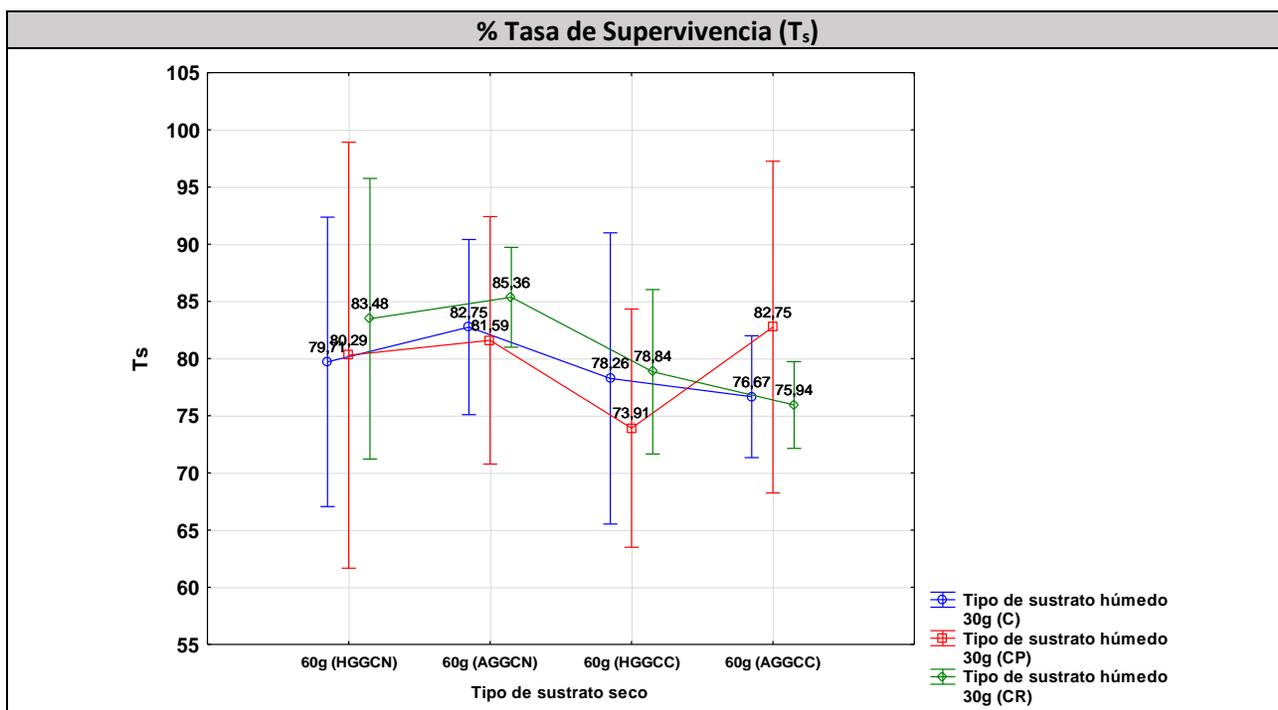


ECI (Día 33)



FCR (Día 33)





Historial de Conglomerados a partir de las Interacciones con ECI, FCR y T_s

De acuerdo al historial del conglomerado y el Dendrograma (véase Tabla 18 y Figura 10), se identifica que la interacción de A3B3: 60g (HGGCC) +30g (CR) y A4B1: 60g (AGGCC) +30g (C) con coeficiente 9.064 son los más próximos, y sus variables (ECI, FCR y T_s) poseen mayor similitud entre interacciones; caso contrario sucede entre las interacciones A1B1: 60g (HGGCN) +30g (C) y A4B2: 60g (AGGCC)+30g (CP) cuyo coeficiente es 30.623, lo que establece que sus variables tienen menor proximidad.

Matriz de correlaciones y Gráfico de sedimentación para ECI (Día 15), FCR (Día 15), ECI (Día 33), FCR (Día 33) y T_s

En base a la matriz de correlaciones^a, el gráfico de componentes y el gráfico de sedimentación (véase Tabla 19, Figura 11 y Figura 12); se establece que la tasa de supervivencia (T_s) posee correlación media positiva, con la eficiencia de conversión alimentaria en los días quince (15) y treinta y tres (33). Los factores de conversión alimentaria presentan correlación lo que implica similaridad tanto para el día quince (15), como para el día treinta y tres (33). Se observa correlación negativa leve, entre la tasa de supervivencia y los factores alimentarios, con lo cual, a medida de la disminución en la T_s , el FCR se verá aumentado. A partir del gráfico de sedimentación se establece que los componentes de ECI, FCR los primeros 15 días presentan mayor porcentaje de varianza (>1%).

Tabla 19

Matriz de correlaciones^a.

| | | Matriz de correlaciones^a | | | | |
|-------------|--------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| | | ECI (Día 15) | FCR (Día 15) | ECI (Día 33) | FCR (Día 33) | T_s |
| Correlación | ECI (Día 15) | 1,000 | ,024 | ,209 | ,192 | ,322 |
| | FCR (Día 15) | ,024 | 1,000 | -,351 | ,546 | -,492 |
| | ECI (Día 33) | ,209 | -,351 | 1,000 | ,036 | ,562 |
| | FCR (Día 33) | ,192 | ,546 | ,036 | 1,000 | -,310 |
| | T_s | ,322 | -,492 | ,562 | -,310 | 1,000 |

a. Determinante = ,248

Figura 11

Gráfico de componentes.

Gráfico de componente en espacio rotado

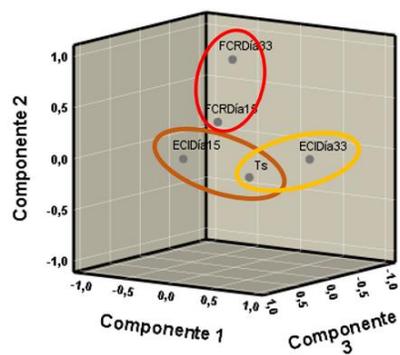
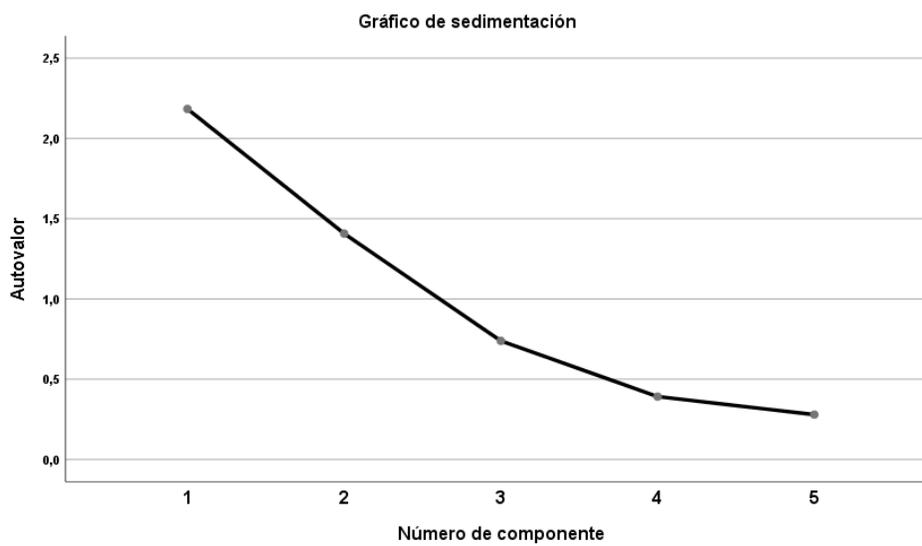
**Figura 12**

Gráfico de sedimentación para la varianza.



Resultados de los análisis bromatológicos

Análisis de varianza para la significancia en Humedad, ceniza, proteína, grasa, pH y acidez

De la variable %Humedad para el factor A (sustrato seco), factor B (sustrato húmedo) y la interacción (AB), se estableció diferencias estadísticamente significativas con p-valor (<0.05), entre los niveles de cada factor y de la interacción de estos factores observable en la Tabla 20. En adición las réplicas con p-valor 0.9950 no presentan diferencias significativas lo que implica que existió normalidad en la toma de resultados.

Tabla 20

Análisis de Varianza para %Humedad - Suma de Cuadrados Tipo III

| <i>Fuente</i> | <i>SC</i> | <i>GI</i> | <i>CM</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|-----------|-----------|------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A: Tipo de sustrato seco | 45,9515 | 3 | 15,3172 | 9,35 | 0,0004 |
| B: Tipo de sustrato húmedo | 53,3511 | 2 | 26,6755 | 16,29 | 0,0000 |
| C: Réplicas | 0,0162761 | 2 | 0,00813803 | 0,00 | 0,9950 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 33,5749 | 6 | 5,59581 | 3,42 | 0,0155 |
| RESIDUOS | 36,0294 | 22 | 1,6377 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 168,923 | 35 | | | |

La variable % Ceniza para el factor A (Sustrato húmedo), factor B (Sustrato seco) y las interacciones (AB), al poseer un p-valor (<0.05) implica que existe diferencias estadísticamente significativas con respecto a esta variable, lo cual es observable en la Tabla 21. A su vez, las

réplicas con p-valor 0.2705 no presentan diferencias significativas lo que implica que existió normalidad en la toma de resultados.

Tabla 21

Análisis de Varianza para %Cenizas - Suma de Cuadrados Tipo III

| <i>Fuente</i> | <i>SC</i> | <i>GI</i> | <i>CM</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A: Tipo de sustrato seco | 5,02557 | 3 | 1,67519 | 39,46 | 0,0000 |
| B: Tipo de sustrato húmedo | 1,08199 | 2 | 0,540994 | 12,74 | 0,0002 |
| C: Réplicas | 0,11788 | 2 | 0,0589401 | 1,39 | 0,2705 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 2,04523 | 6 | 0,340872 | 8,03 | 0,0001 |
| RESIDUOS | 0,933952 | 22 | 0,0424524 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 9,20462 | 35 | | | |

La variable %Proteína para el factor A (Sustrato seco), Factor B (Sustrato húmedo) y la interacción (AB) se logró determinar un p-valor (<0.05), lo cual implica que cada nivel de los factores y además la interacción de los mismos serán estadísticamente significativos, de acuerdo a lo obtenido en la Tabla 22. En relación al p-valor 0.9967 de las réplicas estableció que no presentan diferencias significativas y la toma de resultados corresponden a normalidad.

Tabla 22

Análisis de Varianza para %Proteína - Suma de Cuadrados Tipo III.

| <i>Fuente</i> | <i>SC</i> | <i>GI</i> | <i>CM</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|------------|-----------|------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A: Tipo de sustrato seco | 76,8463 | 3 | 25,6154 | 26,44 | 0,0000 |
| B: Tipo de sustrato húmedo | 9,43152 | 2 | 4,71576 | 4,87 | 0,0178 |
| C: Réplicas | 0,00650106 | 2 | 0,00325053 | 0,00 | 0,9967 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 127,918 | 6 | 21,3196 | 22,01 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 21,3122 | 22 | 0,968735 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 235,514 | 35 | | | |

La variable %Grasa para el factor A (Sustrato seco), factor B (Sustrato seco) y la interacción (AB), una vez establecido el p-valor (<0.05); se identificó que, para cada nivel de los factores y las interacciones de estos factores, representan diferencias estadísticamente significativas para la variable grasa; esto acorde a la Tabla 23 obtenida. Con respecto a las réplicas no se presentan diferencias significativas dado su p-valor 0.5082, lo que conlleva en la normalidad en la toma de resultados.

