

Contexto educativo en la aplicación de proteína de cerdo como fuente nutricional para alimento canino

Young Adult Literature and Diversity: Creating Inclusive Spaces in the Classroom

Ligia Elizabeth Paredes Peñafiel

Investigador Facultad de Ciencias Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
<https://orcid.org/0009-0002-0974-720X>
ligia.paredes@esPOCH.edu.ec

Gerardo León Chimbolema

Investigador Facultad de Ciencias Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
<https://orcid.org/0000-0001-9202-8542>
gerardo.leon@esPOCH.edu.ec
Investigador Facultad de Ciencias ESPOCH

Yolanda Verónica Buenaño Suárez

Investigador Facultad de Ciencias Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
<https://orcid.org/0000-0001-9226-3200>
yolanda.buenano@esPOCH.edu.ec

Hanníbal Lorenzo Brito Moína

Investigador Grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH (GIADe)
<https://orcid.org/0009-0004-7024-9167>
hbrito@esPOCH.edu.ec

Resumen

El contexto educativo de este estudio se sitúa en la intersección entre la ciencia de los alimentos, la sostenibilidad ambiental y la educación en el manejo responsable de recursos. En un mundo donde la producción y el desperdicio de alimentos son temas críticos, este proyecto educativo no solo aborda la necesidad de



Imaginario Social
Entidad editora
REDICME (reg-red-18-0061)

e-ISSN: 2737-6362
enero-junio 2025 Vol. 8-1-2025
<http://revista-imaginariosocial.com/index.php/es/index>

Recepción: 19 de diciembre de 2024
Aceptación: 17 de enero de 2025

348-370

Atribución/Reconocimiento-NoComercial- CompartirIgual 4.0 Licencia Pública Internacional — CC

BY-NC-SA 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.es>

desarrollar alternativas nutritivas para la alimentación de mascotas, sino que también promueve la conciencia sobre la reducción del desperdicio alimentario, por lo que, esta investigación se basa en un enfoque práctico que permite a los estudiantes y profesionales del sector alimentario aprender sobre la formulación de alimentos utilizando residuos, específicamente como base en la proteína de cerdo, lo que fomenta el pensamiento crítico y la innovación en la búsqueda de soluciones sostenibles. Al caracterizar los residuos generados en 18 establecimientos locales con una generación de 31,672 Kg/día, los participantes del estudio adquieren habilidades en análisis físico, químico y microbiológico, esenciales para garantizar la calidad y seguridad de los productos alimenticios. Este tipo de aprendizaje práctico es fundamental en la educación moderna, ya que conecta la teoría con la práctica y prepara a los estudiantes para enfrentar desafíos reales en sus futuras carreras. Además, al fomentar un enfoque integral hacia el bienestar animal y la sostenibilidad, el estudio contribuye a formar ciudadanos responsables y conscientes del impacto de sus decisiones en el ambiente y en la sociedad. Así, se espera que este proyecto no solo beneficie a las mascotas a través de una alimentación adecuada, sino que también inspire un cambio positivo en las prácticas alimentarias dentro de la comunidad.

Palabras clave: Croquetas, Impacto ambiental positivo, Residuos de Cerdo.

Abstract

The educational context of this study is located at the intersection between food science, environmental sustainability and education in responsible resource management, in a world where food production and waste are critical issues, this educational project not only addresses the need to develop nutritious alternatives for pet food, but also promotes awareness about reducing food waste, hence, This research is based on a practical approach that allows students and professionals in the food sector to learn about food formulation using waste, specifically based on pork protein, which encourages critical thinking and innovation in the search for sustainable solutions. By characterizing the waste generated in 18 local establishments with a generation of 31,672 Kg/day, study participants acquire skills in physical, chemical and microbiological analysis, essential to guarantee the quality and safety of food products. this type of practical learning is fundamental in modern education, as it connects theory with practice and prepares students to face real challenges in their

future careers. Furthermore, by promoting a comprehensive approach to animal welfare and sustainability, the study contributes to forming responsible citizens aware of the impact of their decisions on the environment and society. Thus, it is hoped that this project will not only benefit pets through proper nutrition, but also inspire a positive change in feeding practices within the community.

Keywords: Croquettes, Positive Environmental Impact, Pork Waste.

Introducción

El contexto educativo de la investigación sobre la transmisión aérea de genes de resistencia a los antibióticos (ARGs) (Yu, Lang , Liao, & Ye, 2021), y la descomposición de residuos en vertederos es fundamental para la formación de estudiantes en diversas disciplinas, incluyendo biología, microbiología, ciencias ambientales y salud pública. Este tema aborda cuestiones críticas que tienen implicaciones directas en la salud humana y ambiental, lo que lo convierte en un área de estudio relevante y urgente. La resistencia a los antibióticos es un problema global que afecta a la salud pública, y comprender cómo los ARGs se transmiten a través de bioaerosoles en vertederos es esencial para desarrollar estrategias efectivas de minimización. La educación en este ámbito permite a los estudiantes explorar las interacciones complejas entre los desechos orgánicos, el microbiota ambiental y la salud pública. Además, el estudio de patógenos específicos como Bacilli y Mycobacterium proporciona una oportunidad para que los estudiantes se familiaricen con técnicas microbiológicas y metodologías de investigación, además, se fomenta un enfoque interdisciplinario, integrando conocimientos de microbiología, ecología y toxicología. Los estudiantes pueden aprender sobre el ciclo de vida de los microorganismos, su papel en la descomposición de residuos y su potencial impacto en la salud humana. Este enfoque holístico es crucial para formar profesionales que puedan abordar problemas ambientales desde múltiples perspectivas. Además, el análisis del impacto ambiental de la descomposición de residuos refuerza la importancia de prácticas sostenibles en la gestión de desechos. La educación sobre cómo las prácticas inadecuadas pueden contribuir a problemas como la resistencia a los antibióticos prepara a los estudiantes para ser defensores del cambio en sus comunidades. Fomentar una conciencia crítica sobre el manejo adecuado de residuos puede inspirar acciones concretas hacia una