Tabla 23*Análisis de Varianza para %Grasa - Suma de Cuadrados Tipo III*

| <i>Fuente</i> | <i>SC</i> | <i>GI</i> | <i>CM</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A: Tipo de sustrato seco | 40,3692 | 3 | 13,4564 | 40,59 | 0,0000 |
| B: Tipo de sustrato húmedo | 108,592 | 2 | 54,2961 | 163,79 | 0,0000 |
| C: Réplicas | 0,46287 | 2 | 0,231435 | 0,70 | 0,5082 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 528,208 | 6 | 88,0346 | 265,56 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 7,29313 | 22 | 0,331506 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 684,925 | 35 | | | |

La variable pH para el factor A (Sustrato seco), factor B (Sustrato seco) y la interacción (AB), dado el p-valor para análisis de varianza (<0.05), implica que dentro de los niveles de cada factor y de las interacciones entre factores, los datos obtenidos representan diferencias significativas dentro de la variable pH; lo cual se identificó en la Tabla 24, mientras que para las réplicas con p-valor 0.0940 no existió diferencia significativa.

Tabla 24

Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III

| <i>Fuente</i> | <i>SC</i> | <i>GI</i> | <i>CM</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|-----------|-----------|------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A: Tipo de sustrato seco | 0,192989 | 3 | 0,0643296 | 37,68 | 0,0000 |
| B: Tipo de sustrato húmedo | 0,0312722 | 2 | 0,0156361 | 9,16 | 0,0013 |
| C: Réplicas | 0,0198389 | 2 | 0,00991944 | 5,81 | 0,0940 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 0,251261 | 6 | 0,0418769 | 24,53 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 0,0375611 | 22 | 0,00170732 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 0,532922 | 35 | | | |

La variable %Acidez para el factor A (Sustrato seco), factor B (Sustrato seco) y la interacción (AB), se obtuvo p-valor ($<0,05$); dando diferencias significativas entre cada nivel dentro de los factores y las interacciones de estos (véase Tabla 25). Con p-valor 0.8686 para las réplicas no existe diferencias significativas.

Tabla 25

Análisis de Varianza para %Acidez - Suma de Cuadrados Tipo III

| <i>Fuente</i> | <i>SC</i> | <i>GI</i> | <i>CM</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|---------------|-----------|-------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A: Tipo de sustrato seco | 4,513E-7 | 3 | 1,50433E-7 | 22,01 | 0,0000 |
| B: Tipo de sustrato húmedo | 6,30222E-8 | 2 | 3,15111E-8 | 4,61 | 0,0213 |
| C: Réplicas | 1,93889E-9 | 2 | 9,69444E-10 | 0,14 | 0,8686 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 8,71E-7 | 6 | 1,45167E-7 | 21,24 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 1,50394E-7 | 22 | 6,83611E-9 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 0,00000153766 | 35 | | | |

Resultado para tipo de sustrato (Factor A), (Tukey $p < 0.05$)

A partir de la identificación de las diferencias significativas presentes por el factor A con respecto a %Humedad, %Ceniza, %Proteína, %Grasa, pH y %Acidez se aplicó una prueba de significancia Tukey $p < 0.05$ (véase Tabla 26 y Figura 13), de donde se estableció que los valores máximos de humedad fueron los reportados en el grupo B: harina de grano gastado de cerveza clara (A3), con valor 65.42%, mientras que los valores más bajos se reportaron en el grupo A: harina de grano gastado de cerveza negra (A1), afrecho de grano gastado de cerveza negra (A2) y afrecho de grano de cerveza clara (A4), con valores de 62.43%, 62.97% y 63.45% respectivamente. Adicionalmente se estableció que el valor elevado de %Ceniza fue reportado en el grupo D: afrecho de grano gastado de cerveza negra (A2), con valor 1.87%, mientras que el valor mínimo fue reportado en el grupo A: harina de grano gastado de cerveza negra (A1), con valor 0.86%.

Con respecto a la variable %Proteína se estableció que el grupo B: afrecho de grano gastado de cerveza negra (A2) y afrecho de grano gastado de cerveza clara (A4), reportaron máximo valor 27.59% y 28.78% respectivamente; con respecto al grupo A: harina de grano gastado de cerveza negra (A1) y harina de grano gastado de cerveza clara (A3), de menor valor 25.3 y 25.48% correspondientemente. En el caso de la variable %Grasa se estableció que el grupo C: harina de grano gastado de cerveza clara (A3), reportó el mayor porcentaje de grasa, con un valor 20.89%, y donde se estableció que el grupo A: afrecho de grano gastado de cerveza negra (A2), con valor 17.95% reportó el menor porcentaje de grasa.

El análisis de pH estableció que el grupo A: harina de grano gastado de cerveza negra (A1), reportó un pH con menor valor (6.20), mientras se estableció que el grupo B: harina de grano gastado de cerveza clara (A3), reportó un valor alto de pH (6.40). El %Acidez estableció que el grupo B: harina de grano gastado de cerveza negra (A1), reportó como el mayor valor 1.3×10^{-3} %; con respecto al grupo A, los valores de %Acidez se encuentran expresados en valores inferiores al 0,01%.

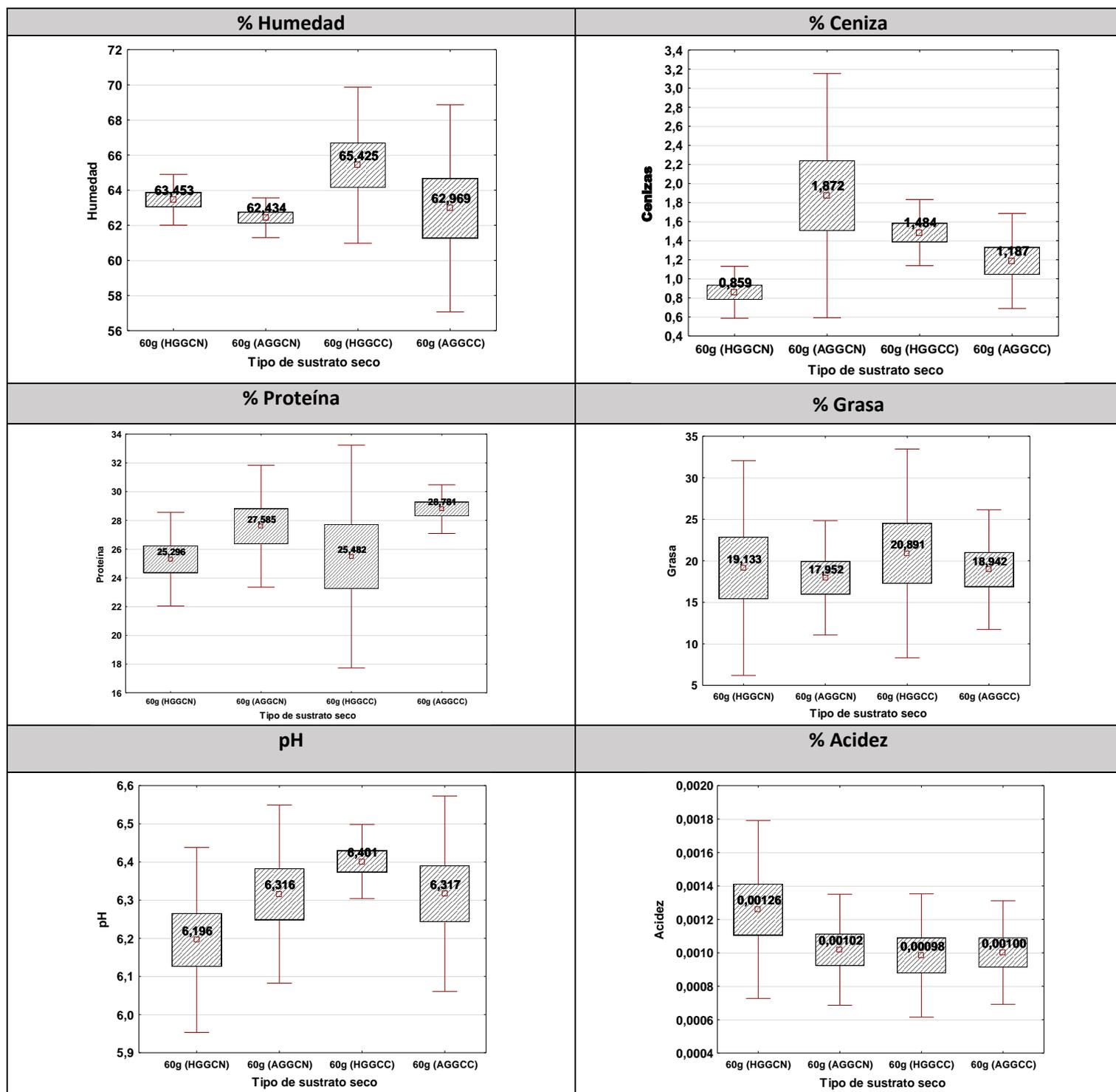
Tabla 26

Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato seco (Factor A).

| Sustrato seco (g) | % Humedad | % Ceniza | % Proteína | % Grasa | pH | %Acidez |
|-----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|
| A1:60g (HGGCN) | 63,45 ^A | 0,86 ^A | 25,30 ^A | 19,13 ^B | 6,20 ^A | $1,3 \times 10^{-03}$ ^B |
| A2:60g (AGGCN) | 62,43 ^A | 1,87 ^D | 27,59 ^B | 17,95 ^A | 6,32 ^B | $1,0 \times 10^{-03}$ ^A |
| A3:60g (HGGCC) | 65,42 ^B | 1,48 ^C | 25,48 ^A | 20,89 ^C | 6,40 ^C | $9,8 \times 10^{-04}$ ^A |
| A4:60g (AGGCC) | 62,97 ^A | 1,19 ^B | 28,78 ^B | 18,94 ^B | 6,32 ^B | $1,0 \times 10^{-03}$ ^A |

Figura 13

Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato seco (Factor A).



Resultados para tipo de sustrato (Factor B), (Tukey $p < 0.05$)

A partir del análisis con prueba de Tukey $p < 0.05$ se estableció los datos de relevancia sobre las variables %Humedad, %Ceniza, %Proteína, %Grasa, pH y %Acidez (véase Tabla 27 y Figura 14). De donde el grupo C: culantro pasado (B1), con valor 65.11%, reportó el nivel con mayor porcentaje de humedad, mientras que se estableció que el grupo A: cáscara de papa (B2), con valor 62.13%, reportó ser el de menor humedad. En relación a %Ceniza al cual se estableció que el grupo A: culantro pasado (B1), reportó ser el menor valor de porcentaje 1.13%, mientras que se estableció que el grupo B: cáscara de papa (B2) y cáscara de remolacha (B3), reportaron valores 1.38% y 1.55% respectivamente.

La variable %Proteína se estableció al grupo B: cáscara de papa (B2) y culantro pasado (B1), reportaron el máximo valor de porcentaje (26.78% y 27.41%); mientras que se estableció que el grupo A: cáscara de papa (B3), reportó el menor valor (26.16%). Con respecto a los valores de %Grasa estableció que el grupo B: cáscara de papa (B2), reportó el valor 21.68% como el mayor; mientras que el grupo A: culantro pasado (B1) y cáscara de remolacha (B3), reportaron el mínimo valor 17.82 y 19.19% respectivamente.

En relación al pH estableció al grupo A: culantro pasado (B1), el cual reportó el menor valor (6.27); mientras que el grupo B: cáscara de papa (B2) y cáscara de remolacha (B3), reportaron un valor mínimo de 6.32 y 6.34 respectivamente. Con relación a la variable %Acidez estableció al grupo A: cáscara de papa (B2), con valor igual a 1.0×10^{-3} %, reportó ser el más bajo porcentaje de acidez; mientras el grupo B: culantro pasado (B1) y cáscara de remolacha (B3), reportó un valor de 1.1×10^{-3} %, considerándolo el más alto.

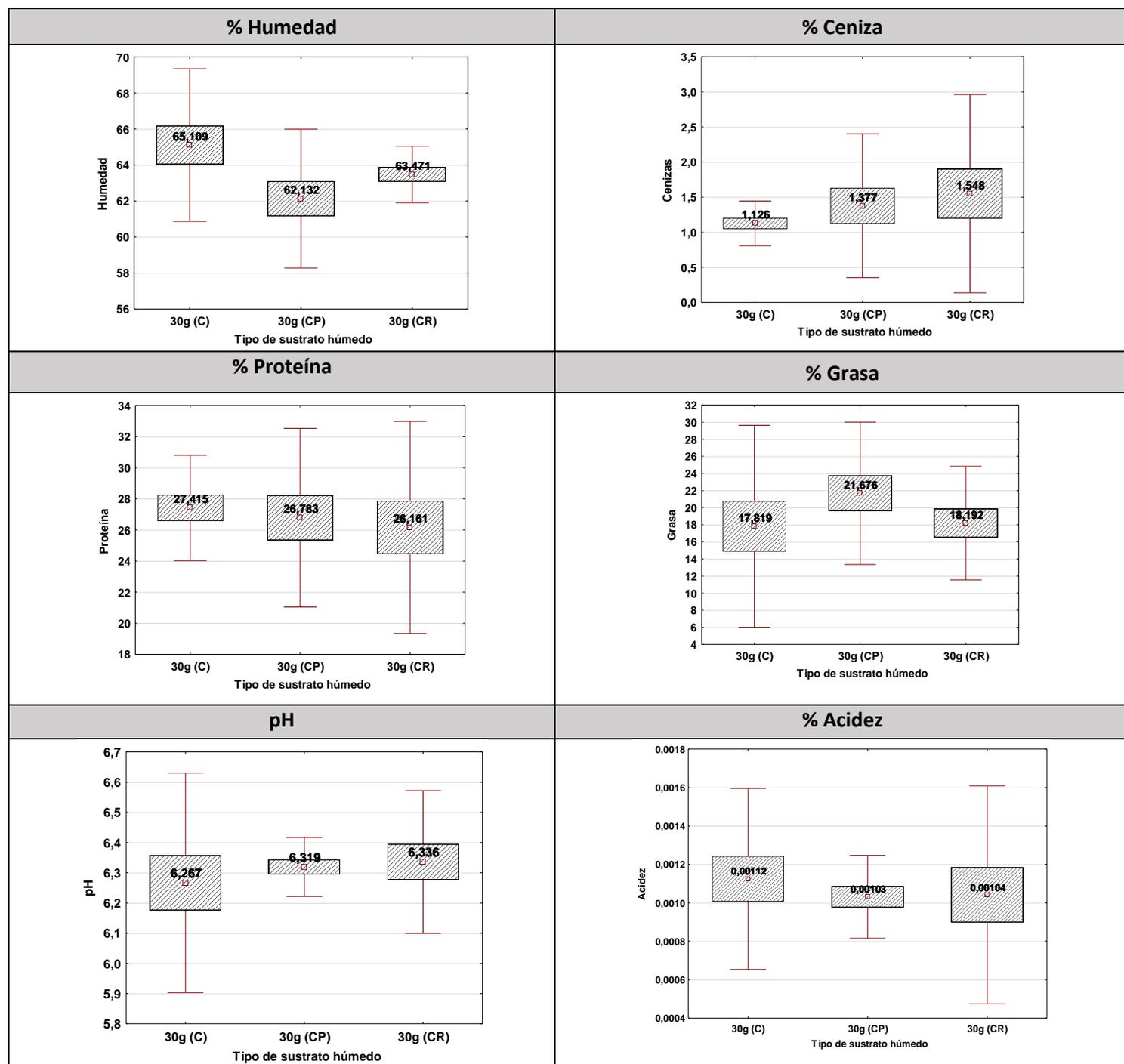
Tabla 27

Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato húmedo (Factor B).

| Sustrato húmedo (g) | % Humedad | % Ceniza | % Proteína | % Grasa | pH | %Acidez |
|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------------------------|
| B1:30g (C) | 65,11 ^C | 1,13 ^A | 27,41 ^B | 17,82 ^A | 6,27 ^A | $1,1 \times 10^{-03}$ ^B |
| B2:30g (CP) | 62,13 ^A | 1,38 ^B | 26,78 ^{AB} | 21,68 ^B | 6,32 ^B | $1,0 \times 10^{-03}$ ^A |
| B3:30g (CR) | 63,47 ^B | 1,55 ^B | 26,16 ^A | 18,19 ^A | 6,34 ^B | $1,0 \times 10^{-03}$ ^{AB} |

Figura 14

Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato húmedo (Factor B).



Resultados para la interacción de sustratos (Factor A) * (Factor B), (Tukey $p < 0.05$)

Luego de definida las diferencias significativas para las variables se realizó la prueba de Tukey $p < 0.05$ para el análisis de las interacciones (AB) esto se aplicó para cada variable identificada en la Tabla 28)

Con relación al %Humedad se estableció que la interacción A1B1 (60g HGGCN + 30g C), A3B2 (60g HGGCC + 30g CP) y A3B1 (60g HGGCC+ 30g C) Grupo C, con medias 64.24%, 64.21% y 67.99% respectivamente, reportaron ser el valor de humedad más alto dentro de las interacciones. Para la variable %Ceniza con la relación al valor en porcentaje más alto se estableció a las interacciones: A2B2 (60g AGGCN + 30g CP) y A2B3 (60g AGGCN + 30g CR) Grupo F, reportaron ser los valores 2.02% y 2.43% (véase la Figura 15).

El %Proteína de acuerdo a las interacciones se estableció que la interacciones: A2B3 (60g AGGCN +30g CR), A4B1 (60g AGGCC + 30g C), A4B2 (60g AGGCC + 30g CP), A3B1 (60g HGGCC + 30g C), A4B3 (60g AGGCC +30g CR) y A2B2 (60g AGGCN +30g CP) Grupo F, reportaron ser los valores elevados (27.46%, 28.11%, 28.50%, 29.41%, 29.73% y 29.76%) el cual es significativamente diferente del valor bajo, el cual se estableció, por las interacciones: A1B2 (60g HGGCN + 30g CP) y A3B3 (60g HGGCC + 30g CR) con valor igual a 23.48% y 21.65%.

En cuanto a la variable %Grasa se estableció que la interacción con alto porcentaje de grasa se reportó en: A3B2 (60g HGGCC + 30g CP) y A1B1 (60g HGGCN + 30g C) Grupo E, con valores 26.06% y 26.56%, respectivamente; mientras que se estableció en las interacciones: A3B1 (60g HGGCC + 30g C), A2B1 (60g AGGCN + 30g CR) y A1B3 (60g HGGCN + 30g CR), reportaron ser los valores mínimos de grasa (13.89, 14.65 y 14.73 %).

Con respecto al pH se estableció que las interacciones: A1B1 (60g HGGCN + 30g C) y A4B1 (60g AGGCC + 30g C) Grupo A, con valores igual a: 6.06 y 6.17 respectivamente, es significativamente diferente de las interacciones: A3B2, A4B2, A2B1, A3B1 y A3B3 Grupo E, con valores: 6.35, 6.36, 6.41, 6.42, 6.43 y 6,45; donde las primeras dos interacciones reportaron ser el valor más bajo de pH. Con respecto a la variable %Acidez la interacción más alta, se reportaron los máximo valores por las interacciones: A1B3 (60g HGGCN + 30g CR) y A1B1 (60g HGGCN + 30g C) Grupo F, con valor 1.4×10^{-3} y 1.5×10^{-3} % respectivamente.