gestión más responsable y sostenible, según Mosna et al. (2021) sobre la valorización de residuos de alimentos envasados para la producción de alimentos para mascotas es fundamental para la formación de estudiantes en áreas como ciencias ambientales, nutrición, ingeniería de alimentos y sostenibilidad. Este análisis no solo aborda cuestiones técnicas relacionadas con la producción alimentaria, sino que también integra conceptos clave sobre sostenibilidad y responsabilidad social.

La valorización de residuos es un tema crítico en la educación contemporánea, ya que fomenta una mentalidad de economía circular. Los estudiantes tienen la oportunidad de aprender cómo los residuos pueden ser transformados en recursos valiosos, lo que contribuye a reducir el desperdicio y a maximizar el uso eficiente de los recursos. Este enfoque práctico permite a los estudiantes comprender las implicaciones ambientales y económicas de sus decisiones en el ámbito alimentario, es decir, el uso del método de evaluación de impacto ReCiPe 2016 en este estudio ofrece a los estudiantes una herramienta analítica para medir y comparar el impacto ambiental de diferentes procesos productivos. Aprender a aplicar metodologías como esta es esencial para futuros profesionales que deseen trabajar en sostenibilidad y gestión ambiental. Los resultados obtenidos, que indican reducciones significativas en el potencial de calentamiento global (GWP), consumo de agua, uso de tierra y recursos fósiles, son ejemplos concretos que ilustran cómo las decisiones informadas pueden tener un impacto positivo en el medio ambiente.

El hecho de que los productos obtenidos cumplan con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2, 12 y 13 resalta la relevancia social y global del estudio. Educar a los estudiantes sobre cómo sus acciones pueden contribuir a estos objetivos les permite desarrollar una conciencia crítica sobre su papel en la promoción de un desarrollo sostenible. Esto no solo es relevante para aquellos que se dedican a la ciencia y la tecnología, sino también para cualquier profesional que desee tener un impacto positivo en su comunidad.

Además, este contexto educativo puede inspirar a los estudiantes a participar en proyectos prácticos relacionados con la valorización de residuos. Por ejemplo, podrían

involucrarse en iniciativas locales que busquen implementar prácticas similares en sus comunidades o en empresas. Al aplicar sus conocimientos teóricos en situaciones reales, desarrollan habilidades prácticas y una comprensión más profunda del impacto social y ambiental de sus decisiones, fomentando el pensamiento crítico al invitar a los estudiantes a considerar no solo la viabilidad técnica de un proceso, sino también sus implicaciones éticas y sociales. La discusión sobre cómo transformar residuos procedentes de establecimientos de alimentos y bebidas en productos útiles como alimento balanceado para perros en base a la proteína de cerdo puede llevar a debates sobre responsabilidad empresarial, consumo consciente y las expectativas del consumidor moderno.

La creciente demanda de alimentos para mascotas que contengan los nutrientes adecuados, de acuerdo a (Larissa, Mothé, & Mothé, 2020), la preocupación de las personas por la salud de sus animales ha crecido como la preocupación por su propia salud. El fenómeno conocido como humanización de los animales ha contribuido a la aparición de esta conciencia sobre el cuidado que los dueños de animales deben tener en relación con la alimentación (Aye & Widjaya, 2006), creando así un nuevo mercado de alimentación, de alimentos naturales y saludables. Con unos ingresos de 91.000 millones de dólares en 2018, el mercado de alimentos para mascotas se considera un mercado valioso con grandes perspectivas de crecimiento en los próximos años. La nutrición es uno de los parámetros más importantes para el mantenimiento de la salud animal. Prestando mucha atención a esta nueva tendencia, la industria de mascotas viene lanzando y apostando en nuevos productos que trabajan para la mejora de la calidad de vida de los animales domésticos (Ribeiro & et al., 2022).

El estudio sobre los ingredientes en alimentos para mascotas y su regulación, descrito por (Thompson, 2008) y complementado con el análisis de ciclo de vida de (Ascher & et al., 2020), ofrece un marco educativo interdisciplinario relevante para disciplinas como nutrición animal, ciencia de los alimentos, salud pública, sostenibilidad ambiental y ética empresarial. Este tema no solo aborda aspectos técnicos de la formulación de alimentos, sino que también integra conceptos clave para la formación de profesionales críticos y socialmente responsables.

La comprensión de los ingredientes y su impacto en la salud de las mascotas es fundamental en programas de veterinaria, zootecnia y nutrición animal. Los estudiantes aprenden a evaluar la calidad nutricional, la digestibilidad y la palatabilidad de los alimentos, habilidades esenciales para formular dietas equilibradas y personalizadas. El ejemplo del alimento para perros con 42 ingredientes ilustra la complejidad de combinar nutrientes esenciales (proteínas, grasas, vitaminas) para garantizar el bienestar animal, un principio básico en la educación veterinaria.

El papel de la FDA y las autoridades estatales en la regulación de alimentos para mascotas introduce a los estudiantes en el ámbito de derecho alimentario y políticas públicas. Carreras como seguridad alimentaria o gestión regulatoria requieren que los futuros profesionales comprendan cómo se definen y actualizan los estándares de ingredientes, así como los mecanismos para garantizar la transparencia y seguridad en la cadena de suministro. Esto fomenta una conciencia crítica sobre la importancia de las normativas en la protección de la salud pública y animal.

La selección de ingredientes basada en factores como disponibilidad, coste y funcionalidad es un tema central en ingeniería de alimentos y tecnología alimentaria. Los estudiantes analizan casos prácticos para tomar decisiones técnicas que equilibren calidad, sostenibilidad y rentabilidad. Por ejemplo, elegir entre harina de pescado o proteínas vegetales implica evaluar impactos nutricionales, ambientales y económicos, aplicando metodologías como el análisis de ciclo de vida (LCA).

El enfoque en el ciclo de vida del producto (Ascher & et al., 2020) conecta con la educación en ciencias ambientales y economía circular. Los estudiantes exploran cómo la producción de alimentos para mascotas afecta el uso de recursos (agua, tierra, energía) y emisiones de carbono. Esto los prepara para diseñar soluciones innovadoras que reduzcan la huella ecológica, como el uso de subproductos cárnicos o ingredientes de origen sostenible, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 12 y 13).

La necesidad de actualizar constantemente las definiciones de ingredientes (Thompson, 2008) refleja la dinámica del sector alimentario. En programas de ética empresarial o gestión de calidad, los estudiantes debaten dilemas como el uso de aditivos controvertidos o la transparencia en el etiquetado. Esto desarrolla habilidades para navegar en un mercado en evolución, donde las expectativas de los consumidores

(como la demanda de alimentos "naturales") exigen respuestas éticas y científicamente fundamentadas. Estas actividades no solo refuerzan el aprendizaje teórico, sino que también promueven competencias transversales como trabajo en equipo, innovación y comunicación científica. El análisis de los ingredientes en alimentos para mascotas, su regulación y su impacto ambiental constituye un eje educativo clave para formar profesionales capaces de abordar desafíos globales, desde la seguridad alimentaria hasta la sostenibilidad. Este tema no solo enriquece el currículo académico, sino que también inspira a los estudiantes a ser agentes de cambio en la promoción de prácticas responsables en la industria alimentaria.

Metodología

La elaboración de croquetas para perros utilizando residuos generados en establecimientos de alimentos y bebidas representa una innovadora intersección entre la sostenibilidad, la nutrición animal y la gestión de residuos. Este enfoque educativo ofrece múltiples oportunidades para que los estudiantes adquieran conocimientos y habilidades en diversas disciplinas, incluyendo ciencias ambientales, tecnología de alimentos, nutrición y emprendimiento social, es por ello, que el uso de residuos alimentarios en la producción de alimentos para mascotas se alinea con los principios de la economía circular, que promueven la reducción del desperdicio y el aprovechamiento eficiente de los recursos. Este contexto educativo permite a los estudiantes explorar cómo las prácticas sostenibles pueden ser implementadas en la industria alimentaria. A través de proyectos prácticos, los estudiantes pueden aprender sobre la clasificación y el tratamiento de residuos, así como sobre las tecnologías que permiten su transformación en productos útiles. Esto fomenta una conciencia crítica sobre el impacto ambiental del desperdicio y las estrategias para minimizarlo.

La formulación de croquetas nutritivas a partir de residuos implica un profundo entendimiento de la nutrición animal. Los estudiantes pueden estudiar cómo seleccionar ingredientes que cumplan con los requerimientos nutricionales esenciales para perros, como proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales. Este conocimiento es fundamental en programas académicos relacionados con veterinaria, zootecnia o nutrición animal. Además, al involucrarse en el proceso de formulación y

evaluación del producto final, los estudiantes desarrollan habilidades prácticas en análisis químico y microbiológico, asegurando que el alimento sea seguro y saludable. El desarrollo de un producto innovador como las croquetas para perros a partir de residuos también abre un espacio para el aprendizaje sobre emprendimiento social. Los estudiantes pueden explorar cómo este tipo de iniciativas no solo contribuyen a resolver problemas ambientales, sino que también pueden ser rentables. Se les puede enseñar a elaborar planes de negocio que incluyan análisis de mercado, estrategias de marketing y modelos financieros sostenibles. Esto prepara para convertirse en emprendedores responsables que buscan generar un impacto positivo en sus comunidades.