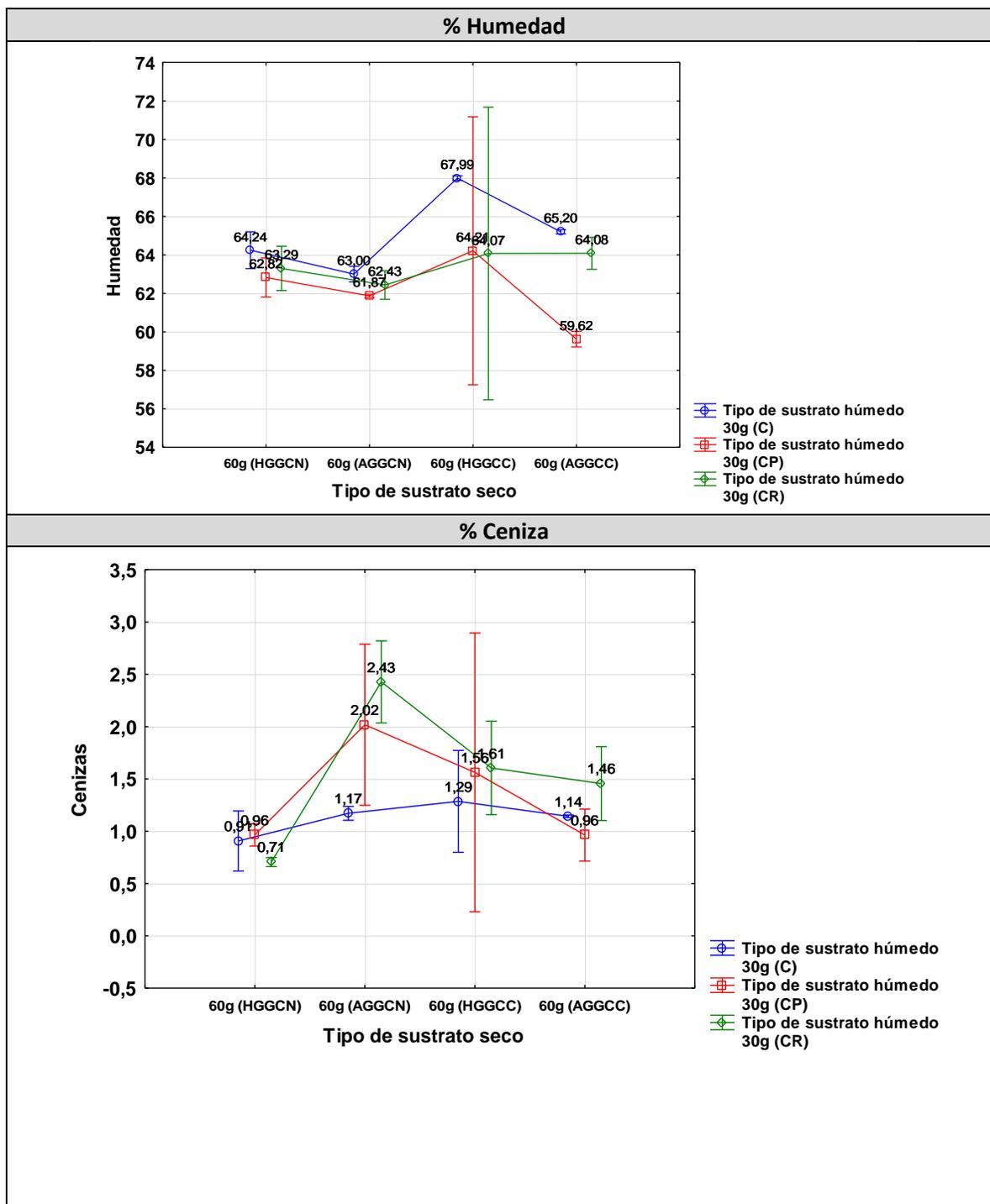
Tabla 28

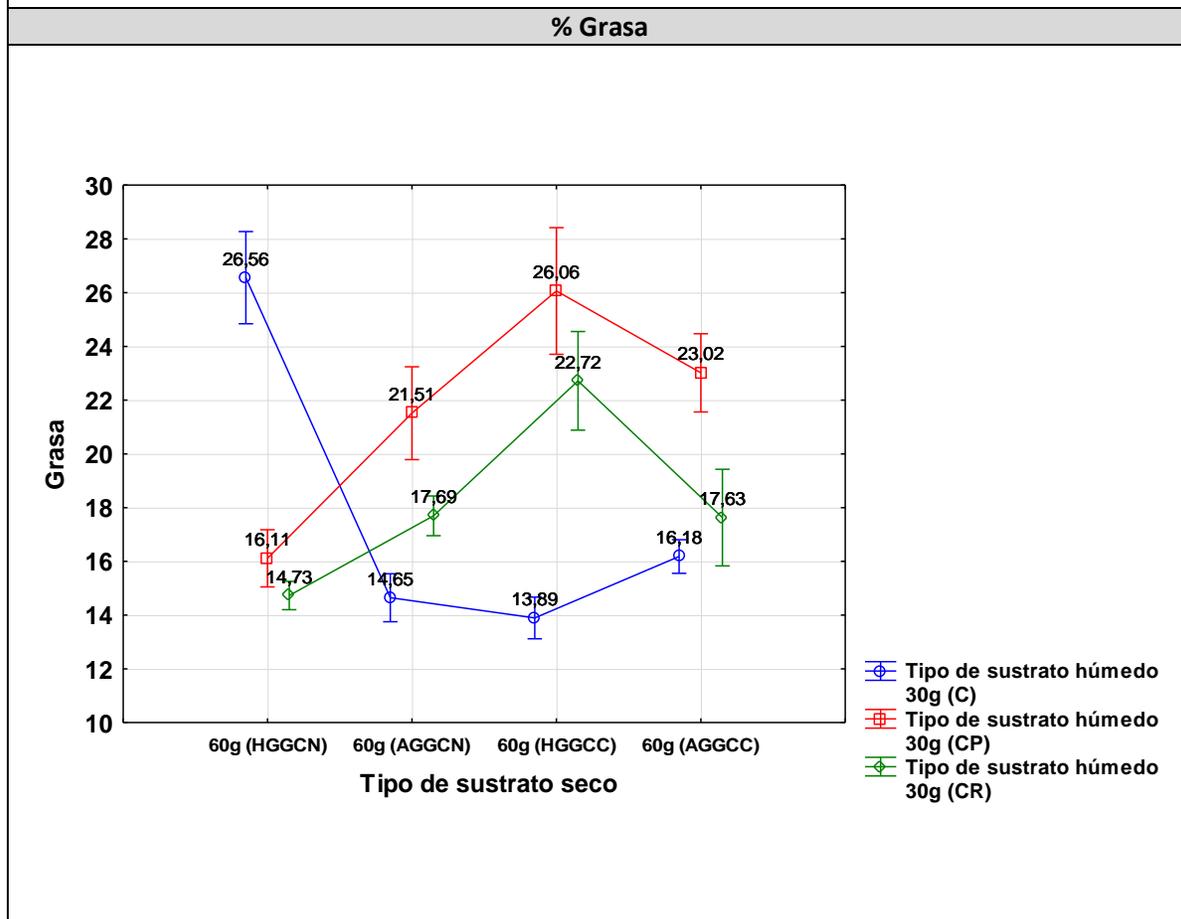
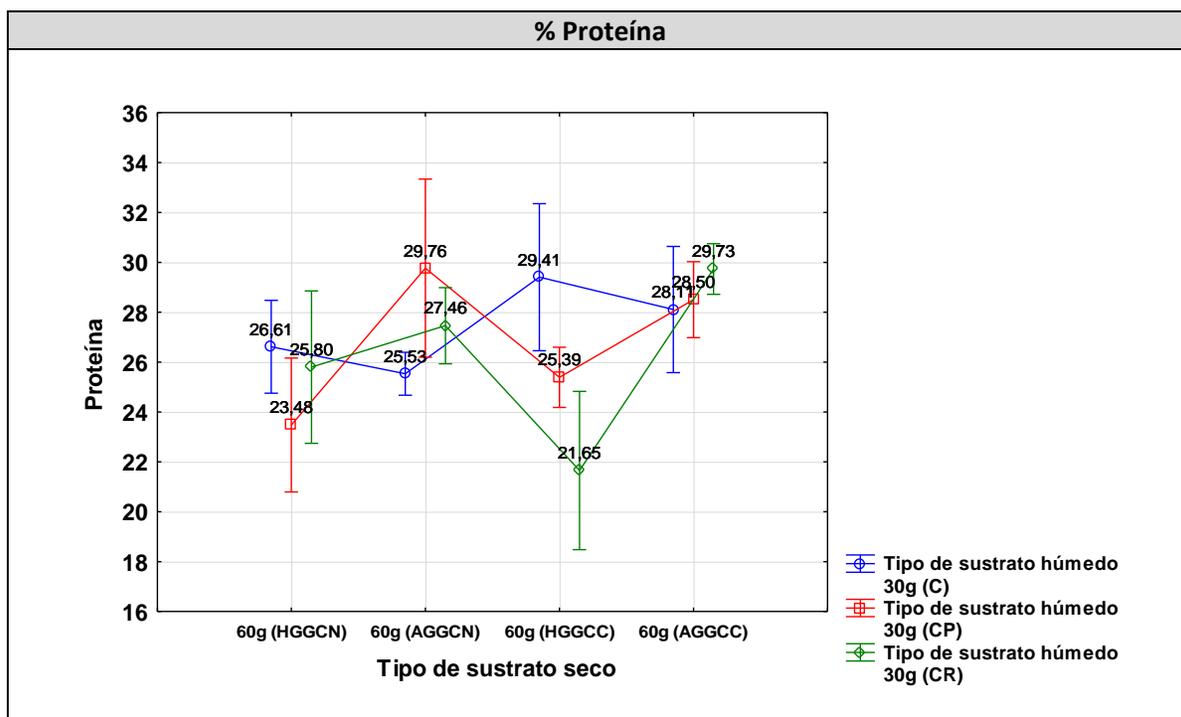
*Prueba de significación de Tukey para para Tipo de sustrato seco (Factor A) * Tipo de sustrato húmedo (Factor B).*

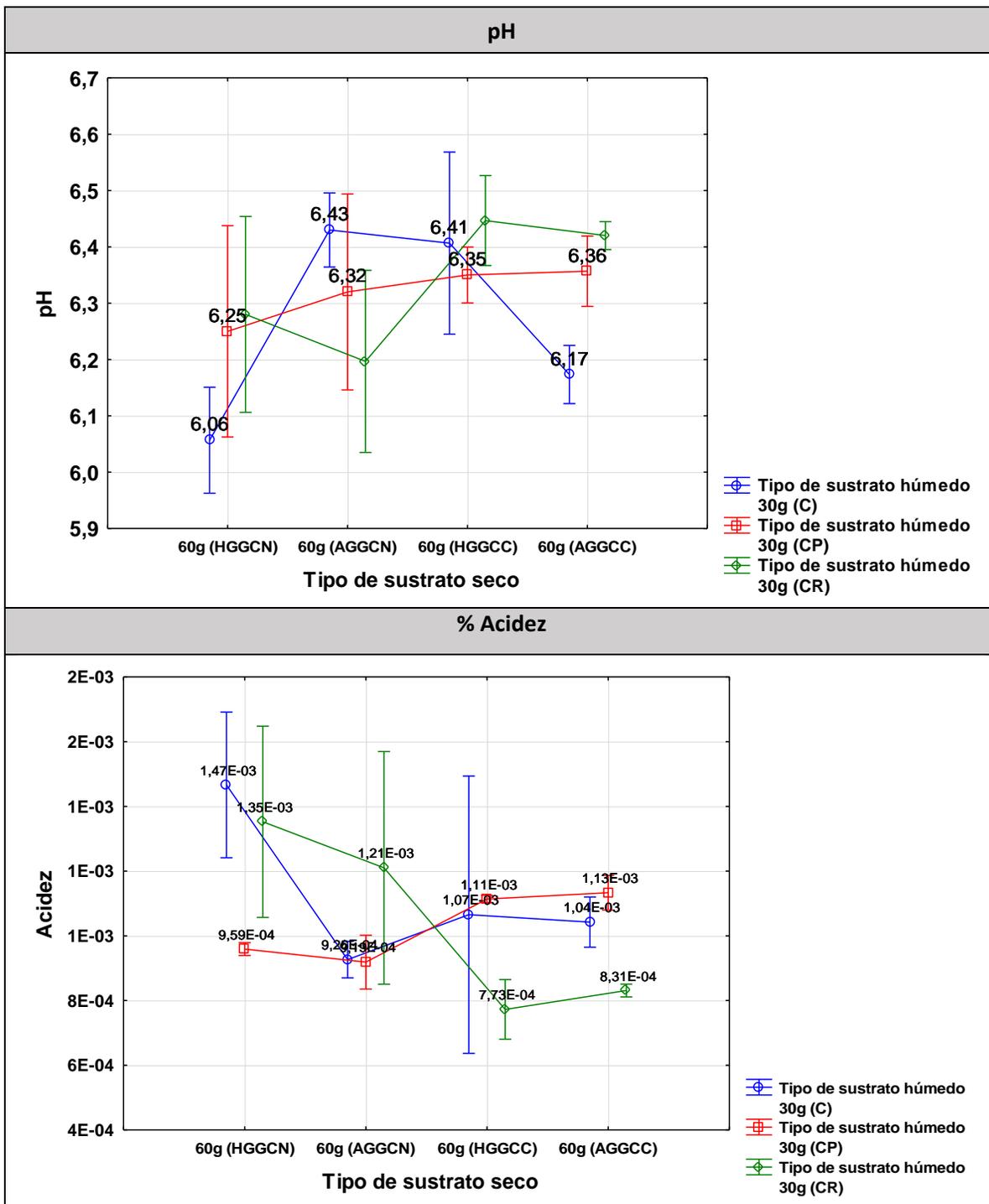
| INTERACCIONES | % Humedad | % Ceniza | % Proteína | % Grasa | pH | % Acidez |
|------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| A1B1: 60g (HGGCN) + 30g (C) | 64,24 ^{BC} | 0,91 ^{AB} | 26,61 ^{CDE} | 26,56 ^E | 6,06 ^A | 1,5×10 ⁻⁰³ F |
| A1B2: 60g (HGGCN) + 30g (CP) | 62,82 ^{AB} | 0,96 ^{ABC} | 23,48 ^{AB} | 16,11 ^{BC} | 6,25 ^{BC} | 9,6×10 ⁻⁰⁴ ABC |
| A1B3: 60g (HGGCN) + 30g (CR) | 63,29 ^{AB} | 0,71 ^A | 25,80 ^{BCD} | 14,73 ^{AB} | 6,28 ^{BC} | 1,4×10 ⁻⁰³ EF |
| A2B1: 60g (AGGCN) + 30g (C) | 63,00 ^{AB} | 1,17 ^{ABCD} | 25,53 ^{BC} | 14,65 ^{AB} | 6,43 ^{DE} | 9,3×10 ⁻⁰⁴ ABC |
| A2B2: 60g (AGGCN) + 30g (CP) | 61,87 ^{AB} | 2,02 ^{EF} | 29,76 ^F | 21,51 ^D | 6,32 ^{CD} | 9,2×10 ⁻⁰⁴ ABC |
| A2B3: 60g (AGGCN) + 30g (CR) | 62,43 ^{AB} | 2,43 ^F | 27,46 ^{CDEF} | 17,69 ^C | 6,20 ^B | 1,2×10 ⁻⁰³ DE |
| A3B1: 60g (HGGCC) + 30g (C) | 67,99 ^C | 1,29 ^{ABCD} | 29,41 ^{EF} | 13,89 ^A | 6,41 ^{DE} | 1,1×10 ⁻⁰³ BCD |
| A3B2: 60g (HGGCC) + 30g (CP) | 64,21 ^{BC} | 1,56 ^{CDE} | 25,39 ^{BC} | 26,06 ^E | 6,35 ^{CDE} | 1,1×10 ⁻⁰³ CDE |
| A3B3: 60g (HGGCC) + 30g (CR) | 64,07 ^B | 1,61 ^{DE} | 21,65 ^A | 22,72 ^D | 6,45 ^E | 7,7×10 ⁻⁰⁴ A |
| A4B1: 60g (AGGCC) + 30g (C) | 65,20 ^{BC} | 1,14 ^{ABCD} | 28,11 ^{CDEF} | 16,18 ^{BC} | 6,17 ^{AB} | 1,0×10 ⁻⁰³ BCD |
| A4B2: 60g (AGGCC) + 30g (CP) | 59,62 ^A | 0,96 ^{ABC} | 28,50 ^{DEF} | 23,02 ^D | 6,36 ^{CDE} | 1,1×10 ⁻⁰³ CDE |
| A4B3: 60g (AGGCC) + 30g (CR) | 64,08 ^B | 1,46 ^{BCDE} | 29,73 ^F | 17,63 ^C | 6,42 ^{DE} | 8,3×10 ⁻⁰⁴ AB |

Figura 15

Prueba de significación de Tukey para Tipo de sustrato seco (Factor A) * Tipo de sustrato húmedo (Factor B). (Interacción AB).