La producción de alimentos para mascotas a partir de residuos también plantea importantes cuestiones éticas relacionadas con el bienestar animal y la responsabilidad social. Los estudiantes pueden participar en debates sobre la calidad del alimento producido, la percepción pública sobre el uso de residuos y las implicaciones para la salud animal. Este tipo de discusión fomenta un pensamiento crítico sobre las decisiones empresariales y su impacto en la sociedad, por lo que, se procedió al levantamiento de información en 2 ciclos de 8 días cada uno en 18 establecimientos de la ciudad de Riobamba que fueron priorizados para la recolección de aquellos residuos que contienen proteína y otros subproductos cárnicos de alimentos, con una generación de 31,672 Kg/d; de los cuales el 23,606 % corresponden a proteína, el 72,027 % a carbohidratos y 4,367 % a otros; donde se determinó que el 5.607% corresponde a proteína de cerdo (Adecuado para la elaboración de las croquetas, considerando su calidad y seguridad alimentaria) que va a ser el ingrediente base para la elaboración del alimento para perros (Se desarrolló diferentes formulaciones que incorporaban los residuos de carne de cerdo como ingrediente principal hasta identificar la receta óptima para la elaboración del alimento animal), para lo cual, los residuos cárnicos deben ser sometidos a un tratamiento térmico (cocinar a temperaturas superiores a 70 °C durante al menos 30 minutos) para eliminar patógenos y asegurar la seguridad alimentaria. Una vez tratados, los residuos son molidos hasta obtener una consistencia adecuada para la mezcla, lo que facilita su integración en la masa de las croquetas, añadiendo del 20-30% del contenido total sea proteína animal derivada de los residuos, luego se somete a un proceso de extrusión,

donde se calienta y se presiona a través de un molde para formar las croquetas a una temperatura de 160 a 180 °C, lo que ayuda a desnaturalizar las proteínas y mejora la digestibilidad del producto, a continuación las croquetas extruidas se secan (secador de bandejas) para reducir su contenido de humedad de acuerdo a la norma que debe ser menor al 12 %, lo que previene el crecimiento microbiano y prolonga su vida útil. Al producto se realizan las pruebas microbiológicas y nutricionales para asegurar que cumplan con los estándares requeridos por las normativas alimentarias, finalmente se enfunda en bolsas herméticas que mantengan su frescura y calidad, asegurando que cada paquete incluya información sobre ingredientes, valores nutricionales y fecha de caducidad.

Las técnicas que fueron utilizadas en la evaluación físico química y microbiológica en las pruebas de pH, humedad, grasas, fibra, ceniza, hongos y coliformes a las croquetas para perros elaboradas a base de residuos de carne de chanco ayudaron a determinar si se cumple con los estándares de calidad, para lo cual, se procedió para el pH normalizando el equipo a 25 °C sumergiendo los electrodos en solución tampón pH 7,0 y ajustando el control a esta temperatura también con el control de asimetría se ajusta el instrumento al valor de pH correcto de la solución tampón, luego el control correspondiente se retorna al equipo a su posición de reposo, se lavan los electrodos con agua destilada y se secan con papel suave absorbente, luego se pesa 5 g de croquetas trituradas, se disolvieron en 25 mL de agua destilada y se procede a sumergir los electrodos en la solución que debe estar a 25 °C, se acciona el control de lectura y se lee el pH. En cuanto a la prueba de humedad inicialmente se pesan las cajas vacías, limpias. Se procede a pesar las cajas vacías con 3 g de la muestra de croquetas trituradas. Además, se colocan las cajas con la muestra de croquetas en un horno a 150 °C 24 horas y se retiran de horno y luego pesar con la muestra seca. Para la prueba de Fibra Primero, con un marcador, numerar todas las bolsas de filtro que se usarán durante el análisis de fibra. Segundo, pesar y registrar el peso de cada bolsa de filtro vacía. Tercero, ajustar el selector del sellado térmico entre 4 y 5. Después, selle al menos una bolsa de filtro vacía dentro de los 4 mm. Además, coloque una bolsa de filtro vacía en la porta bolsas en posición abierta y tare el peso de la bolsa del filtro vacía y el soporte juntos. A continuación, añadir 0,5g de muestra a la bolsa de filtro y registrar el peso de la muestra y tara. Posteriormente, selle la bolsa del filtro a 4 mm

de su extremo abierto. Luego, extienda la muestra uniformemente dentro de la bolsa del filtro agitando y sacudiendo la bolsa para eliminar los grumos. Seguidamente, siga estos pasos previos a la extracción para la muestra especificada. Cuando aparezca el mensaje "Extracción completa" en la pantalla, la operación del analizador habrá finalizado. Abra la tapa del recipiente, saque las bolsas y colóquelas en un recipiente de tamaño adecuado. A continuación, con las manos, presione suavemente para eliminar el exceso de agua de las bolsas y viértalo en el recipiente. Luego, vierta el agua del recipiente. Adicionalmente, con las bolsas en el recipiente, añada suficiente acetona para cubrirlas. Deje que las bolsas se empapen en acetona durante 3 a 5 minutos. Luego, vierta la acetona. Por último, saque las bolsas del recipiente y colóquelas en una rejilla metálica para que se sequen al aire. Saca una bolsa filtrante de la bolsa desecante, presiónela para eliminar el aire ambiente y ciérrela bien con el cierre hermético. Luego, pese nuevamente la bolsa filtrante de inmediato y calcule el ADF utilizando la fórmula. En la prueba de Cenizas. Primero, pesar aproximadamente 3 g de croquetas trituradas en un crisol que ha sido previamente lavado, secado en un horno por 1 hora a 150 °C y pesado. A continuación, colocar el crisol con la muestra en la mufla e incinerar a 500 °C durante 2 horas. Después de la incineración, enfriar el crisol y las cenizas en un desecador hasta tener peso constante. Finalmente, pesar el crisol con las cenizas y calcular la cantidad de cenizas. Para la prueba de Hongos, Levaduras y moho antes de comenzar, poner en la autoclave las cajas Petri, tubos de ensayo y las puntas de la pipeta. Luego, pesar 10g de la muestra de las croquetas. Después, pesar 1,77 g de agua peptonada y 2,22 g de Agar O.G.Y.E. A continuación, diluir los gramos de agua peptonada en 90 ml de agua destilada y colocar en el erlenmeyer de 250 mL. Diluir los gramos de Agar O.G.Y.E en 50 ml de agua destilada y colocar en el erlenmeyer de 100 mL. Para preparar el blanco, colocar 1 uL de la solución de agua peptonada en una caja Petri que previamente se le colocó $\frac{3}{4}$ partes de la solución con Agar O.G.Y.E. Seguidamente, colocar en la solución de agua peptonada los 10g de muestra obteniendo una dilución 10-1, agitar y dejar en reposo 10 min. Luego, en los tubos de ensayo colocar 9 ml de agua peptonada. Posteriormente, transferir 1ml de la dilución 10-1 a un tubo de ensayo con agua peptonada obteniendo una dilución 10-2. A continuación, transferir 1ml del tubo de ensayo con dilución 10-2 a otro tubo de ensayo con agua peptonada obteniendo una