Historial de Conglomerados a partir de las Interacciones con Humedad, Cenizas, Proteína, Ceniza, pH y acidez

De acuerdo al historial del conglomerado y el Dendrograma (véase Tabla 29 y Figura 16), se estableció que la interacción de A1B3: 60g (HGGCN)+30g (CR) y A2B1: 60g (AGGCN)+30g (C), con coeficiente 0.404 reportaron ser los más próximos, y sus variables (%Humedad, %Ceniza, %Proteína, %Grasa, pH y %Acidez) poseen mayor similitud entre interacciones; caso contrario sucede entre las interacciones A1B1: 60g (HGGCN)+30g (C) y A1B2: 60g (HGGCN)+30g (CP), cuyo coeficiente es 37,529, estableciendo que sus variables tienen una proximidad alejada.

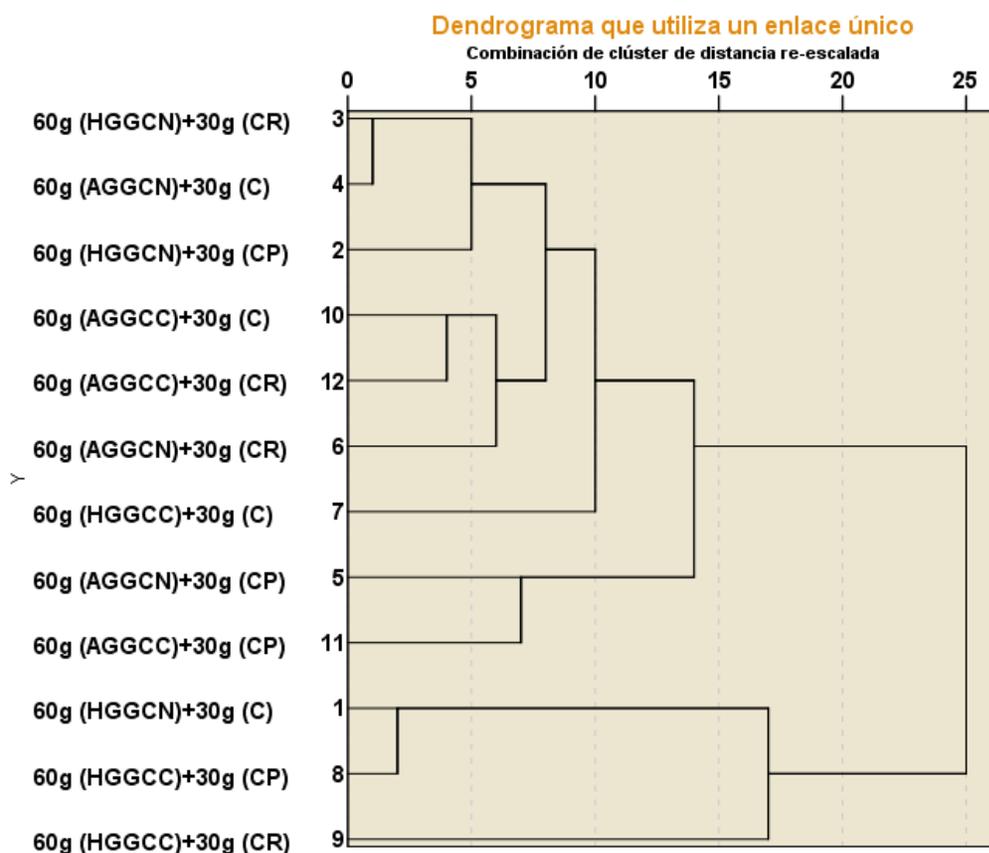
Tabla 29

Historial de Conglomerados.

| Etapa | Clúster combinado | | Coeficientes |
|-------|--------------------------------|---------------------------------|--------------|
| | Clúster 1 | Clúster 2 | |
| 1 | 3: 60g (HGGCN)+30g (CR) | 4: 60g (AGGCN)+30g (C) | 0,404 |
| 2 | 1: 60g (HGGCN)+30g (C) | 8: 60g (HGGCC)+30g (CP) | 2,265 |
| 3 | 10: 60g (AGGCC)+30g (C) | 12: 60g (AGGCC)+30g (CR) | 6,141 |
| 4 | 2: 60g (HGGCN)+30g (CP) | 3: 60g (HGGCN)+30g (CR) | 6,478 |
| 5 | 6: 60g (AGGCN)+30g (CR) | 10: 60g (AGGCC)+30g (C) | 8,875 |
| 6 | 5: 60g (AGGCN)+30g (CP) | 11: 60g (AGGCC)+30g (CP) | 9,998 |
| 7 | 2: 60g (HGGCN)+30g (CP) | 6: 60g (AGGCN)+30g (CR) | 11,278 |
| 8 | 2: 60g (HGGCN)+30g (CP) | 7: 60g (HGGCC)+30g (C) | 14,767 |
| 9 | 2: 60g (HGGCN)+30g (CP) | 5: 60g (AGGCN)+30g (CP) | 20,321 |
| 10 | 1: 60g (HGGCN)+30g (C) | 9: 60g (HGGCC)+30g (CR) | 25,178 |
| 11 | 1: 60g (HGGCN)+30g (C) | 2: 60g (HGGCN)+30g (CP) | 37,529 |

Figura 16

Dendrograma que utiliza un enlace único.



Matriz de correlaciones y Gráfico de sedimentación para Humedad, Ceniza, Proteína, Grasa, pH y Acidez

En base a la matriz de correlaciones^a, el gráfico de componentes y el gráfico de sedimentación (véase Tabla 30, Figura 17 y Figura 18); se estableció que no existe correlaciones positivas, entre las variables. Además, se estableció que los componentes pH, acidez, y humedad presentan mayor porcentaje de varianza (>1%).

Tabla 30

Matriz de correlaciones^a.

| | | Matriz de correlaciones ^a | | | | | |
|-------------|----------|--------------------------------------|--------|---------|---------|----------|-------|
| | | pH | Acidez | Humedad | Cenizas | Proteína | Grasa |
| Correlación | pH | 1,000 | -,722 | ,037 | ,117 | -,061 | -,207 |
| | Acidez | -,722 | 1,000 | -,024 | -,311 | ,115 | ,202 |
| | Humedad | ,037 | -,024 | 1,000 | -,079 | ,045 | -,292 |
| | Cenizas | ,117 | -,311 | -,079 | 1,000 | ,181 | ,130 |
| | Proteína | -,061 | ,115 | ,045 | ,181 | 1,000 | -,147 |
| | Grasa | -,207 | ,202 | -,292 | ,130 | -,147 | 1,000 |

a. Determinante = ,309

Figura 17

Gráfico de componentes

Gráfico de componente en espacio rotado

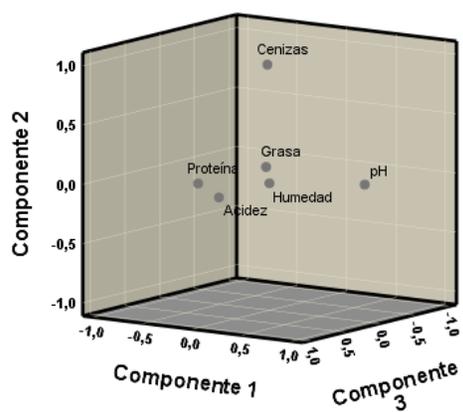
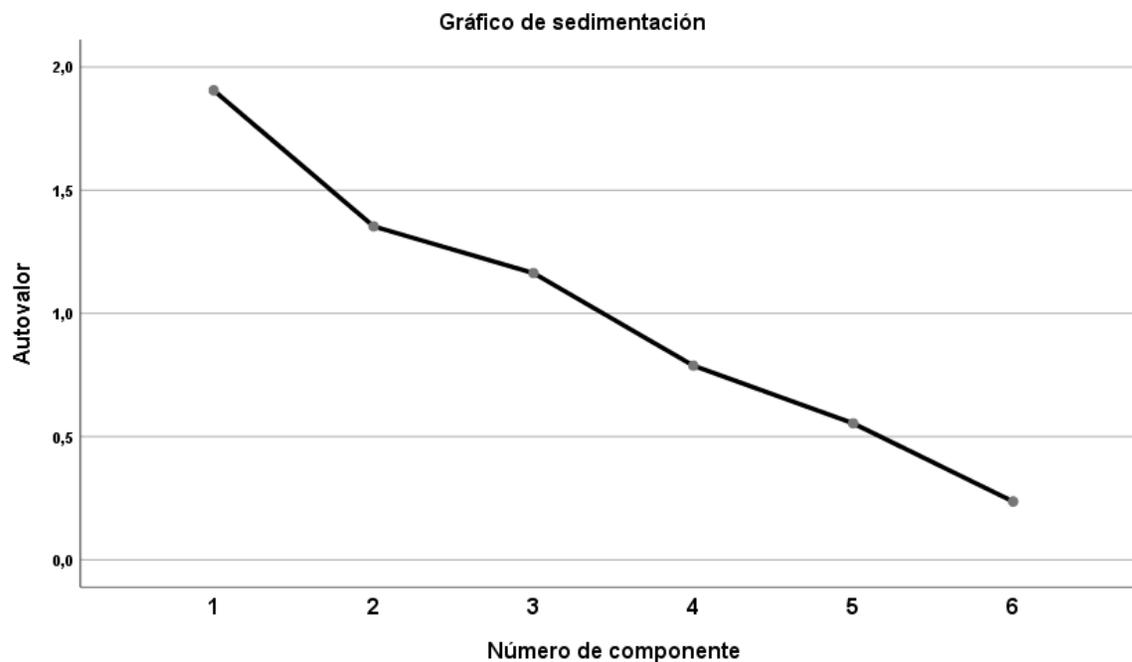


Figura 18

Gráfico de sedimentación para la varianza



Resultados del análisis de microorganismos patógenos

En base a los resultados estadísticos de conversión y bromatológicos se determinó que las interacciones: A1B1 (60g HGGCN + 30g C), A2B2 (60g AGGCN + 30g CP) y A1B3 (60g HGGCN + 30g CR) sean sujetas al análisis de microorganismo patógenos, bajo técnica de placas 3M™ Petrifilm™ RYM® para mohos y levaduras. La Tabla 31 describe el conteo, del cual no se observó crecimiento a diferentes diluciones (10^{-1} y 10^{-2}).

Tabla 31*Recuento de mohos y levaduras.*

| Tipo de interacción | Recuento de mohos y levaduras. | | Unidad |
|---------------------------|--------------------------------|------------------|--------|
| | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | |
| A1B1 (60g HGGCN + 30g C) | 0 | 0 | UFC/g |
| A2B2 (60g AGGCN + 30g CP) | 0 | 0 | UFC/g |
| A1B3 (60g HGGCN + 30g CR) | 0 | 0 | UFC/g |

Capítulo V: Discusión

El impacto del empleo de insectos en la alimentación, se describen como aporte a la seguridad alimentara, dado por si disponibilidad, acceso, consumo y utilización de gran variedad de material biológico, convirtiéndolos en foco o alternativas factibles (Fleta Zaragoza, 2018). En base a este marco establecer las eficiencias de conversión alimentaria y su factor de conversión alimentaria, resultan datos relevantes en la comparativa con la producción convencional, de la cual como ya se ha establecido con la aplicación de desechos de alimentos con insectos contribuyen en la reducción de contaminación ambiental (Varelas, 2019).

En la eficiencia de conversión de alimento ingerido (ECI), de acuerdo a la observación, en las tablas de medias para el sustrato seco, se estableció que la harina (A1) y afrecho (A2) de grano gastado de cerveza negra, mantienen una ECI de 9,82% y 10.81%. En cuanto al sustrato húmedo (Factor B), tanto en culantro pasado (B1) o cáscara de remolacha (B3), se evidencio un valor ECI igual a 8.97% y 8.84% respectivamente. Por otro lado, en la interacción AB, las larvas de *Ulomoides dermestoides* criadas con las combinaciones A1B1, A1B3, A2B1 y A2B2 presentaron valores altos de eficiencia en la conversión alimenticia ECI (10.15%, 10.60%, 12.03% y 12.67%) al finalizar el ensayo. Considerando la poca información respecto a la ECI de *Ulomoides dermestoides* procedimos a comparar nuestros resultados con valores de insectos que se encuentran en el mercado como: la mosca soldado negro, gusano de la harina amarillo y grillo doméstico (23 %, 21% y 12%) criados con dietas ideales (granos gastados, restos de pan, zanahoria) (Oonincx et al., 2019). Esto nos permitió determinar que el empleo de los sustratos aplicados en este estudio y elegidos como más eficientes, igualan la eficiencia de los grillos domésticos.

El factor de conversión alimenticia (FCR), establece la cantidad de alimento que requiere el animal para producir una unidad de masa, si este FCR es bajo (cercano a 1), se considerará que el organismo cultivado, aprovechará de manera eficiente el alimento consumido, para el caso de animales convencionales como las aves poseen un FCR de 1.2 a 1.4, en cerdos un FCR de 4.0 y en la res un FCR de 8.8 (Rosero et al., 2012; Wilkinson, 2011). En cuanto a la crianza de *T. molitor* (miembro de la misma familia de *U. dermestoides*); alimentado con mezclas de granos y zanahoria, se ha reportado que posee un FCR de 2.2 a 3.8 (Ooninx et al., 2019; Ooninx & de Boer, 2012). De acuerdo a la observación del FCR en sustrato seco, se estableció como mínimos los factores de conversión alimenticia de larvas alimentadas con afrechos de granos gastado de cerveza negra y clara (FCR: 3,19 y 3,73). En cuanto al sustrato húmedo, se evidenció que el menor FCR correspondió a cáscara de papa (B2) y cáscara de remolacha (B3). Por otro lado, de acuerdo a los datos arrojados por las interacciones AB, larvas de *Ulomoides dermestoides*, presentan FCR inferiores a 4.0 en las interacciones: A2B2, A4B2, A1B3 y A4B3 (1.59, 2.38, 3.60 y 3.65); estableciendo que se requeriría al menos 3 unidades de alimento para producir 1 unidad de masa de larvas, lo que indica que las larvas de *U. dermestoides*, aprovechan mejor el alimento a comparación de los cerdos o el ganado vacuno. Y además se permitió determinar que las larvas de *U. dermestoides*, aprovechan el alimento como lo haría *T. molitor*. Las comparativas con *T. molitor*, se establecen dada la limitada información de FCR para *Ulomoides dermestoides*.

La descripción de la tasa de supervivencia en *Ulomoides dermestoides* no se encuentra registrada en valores porcentuales, pero a miembros de la familia Tenebrionidae, como *T. molitor*, *Z. atratus*, *A. diaperinus* y *Z. morio*, se ha descrito que poseen tasas de supervivencia de 86, 78, 82 y 94% respectivamente, estableciendo una tasa de supervivencia elevada para la familia Tenebrionidae (Harsányi et al., 2020; van Broekhoven et al., 2015). Para la evaluación

de la tasa de supervivencia en las larvas de *U. dermestoides* con respecto al sustrato seco (Factor A), aplicado en esta investigación, se estableció que el afrecho de granos gastados de cerveza clara (A4), la harina de granos gastados de cerveza negra (A1) y afrecho de granos gastados de cerveza negra (A2), mantienen una tasa de supervivencia de 78.45%, 83.24% y 81.16% respectivamente. Esto nos permite establecer que el empleo de sustratos como A4, A1 y A2 en larvas de *U. dermestoides*, alcanzarán las tasas de supervivencia de grupos pertenecientes a la familia Tenebrionidae.

Con respecto al porcentaje de humedad y cenizas en relación al sustrato seco (Tabla 26) se tiene que el sustrato de harina de grano gastado de cerveza clara (A3) mantiene valores altos de humedad iguales a 65.42%. Por otro lado, el máximo porcentaje de cenizas lo presenta el afrecho de grano gastado de cerveza negra (1.67%). En cuanto al sustrato húmedo (Tabla 27), se evidenció al culantro pasado (B1), un valor máximo de humedad igual a 65.11%. Además, con valores de 1.38% y 1.55% los sustratos húmedos: cáscara de papa (B2) y cáscara de remolacha (B3) establecen los máximos porcentajes de ceniza. Por lo que se refiera a las interacciones AB (Tabla 28), se estableció que las interacciones: A1B1, A3B2 y A3B1 representan los máximos valores de humedad (64.24%, 64.21% y 67.99%). En cuanto a la variable ceniza, se evidenció a las interacciones: A2B2 y A2B3, como los valores elevados de cenizas (2.02% y 2.43%). Tomando en cuenta que *U. dermestoides*, pertenece a la familia Tenebrionidae, y que existe una limitada información referente a humedad y ceniza para el gorgojo chino procedimos a comparar con miembros mayormente descritos como: *Z. opacus* y *T. molitor*. Con relación a la humedad los máximos valores de porcentajes son 54% para *Z. opacus* y 68% para *T. molitor* (alimentados con harinas, zanahoria y plátanos); por otra parte, con relación a valores de ceniza, se han encontrado un máximo de 0,44% de ceniza para *Z. opacus* y 1.51% para *T. molitor* (Azagoh et al., 2016; Morote & Bardales, 2004; Nowak et al.,

2016). Esto nos permitió identificar que larvas de *U. dermestoides*, alimentadas con los sustratos aplicados en la presente investigación y elegidos como máximos valores superan la humedad de *Z. opacus* e igualan a *T. molitor*. Mientras que, en porcentaje de ceniza, las larvas alimentadas con combinaciones de sustrato seco y húmedo del presente estudio, superan a larvas de *Z. opacus* y *T. molitor*.

Dentro de estudios realizados con sustratos a base de piensos de pollo con agregados de residuos orgánicos o de jardín de origen vegetal con respecto a niveles de proteína establece que larvas de especies de la familia Tenebrionidae, para *T. molitor* y *Z. morio*, llegan a poseer niveles de proteína en valores porcentuales igual a 47.18% y 46.79% (Harsányi et al., 2020). Los porcentajes obtenidos para el presente estudio indican que para el sustrato seco (Tabla 26), se estableció al afrecho de grano gastado de cerveza negra (A3) y clara (A4), el porcentaje de proteína (27.59% y 28.78%), llegaron a ser menores a los organismos modelo de la familia Tenebrionidae. Con respecto al sustrato húmedo (Tabla 27), sustratos como culantro pasado o cáscara de papa, con porcentaje de proteína de 27.41% y 26.78% no llegan a igualar el valor para las especies comerciales de larvas. Según la normativa INEN 1338:2012 los valores mínimos para cumplir el requisito bromatológico de proteína no deben ser menores a 14% (INEN, 2012). De acuerdo a la interacción AB (Tabla 28) de donde: A2B3, A4B1, A4B2 y A3B1, A4B3 y A2B2, presentaron los valores máximos de proteína (27.46%, 28.11%, 28.50%, 29.41%, 29.73% y 29.76%), llegan a superar el valor mínimo de acuerdo a la normativa INEN, pero no llegan a igualarse con respecto a modelos comerciales de la misma familia en su fase larvaria. En relación a estudios con *U. dermestoides*, se ha establecido que insectos alimentados con avenas y rodajas de manzana se llega a obtener valores de proteína similares a modelos comerciales (40.36 %) (Flores et al., 2020). Con lo cual los sustratos aplicados en el

presente estudio, resultan en valores inferiores de proteína con respecto a dietas alimentarias ideales.

Con respecto a grasa para el sustrato seco (Tabla 26) se estableció que se obtiene mayor porcentaje de grasa, a partir de los sustratos: harina de grano gastado de cerveza negra (A1) y clara (A3) (17.95% y 20.89%). Por otra parte, en relación a los sustratos secos, como granos usado o levadura de cerveza o restos de pan para organismos de la familia Tenebrionidae, tales como: *Z. atratus*, *T. molitor* o *A. diaperinus* se han obtenido valores de grasa de 36.2%, 25.0% y 24.3% contemplados como los valores más altos para este grupo (van Broekhoven et al., 2015). En relación al sustrato húmedo (Tabla 27) en el presente estudio se estableció a la cáscara de papa como sustrato húmedo con mayor valor de grasa (21.68%). En relación a otros sustratos húmedos con larvas de la familia Tenebrionidae, como el caso de *Z. morio* o *T. molitor* criados con residuos vegetales de jardín de los cuales se obtuvieron valores de 46.7% y 45.7% respectivamente (Harsányi et al., 2020). Finalmente, con relación a las interacciones AB (Tabla 28) se estableció a las combinaciones A1B2 y A3B3 con porcentaje de grasa igual a 23.48% y 21.65%, como los valores máximos. Si bien los valores son elevados, en relación al porcentaje en estudios para *U. dermestoides*, criados con avenas y manzana, se expresa el porcentaje de grasa igual a 8.33% (Flores et al., 2020). Lo que indica que la suministración de los sustratos aplicados, elevaron el porcentaje de grasa en las larvas, pero son inferiores a valores de grasa para modelos larvarios como *Z. morio* o *T. molitor*.

En el pH para el sustrato seco (Tabla 26), se estableció que los valores más altos representaron al sustrato: harina de grano gastado de cerveza clara (A1, pH: 6.4) y el valor mínimo es para la harina de grano gastado de cerveza negra (A3, pH: 6.2). En relación al factor B (Tabla 27) los valores de pH, van de un rango de 6.27 al aplicar culantro pasado y llegan hasta 6.32 o 6.34, con el uso de cáscara de papa o cáscara de remolacha. En las interacciones

AB (Tabla 28) se identificaron valores de pH con rango desde 6.06 de A1B1 hasta 6.45 para A3B3. Según NTE INEN-ISO 2917, establece que el pH debe ser menor a 7 y mayor a 5.5 (INEN, 2016a). Esto implica que los sustratos aplicados a larvas de *U. dermestoides* en el presente estudio, cumplen la normativa vigente.

Para la acidez los valores, se describió a la harina de grano gastado de cerveza negra como el sustrato seco (Factor A, A1) quien presenta máxima acidez (1.3×10^{-3} %). Por otra parte, los sustratos como: culantro pasado y cáscara de papa, quienes representan al sustrato húmedo (Factor B, B1 y B3) con valores máximos de acidez (1.1×10^{-3} % para ambos). Además, en las interacciones AB con mezcla de sustrato húmedo y seco (A1B3 y A1B1), para el presente estudio se establecieron en 1.4×10^{-3} % y 1.5×10^{-3} % respectivamente. La acidez por normativas nacionales INEN han establecido valores de acidez con límite no mayor al 18% para harinas de subproductos de pescado o valores menores a 0.2% para alimentos comestibles como mantecas (INEN, 2016c, 2016b). En general para el presente estudio los niveles de acidez no representan valores significativos de acidez (<0.01%) con lo cual cumplen la normativa vigente.

Debido al interés que se tiene de muchos países dado su tradición de alimentación con insectos para animales o humanos la FAO ha determinado que cualquier extracto proteico o animal entero debe cumplir la normas del código alimentario y de análisis de riesgos y puntos de control críticos HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) (FAO, 2013); en el que se identifica peligros específicos y medidas para su control con el fin de garantizar la seguridad de los alimentos, en base a esto el cultivo en placas 3M™ Petrifilm™ RYM®, con agua peptona 1% cumple dichos lineamientos al no presentar ningún tipo de crecimiento fúngico o de levaduras (Kim et al., 2019).