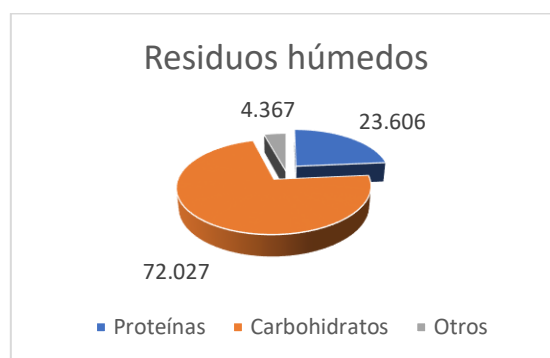
dilución 10-3. Después, transferir 1ml del tubo de ensayo con dilución 10-3 a otro tubo de ensayo con agua peptonada obteniendo una dilución 10-4. Seguidamente, verter en las 4 cajas Petri la disolución de Agar O.G.Y.E aproximadamente $\frac{3}{4}$ de disolución por cada caja. Posteriormente, inocular 1uL de cada dilución en las cajas de Petri debidamente. Finalmente, cerrar herméticamente las cajas Petri y llevarlas a la incubadora. Revisar después de 3 días. Para la prueba de coliformes se inicia colocando las cajas de Petri, tubos de ensayo y puntas de pipeta en la autoclave. Luego, pesa 10g de la muestra de croquetas. Después, pesa 1.77g de agua peptonada y 2.22g de Agar E.M.B. Después de eso, diluye los gramos de agua peptonada en 90 mL de agua destilada y colócalos en el matraz Erlenmeyer de 250 ml. Diluye los gramos de Agar E.M.B. en 50 ml de agua destilada y colócalos en el matraz Erlenmeyer de 100 ml. Para el blanco, coloca 1 uL de la solución de agua peptonada en una caja Petri que previamente había tenido $\frac{3}{4}$ de la solución con Agar E.M.B. Después de eso, coloca los 10g de muestra en la solución de agua peptonada para obtener una dilución 10-1, agita y deja reposar durante 10 minutos. En los tubos de ensayo, coloca 9 ml de agua peptonada. Transfiere 1ml de la dilución 10-1 a un tubo de ensayo con agua peptonada para obtener una dilución 10-2. Transfiere 1ml del tubo de ensayo con la dilución 10-2 a otro tubo de ensayo con agua peptonada para obtener una dilución 10-3. Transfiere 1ml del tubo de ensayo con la dilución 10-3 a otro tubo de ensayo con agua peptonada para obtener una dilución 10-4. Vierte aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la solución de Agar E.M.B. en cada una de las 4 cajas de Petri. Inocula 1uL de cada dilución en las cajas de Petri adecuadamente. Sella herméticamente las cajas de Petri y colócalas en la incubadora y finalmente revísalas después de 3 días.

Para la prueba de grasas primero, colocar la muestra sólida en un cartucho con una funda de papel filtro. Después, colocar el cartucho en un recipiente (vaso de peso conocido) ajustado en el equipo semi hermético. A continuación, posicionar el recipiente en un soporte debajo de un condensador. Luego, someter el sistema a calentamiento, utilizando hexano como disolvente a una temperatura constante de 180 grados Celsius. Con el calentamiento, el hexano se evapora y condensa sobre el recipiente que contiene la muestra, permitiendo que los lípidos sean extraídos al atravesar el papel filtro por gravedad. Seguidamente, repetir el proceso de

evaporación, condensación y extracción de lípidos varias veces. Finalmente, al finalizar la extracción, pesar nuevamente los vasos para determinar la cantidad de lípidos extraídos.

Resultados

Gráfico 1: Tipos de residuos generados en los establecimientos de alimentos y bebidas



El aprendizaje de los estudiantes en el manejo de residuos en los 18 establecimientos de alimentos y bebidas de Riobamba, que asciende a 31,672 kg/día, revela una composición significativa: el 23.606% corresponde a proteínas, el 72.027% a carbohidratos y el 4.367% a otros materiales. Estos resultados son consistentes con estudios previos que indican que la mayor parte de los residuos generados en la industria alimentaria está compuesta por materia orgánica, lo que sugiere un potencial considerable para su valorización. Por ejemplo, Parco (2023) destaca que, en otras ciudades ecuatorianas, la materia orgánica representa hasta el 62% de los residuos sólidos generados, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias efectivas para su aprovechamiento. Además, la investigación de GADM Riobamba (2020) señala que la falta de separación en la fuente limita las oportunidades de reciclaje y reutilización, lo que resalta la importancia de desarrollar un sistema integral de gestión de residuos que fomente la economía circular. Estos hallazgos enfatizan la urgencia de transformar los residuos en recursos valiosos, alineándose con las tendencias globales hacia prácticas más sostenibles en la industria alimentaria.