Los resultados de microbiología de este estudio son favorables pues no existe indicio de crecimiento y se cumplió con la normativa HACCP y de la FAO en base a lo publicado por organismo tipo y tomando en cuenta estos criterios los peligros microbianos se limitaron mediante la aplicación de buenas prácticas de higiene durante la cría, manipulación, procesamiento y almacenamiento en ensayos de larvas de *U. dermestoides*.

Capítulo VI: Conclusiones

En base al cálculo de eficiencia de conversión alimentaria (ECI) y el factor de conversión alimenticia (FCR) se establece que las combinaciones de sustratos seco y húmedo de: afrecho gastado de cerveza negra + culantro pasado; harina de grano gastado de cerveza negra + cáscara de remolacha, harina de grano gastado de cerveza negra + culantro pasado y afrecho de grano gastado de cerveza negra + cáscara de papa, mantienen eficiencias de conversión (10.15-12.67%) iguales a los grillos domésticos consumibles comercialmente (12%), y además presentan factores de conversión alimenticia de entre 1.59 a 3.65, lo que indica un aprovechando en el alimento, mucho mejor que el presentado en los cerdos o el ganado vacuno.

La tasa de supervivencia (T_s) que poseen las larvas dependerá del tipo de sustrato seco aplicado, del donde se tiene que el: afrecho de grano gastados de cerveza clara, afrecho de grano gastado de cerveza negra y la harina de grano gastado de cerveza negra, permiten tasas de supervivencia con valores máximos de entre 78.45 a 83.24%, mismos que se asemejan a insectos comercializados o estudiados, de la familia Tenebrionidae (86-94%).

Por lo tanto, el presente estudio en relación a los resultados obtenidos, acepta la hipótesis que el invertebrado *Ulomoides dermestoides* criado a partir de desechos orgánicos domésticos y de la industria cervecera, actúa como agente conversor en el tiempo, reduciendo significativamente la materia orgánica.

El presente estudio establece que larvas de *U. dermestoides*, criadas con las combinaciones de harina de grano gastado de cerveza negra y/o clara en adición con culantro pasado o cáscara de papa, dan como resultado similitud en el porcentaje de humedad (64.24-67-99%) con *T. molitor* (68%). En relación a cenizas, las combinaciones como afrecho de

grano gastado de cerveza negra con cáscara de papa o cáscara de remolacha, en el estudio superan a los niveles descritos (2.02-2.43%) de cenizas en comparativa a especies de la familia Tenebrionidae (0.44-1.51%).

El porcentaje de proteína obtenido por la aplicación de sustrato seco como afrecho de granos gastados de cerveza negra, así como harina o afrecho de granos gastados de cerveza clara, con la adición de sustrato húmedo como: culantro pasado, cáscara de papa o cáscara de remolacha, mantienen valores entre 27.46 a 29.76 %, los cuales superan las normativas nacionales, pero son inferiores a dietas que incluyen avena y rodajas de manzana (40.36%).

El porcentaje de grasa obtenido por la combinación de sustrato seco: harina de granos gastados de cerveza negra o clara, con sustratos húmedos: cáscara de papa o cáscara de remolacha (23.48 o 21.45%), superan a los valores obtenidos en dietas ideales con avena y manzana para la especie (8.33%); pero no igualan los valores que se obtienen en de *Z. atratus*, *T. molitor* o *A. diaperinus* (36.2%, 25.0% y 24.3%) como organismos modelo en producción alimentaria.

En relación al pH, los diferentes sustratos aplicados (Factor A, Factor B o interacciones AB), no llegan a incumplir la normativa nacional dado el rango obtenido entre 6.2 a 6.45 los cuales entran en valores permitidos (5.5-7). En relación a la acidez los valores para los diferentes tratamientos presentan valores inferiores a 0.01% dando cumplimiento a las normativas INEN.

Bajo técnicas dependientes de cultivo, la identificación de poblaciones microbianas de riesgo en cultivos de larvas de *Ulomoides dermestoides ex situ* resulto en un crecimiento nulo de microorganismos en medios generales para hongos y levaduras, demostrando que se cumplió la aplicación de buenas prácticas de higiene durante la cría, almacenamiento, manipulación y procesamiento de larvas de *Ulomoides dermestoides*.

Capítulo VII: Recomendaciones

Para la eficiencia de conversión de alimento ingerido (ECI) y el factor de conversión alimenticia (FCR) se recomienda emplear las siguientes combinaciones de sustratos seco y húmedo: afrecho gastado de cerveza negra + culantro pasado; harina de grano gastado de cerveza negra + cáscara de remolacha, harina de grano gastado de cerveza negra + culantro pasado y afrecho de grano gastado de cerveza negra + cáscara de papa, en proporciones 2:1, para obtener los máximos valores de ECI y un FCR menor a los obtenidos en cerdos o ganado vacuno.

Con el fin de obtener un análisis profundo sobre las eficiencias de conversión alimentaria (ECI), factor de conversión alimentaria (FCR) y tasa de supervivencia, se recomienda agregar repeticiones con respecto a harinas de granos gastados de cerveza negra o clara, en conjunto con combinaciones de sustratos húmedos provenientes de desechos orgánicos diferentes a los aplicados en el presente proyecto.

Para los análisis bromatológicos en relación a humedad, cenizas, pH y acidez, se recomienda tomar como guía las combinaciones presentadas en las interacciones AB (Tabla 28), dado que los valores obtenidos, para estas variables son iguales a larvas comercializadas como fuentes alimentarias para humanos y animales.

Se recomienda utilizar sustratos húmedos iguales o diferentes a los usados en el presente estudio, aplicando trituración, para los ensayos de conversión, con el fin de comparar si se genera valores bromatológicos de relevancia como proteínas o grasas, mayores a los reportados en el presente estudio.

Para investigaciones a futuro se recomienda un análisis de los ácidos grasos presentes en las larvas, para identificar los ácidos grasos esenciales e identificar si existen valores relevantes.

Bibliografía

- Alexandri, M., López-Gómez, J. P., Olszewska-Widdrat, A., & Venus, J. (2020). Valorising agro-industrial wastes within the circular bioeconomy concept: The case of defatted rice bran with emphasis on bioconversion strategies. *Fermentation*, 6(2), 42.
- AOAC. (1984). Kjeldahl method. In *AOAC (Association of Official Agricultural Chemists)* (14th ed.). Washington D.C., USA.
- Arango Gutiérrez, G. P., Vergara Ruiz, R. A., & Mejía Vélez, H. (2004). Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illuscens* L (Diptera: stratiomyidae) en Angelópolis-Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2), 2491–2500.
- Arrijoa Díaz Viruell, L. A. (2015). Guatemala y nueva España: historia de una plaga compartida, 1798-1807. *Revista de Historia Moderna*, 33, 309.
<https://doi.org/10.14198/RHM2015.33.15>
- Asocerv. (2021). *Estadísticas*. <https://asocerv.beer/estadisticas>
- Azagoh, C., Ducept, F., Garcia, R., Rakotozafy, L., Cuvelier, M. E., Keller, S., Lewandowski, R., & Mezdoor, S. (2016). Extraction and physicochemical characterization of *Tenebrio molitor* proteins. *Food Research International*, 88, 24–31.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2016.06.010>
- Barberan, O. L. T., & Muñoz, W. A. G. (2022). Caracterización química de los residuos sólidos procedentes de la elaboración de tres tipos de cerveza artesanal (stout-negra, imperial-rubia, guayacán-roja). *La Técnica*, 27, 13–25.
- Bello, J. (2000). *Ciencia Bromatológica - Principios generales de los alimentos* (p. 596). Díaz de Santos.
- Bodenheimer, F. S. (1951). Insects as Human Food. *Insects as Human Food*, 7–38.
https://doi.org/10.1007/978-94-017-6159-8_1

- Booth, R. G., Cox, M. L., & Madge, R. B. (1990). IIE guides to insects of importance to man. 3. Coleoptera. In *IIE guides to insects of importance to man. 3. Coleoptera*. (pp. 61–85). CAB International.
- Campos M, G. R. (1990). Cría en laboratorio de Phloeotribus scarabaeoides (Bernard, 1788). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*.
- Castelli, H. P. (2016). Descripción y cría Palembus Ulomoides dermestoides. *Córdoba-Argentina*, 4–20. <https://xdoc.mx/preview/descripcion-y-cria-palembus-ulomoides-dermestoides-5daf6282933b3>
- Ceccotti, C., Bruno, D., Tettamanti, G., Branduardi, P., Bertacchi, S., Labra, M., Rimoldi, S., & Terova, G. (2022). New value from food and industrial wastes – Bioaccumulation of omega-3 fatty acids from an oleaginous microbial biomass paired with a brewery by-product using black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Waste Management*, 143, 95–104. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2022.02.029>
- Cervecería-Nacional. (2022). *Historia de Cervecería Nacional del Ecuador | Cervecería Nacional*. <https://www.cervecerianacional.ec/historia-cerveceria-nacional>
- Chua, T. H., & Chandrapal, R. (1978). The influence of restricted food supplies on the development of larvae and on the fecundity of *Palembus dermestoides* Fairn.(Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 14(2–3), 81–86.
- Cifuentes-Ruiz, P., & Zaragoza-Caballero, S. (2014). Biodiversity of Tenebrionidae (Insecta: Coleoptera) in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.), S325–S331. <https://doi.org/10.7550/RMB.31690>
- Crespo, R., Villaverde, M. L., Girotti, J. R., Güerci, A., Juárez, M. P., & De Bravo, M. G. (2011). Cytotoxic and genotoxic effects of defence secretion of *Ulomoides dermestoides* on A549 cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 136(1), 204–209. <https://doi.org/10.1016/J.JEP.2011.04.056>

- De Voe, R. S. (2009). Captive Invertebrate Nutrition. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 12(2), 349–360. <https://doi.org/10.1016/J.CVEX.2009.01.016>
- FAO. (2013). *Edible insects – Future prospects for food and feed security*. <https://www.fao.org/fsnforum/resources/reports-and-briefs/edible-insects-future-prospects-food-and-feed-security>
- FAO. (2022). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación*. www.fao.org/catalog/
- Fleta Zaragoza, J. (2018). Entomofagia: ¿una alternativa a nuestra dieta tradicional? *Sanidad Militar*, 74(1), 41–46. <https://doi.org/10.4321/S1887-85712018000100008>
- Flores, D. R., Casados, L. E., Velasco, S. F., Ramírez, A. C., & Velázquez, G. (2020). Comparative study of composition, antioxidant and antimicrobial activity of two adult edible insects from Tenebrionidae family. *BMC Chemistry*, 14(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/S13065-020-00707-0/TABLES/3>
- Fowles, T. M., & Nansen, C. (2019). Insect-based bioconversion: Value from food waste. *Food Waste Management: Solving the Wicked Problem*, 321–346. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20561-4_12/FIGURES/3
- Fruto, M. E. P. (2016). Pensar la ciudad desde los márgenes: “vagos, ociosos y mal-entretidos” en la provincia de Cartagena a inicios del siglo XX1. *Comité Académico*, 60.
- Harsányi, E., Juhász, C., Kovács, E., Huzsvai, L., Pintér, R., Fekete, G., Varga, Z. I., Aleksza, L., & Gyuricza, C. (2020). Evaluation of Organic Wastes as Substrates for Rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* Larvae as Alternative Feed Supplements. *Insects 2020*, Vol. 11, Page 604, 11(9), 604. <https://doi.org/10.3390/INSECTS11090604>
- Heirich, K. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (18th ed.).

Hernández Carnalla, L., Olvera Torres, F., Genaro Luna Fernández, V., & Sánchez de la Luz, C. (2020). Diseño y determinación del valor nutritivo de una formulación de un alimento enriquecido con *sphenarium purpurascens* Design. *EDUCATECONCIENCIA*, 25(26), 57–69.