Figura 1: Producto obtenido en los cuatro tratamientos**Tabla 1: Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las croquetas**

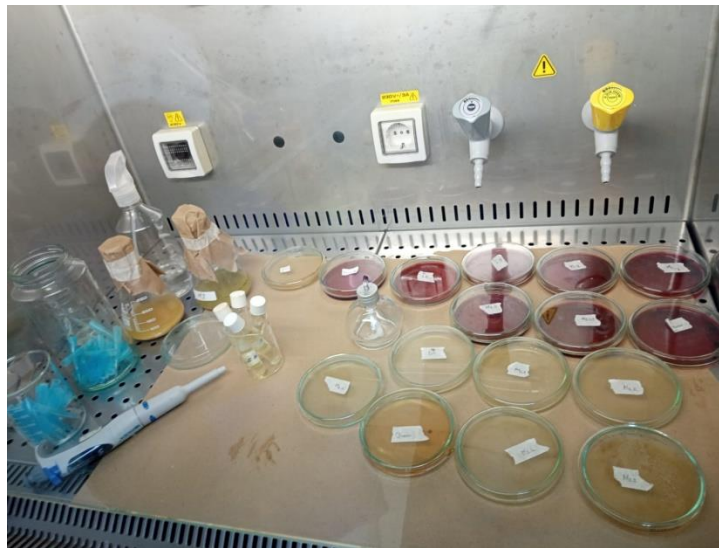
No.	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR	REFERENCIA	NORMA / INSTITUCIÓN
1	Humedad	%	9,875	< 10 - 12	INEN 1 516
2	Ceniza	%	1,893	0,96 - 2,56	INEN 2 561
3	pH	-	5,736	6,00 - 7,00	FAO
4	Fibra	%	3,719	< 4	AAFCO
6	Grasa	%	14,865	5 - 7	AAFCO
7	Levaduras, hongos y mohos	UFC/g	< 10	1000 - 5000	FAO
8	Coliformes totales	UFC/g	< 10	1000 - 5000	FAO

Las variables de proceso que deben manejar los estudiantes debe ir enfocado en las normas pertinentes, es así, que el pH es una medida que indica el grado de acidez o alcalinidad de un producto alimenticio. Se basa en una escala numérica que va desde 0 hasta 14, donde 7 es considerado neutro. El control del parámetro en productos alimenticios es crucial, en este caso se obtuvo un pH de 5.736 ligeramente ácido que se encuentra dentro del rango establecido por la norma de la FAO.

La humedad se encuentra bajo la norma con un valor de 9.875. Es uno de los componentes más importantes que se analizan en la evaluación de la calidad y seguridad de los alimentos, según la norma INEN 1516 las croquetas de cerdo para perro deben tener entre un valor menor a 12 %, los resultados demuestran que el producto de las muestras cumple con los estándares de calidad y esto se ve correlacionado con las características físicas, microbiológicas,

nutricionales y sensoriales. Se debe ser cuidadoso con este parámetro porque influye a que los organismos vivos de tamaño microscópico que pueden estar presentes en los alimentos se proliferen con más facilidad. Su presencia es un indicador de una contaminación de los alimentos durante su producción, manipulación, procesamiento o almacenamiento; suelen medirse por UFC/g (unidades formadoras de colonias por gramos) y se recomienda que su valor sea nulo. Si embargo por el medio en el que se desarrolla los valores oscilan entre 2810 y 5300 UFC/g.

Figura 2: Pruebas microbiológicas



Por otro lado, el conocimiento aprendido en relación con las grasas reconocidas como ácidos grasos pueden ser saturados o insaturados, dependiendo de la presencia de enlaces químicos en su estructura, que se corrobora con los análisis IR. La AAFCO (2015), recomienda que se debe tener un porcentaje de grasa superior al 8,5 % lo cual se cumple con un 14,865% de grasas en promedio entre las muestras, ayudan a determinar el cumplimiento de los estándares de calidad.

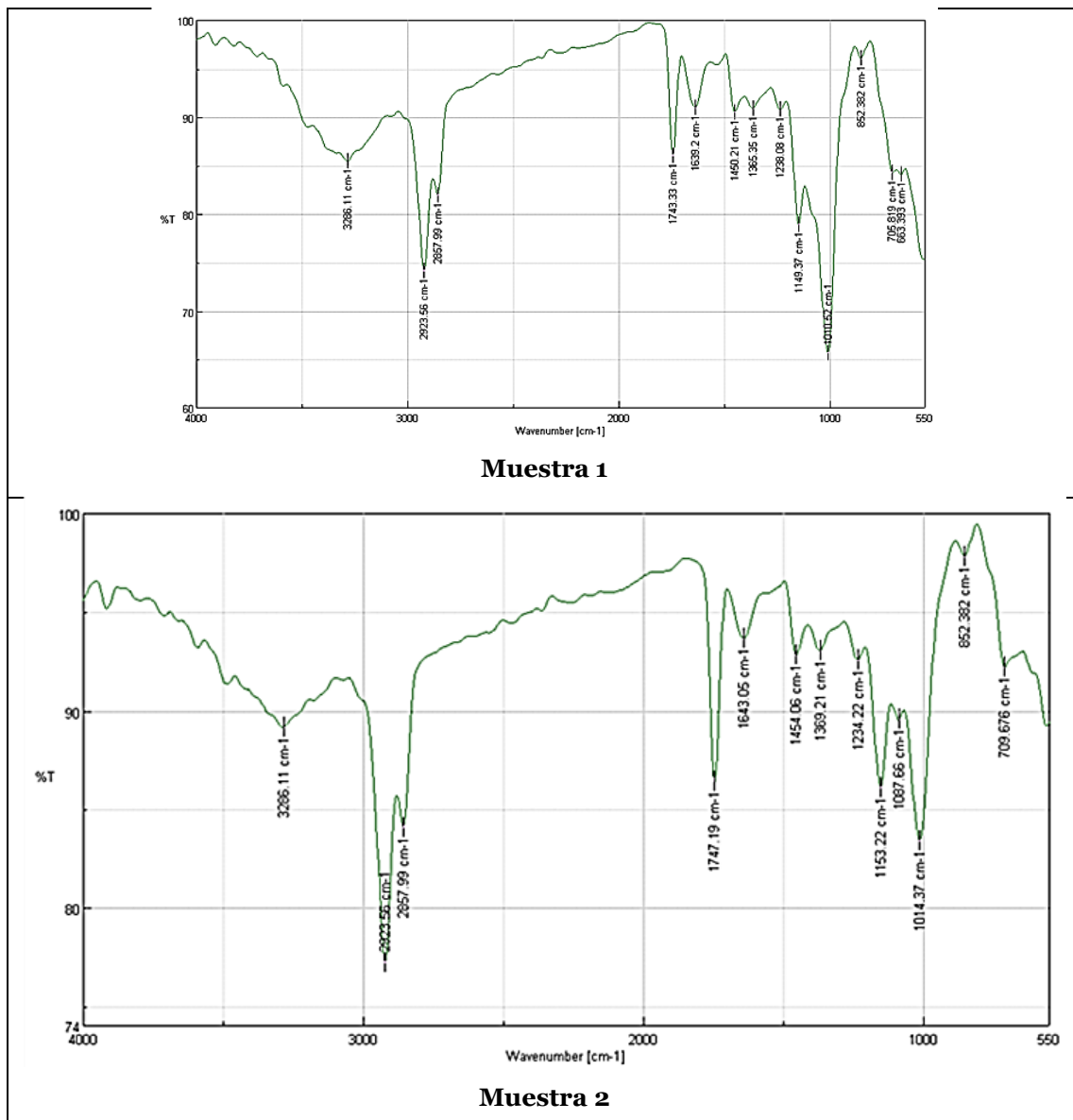
La fibra, es una parte no digerible pero que desempeña un papel de la regulación del tránsito intestinal de las mascotas porque regula el funcionamiento del sistema digestivo de las mascotas. La AAFCO (2015), estima que un porcentaje de fibra normal en el alimento de mascotas es inferior al 4 %, límite que se cumple con un valor de 3,719% de fibra en promedio de las muestras independiente de los tratamientos.

De igual forma se tiene un valor de 1,893% de cenizas que son reconocidas como una muestra de alimentos que quedan después de someterlos a altas temperaturas en un proceso de

incineración, destruyendo la materia orgánica y dejando solo minerales y elementos inorgánicos.

Los factores determinantes en la elección de la que tipo de tratamiento es mejor se relacionan directamente con él % de grasa, el T1 demuestra que los valores de este tratamiento se encuentran dentro del parámetro establecido por AAFCO de entre 5 a 7 %, este parámetro es importante porque les brinda a los perros niveles de energía necesarios sin embargo, es crucial controlar la cantidad de grasa para prevenir el exceso de peso y sus problemas asociados, como la obesidad, que puede afectar la salud general del perro.

Gráfico 2: Análisis IR de las muestras 1 y 2 de croquetas



También la aplicación de los conocimientos teóricos por parte de los estudiantes al análisis espectroscópico por infrarrojo (IR) ayudan a determinar que las muestras 1 y 2 de croquetas revela la presencia significativa de grupos funcionales clave, particularmente el grupo carbonilo (C=O) y el grupo hidroxilo (-OH). El carbonilo se identifica en la región de longitud de onda de 1710 a 1720 cm^{-1} , mientras que el grupo hidroxilo se encuentra en el rango de 3200 a 3600 cm^{-1} . La identificación de estos grupos funcionales es crucial, ya que están intrínsecamente relacionados con la composición lipídica de las croquetas, las cuales contienen un 14,865% de grasa en peso.