Herrera, M. E., Dagatti, C. V., & Becerra, V. C. (2016). Método práctico de cría masiva de *Lobesia botrana* Den. & Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae) en condiciones de laboratorio. *Revista de La Sociedad Entomológica Argentina*, 75, 160–164.
<http://www.scielo.org.ar/pdf/rsea/v75n3-4/v75n3-4a08.pdf>

Hoffmann, L. G., Texeira, J. S. G., & Corseuil, E. (2005). Imobilização de larvas de Ulomoides dermestoides (Coleoptera, Tenebrionidae) sob baixa temperatura. *Biociencias*, 13(2), 119–121.

INABIO - Google Maps. (2021).

<https://www.google.com/maps/place/Herbario+Nacional+de+Ecuador/@-0.1624444,-78.4804444,19z/data=!4m13!1m7!3m6!1s0x0:0x1fc3c19a06345ad7!2zMMKwMDknNDQuOCJTIDc4wrAyOCc0OS42llc!3b1!8m2!3d-0.1624421!4d-78.4804462!3m4!1s0x91d59b16f3ea7149:0xcbd52a31f32cfd65!8m2>

INEN. (2016a). Carne y Menudencias Comestibles de Animales de Abasto. Norma Técnica Ecuatoriana.

INEN. (2016b). *Harina de subproductos de pescado para consumo animal*. . Norma Técnica Ecuatoriana.

INEN. (2016c). *Mantecas comestibles. Requisitos*. Norma Técnica Ecuatoriana.

INEN. (2016d). *NTE INEN 470 harina de subproductos de pescado para consumo animal*. Quito-Ecuador.

- INEN, N. T. E. (2012). Carne y productos cárnicos. Productos cárnicos crudos, productos cárnicos curados-madurados y productos cárnicos precocidos-cocidos. *Norma Técnica Ecuatoriana*.
- Islam, M. M., & Yang, C. J. (2017). Efficacy of mealworm and super mealworm larvae probiotics as an alternative to antibiotics challenged orally with Salmonella and E. coli infection in broiler chicks. *Poultry Science*, 96(1), 27–34. <https://doi.org/10.3382/PS/PEW220>
- Izquierdo, P., García, A., Allara, M., Rojas, E., Torres, G., & González, P. (2007). *Análisis Proximal, Microbiológico y Evaluación sensorial de salchichas elaboradas a base de Cachama Negra (Colossoma macropomum)*. Revista Científica. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-22592007000300013&script=sci_arttext
- Jantz, M. N., & Ruggerio, C. A. (2021). Tratamiento de los residuos sólidos orgánicos domésticos como estrategia para la mitigación del impacto ambiental negativo de la gestión de residuos en áreas urbanas. *Ambiente En Diálogo*, 2, e026–e026. <http://ojs.opds.gba.gov.ar/index.php/aed/article/view/30>
- Jucker, C., Lupi, D., Moore, C. D., Leonardi, M. G., & Savoldelli, S. (2020). Nutrient Recapture from Insect Farm Waste: Bioconversion with *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Sustainability*, 12(1), 362. <https://doi.org/10.3390/SU12010362>
- Jurado, M. A. (2018). Fraccionamiento del bagazo cervecero bajo el concepto de biorrefinería. *Pontificia Universidad Católica Del Ecuador*, 74. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14162>
- Kim, T. K., Yong, H. I., Kim, Y. B., Kim, H. W., & Choi, Y. S. (2019). Edible Insects as a Protein Source: A Review of Public Perception, Processing Technology, and Research Trends. *Food Science of Animal Resources*, 39(4), 521. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2019.E53>

- María, A., Molina, G., Patricia, G., Gutiérrez, A., Gómez Fernández, T., & Original, A. (2008). Cría de *Ulomoides dermestoides*, coleoptera: tenebrionidae, en tres tipos de sustrato. *Revista Lasallista de Investigación*, 6(2).
- Marinoni, R. C., & Ribeiro-Costa, C. S. (2001). Influence of temperature and diet on the development of *Ulomoides dermestoides* (Fairmaire, 1893)(Coleoptera, Tenebrionidae, Diaperinae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 44, 129–134.
- Martins, C. B. C., Zarbin, P. H. G., & Almeida, L. M. (2010). Evidence for sex-specific pheromones in *Ulomoides dermestoides* (Coleoptera, Tenebrionidae). *Florida Entomologist*, 93(4), 639–641.
- Melissa, K., García, A., Orlando, A., & Cercado, F. (2018). Evaluación de la actividad antimicrobiana y antioxidante de los extractos obtenidos del escarabajo chino (*Ulomoides dermestoides*). *Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas*.
- Mendoza-Meza, D. L., & España-Puccini, P. (2016). Cytotoxic and genotoxic activity of phenolic fractions from *Ulomoides dermestoides* Fairmaire, 1893 (Coleoptera, Tenebrionidae), in HaCat cells. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 19(2), 83–91. <https://doi.org/10.1016/J.RECQB.2016.06.001>
- Milian, R. M. M., & Rivas-Flores, A. W. (2020). Prototipo agroindustrial de harina de *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) para consumo humano. *Revista Agrociencia*, 3(16), 81–90.
- Morote, K. J. D., & Bardales, J. V. (2004). Estudio de escarabajo amazonico *zophobas opacus* (Coleoptera: Tenebrionidae) para incluirlo como alimento vivo en sistemas de crianza de fauna silvestre en cautiverio, peces ornamentales y de consume. *Manejo de Fauna Silvestre En Amazonia y Latinoamérica*, 695–702.

- Nowak, V., Persijn, D., Rittenschober, D., & Charrondiere, U. R. (2016). Review of food composition data for edible insects. *Food Chemistry*, 193, 39–46.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.10.114>
- Nowakowski, A. C., Miller, A. C., Miller, M. E., Xiao, H., & Wu, X. (2021). Potential health benefits of edible insects. *Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(13), 3499–3508.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1867053>
- Ocaña Sánchez, M. C. (2013). Propuesta de reuso de desechos orgánicos obtenidos del proceso de eviserado del Centro de Faenamiento Ocaña Cía. Ltda. de la ciudad de Quero para disminuir la contaminación del suelo. *Universidad Técnica de Ambato*.
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/24942>
- Offenberg, J. (2011). Oecophylla smaragdina food conversion efficiency: prospects for ant farming. *Journal of Applied Entomology*, 135(8), 575–581.
<https://doi.org/10.1111/J.1439-0418.2010.01588.X>
- Onore, G. (2010). A brief note on edible insects in Ecuador. *Ecology of Food and Nutrition*, 36(2–4), 277–285. <https://doi.org/10.1080/03670244.1997.9991520>
- Oonincx, D. G. A. B., & de Boer, I. J. M. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans - a life cycle assessment. *PloS One*, 7(12).
<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0051145>
- Oonincx, D. G. A. B., van Broekhoven, S., van Huis, A., & van Loon, J. J. A. (2019). Correction: Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By-Products. *PloS One*, 14(10), e0222043.
<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0222043>
- Palop Gómez, A., Rodríguez Lázaro, D., Santos Buelga, J. Á., Conchello Moreno, M. P., Daschner, Á., González Fandos, E., & Cámara Hurtado, M. (2018). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición

- (AECOSAN) en relación a los riesgos microbiológicos y alergénicos asociados al consumo de insectos. *Revista Del Comité Científico de La AECOSAN.*, 27, 11–40.
- Pérez, R. (2020). La Industria Harinera en el Ecuador y el posible uso de la harina a base del bagazo de cerveza como producto sustituto. *CONNECTIVIDAD*, 1(2), 8–17.
<https://doi.org/10.37431/CONNECTIVIDAD.V2I1.15>
- Pérez, R. (2021). Industria cervecera artesanal en Quito y la transformación de bagazo de la cerveza en harina. *CONNECTIVIDAD*, 2(1), 48–61.
- Pérez, R., Garza, J., & Argüelles-Cárdenas, J. (2009). Método de cría en laboratorio del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Coleoptera: Curculionidae). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(1), 16–23.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol10_num1_art:124
- Pinotti, L., & Ottoboni, M. (2021). Substrate as insect feed for bio-mass production. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 585–596. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0110>
- Ramos-Elorduy, J. (2009). Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 39(5), 271–288. <https://doi.org/10.1111/J.1748-5967.2009.00238.X>
- Ramos-Elorduy, J., & Pino M., J. M. (2001). Contenido de vitaminas de algunos insectos comestibles de México. *Revista de La Sociedad Química de México*, 45(2), 66–76.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932001000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Ravi, H. K., Degrou, A., Costil, J., Trespeuch, C., Chemat, F., & Vian, M. A. (2020). Larvae Mediated Valorization of Industrial, Agriculture and Food Wastes: Biorefinery Concept through Bioconversion, Processes, Procedures, and Products. *Processes*, 8(7), 857.
<https://doi.org/10.3390/PR8070857>

- Rosero, J. P., Guzman, E. F., & Lopez, F. J. (2012). Evaluación del comportamiento productivo de las líneas de pollos de engorde COBB 500 y ROSS 308. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 8–15.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612012000100002&lng=en&nrm=iso&tIng=es
- Saltos López, J. Á. (2016). Análisis gastronómico del seco de chivo en la ciudad de Guayaquil-Provincia del Guayas. *Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas*.
- Sandroni, P. (2001). Aphrodisiacs past and present: a historical review. *Clinical Autonomic Research*, 11(5), 303–307.
- Sanunga, P., & Brillid, O. (2020). Propuesta de uso integral de la remolacha (Beta vulgaris var. conditiva) para el desarrollo de productos pasteleros. *Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49601>
- Siwara CRAFT BEER | Facebook. (2019). <https://www.facebook.com/viejoLex>
- Solís Filimonova, M. N. (2011). Estudio de factibilidad para el aprovechamiento semi-industrial de desechos orgánicos en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) en la producción porcina. *Universidad San Francisco de Quito*.
<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4165>
- Tabassum-Abbasi, Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2016). Reducing the global environmental impact of livestock production: the minilivestock option. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1754–1766. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.02.094>
- Toapanta, E. G., Abarca, S. V., García, M. J., & Sánchez, E. C. (2019). Diseño de un proceso para la obtención de pectina en medio ácido a partir de la cáscara de papa (Solanum tuberosum). *Ciencia Digital*, 3(2.6), 115–126.
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.6.522>

- Trujillo Jiménez, P., & Toledo Beto, H. (2007). Alimentación de los peces dulceacuícolas tropicales *Heterandria bimaculata* y *Poecilia sphenops* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Revista de Biología Tropical*, 55(2), 603–615.
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442007000200021&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- van Broekhoven, S., Oonincx, D. G. A. B., van Huis, A., & van Loon, J. J. A. (2015). Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology*, 73, 1–10. <https://doi.org/10.1016/J.JINSPHYS.2014.12.005>
- van Huis, A. (2015). Edible insects contributing to food security? *Agriculture & Food Security*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/S40066-015-0041-5>
- van Huis, A., & Oonincx, D. G. A. B. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(5), 1–14.
<https://doi.org/10.1007/S13593-017-0452-8/FIGURES/3>
- Varelas, V. (2019). Food Wastes as a Potential New Source for Edible Insect Mass Production for Food and Feed: A review. *Fermentation 2019, Vol. 5, Page 81*, 5(3), 81.
<https://doi.org/10.3390/FERMENTATION5030081>
- Viesca Gonzales, F. C., Barrera Garcia, V. D., & Juárez Ortega, A. J. A. (2012). La Recolección, Venta y Consumo de Insectos en Toluca, México y Sus Alrededores. *Rosa Dos Ventos*, 4(2), 208–221. <http://ucs.br/revistarosadosventos>
- Wilkinson, J. M. (2011). Re-defining efficiency of feed use by livestock. *Animal*, 5(7), 1014–1022. <https://doi.org/10.1017/S175173111100005X>
- Yoshida, T. (1974). Rate of oviposition and effect of crowding on egg cannibalism and pre-adult mortality in *Martianus dermestoides* Chevrolat (Coleoptera, Tenebrionidae). *Okayama University Scientific Achievement Repository*, 44(1), 9–14.