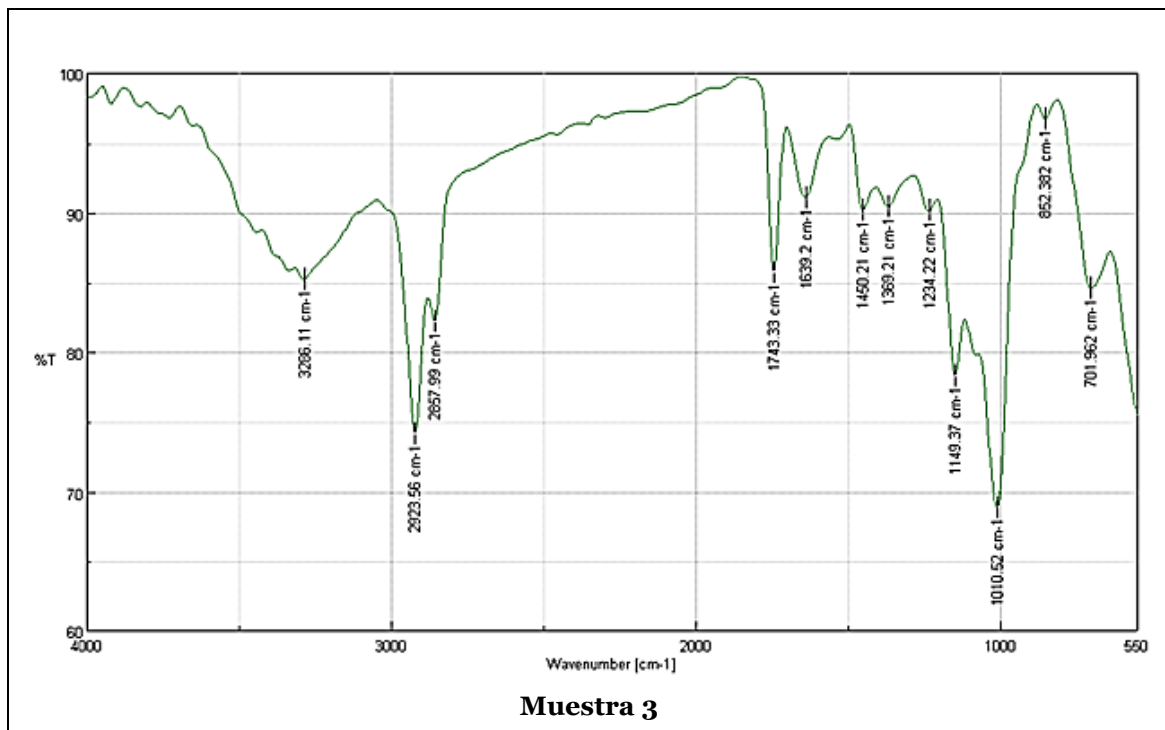
La presencia del grupo carbonilo es indicativa de la existencia de lípidos, específicamente triglicéridos, que son componentes esenciales en la formulación de alimentos para mascotas. Los lípidos no solo proporcionan energía, sino que también son fundamentales para la absorción de vitaminas liposolubles y contribuyen a la palatabilidad del producto (National Research Council, 2006). Este hallazgo es consistente con estudios previos que han demostrado que los lípidos en los alimentos para animales pueden influir significativamente en su calidad nutricional y sensorial. Por ejemplo, un estudio realizado por (Rojas & et al, 2019) encontró que el contenido graso en croquetas para perros afecta directamente su aceptación por parte de los animales, lo que subraya la importancia de una adecuada formulación lipídica.

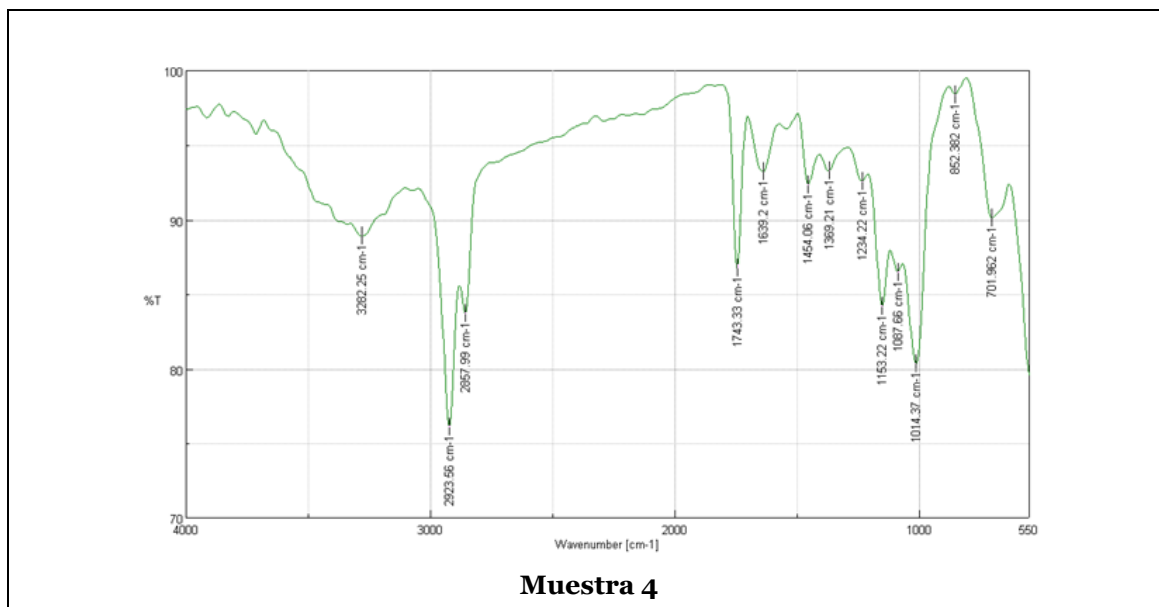
Por otro lado, el análisis por parte de los estudiantes revela que el grupo hidroxilo observado en las muestras sugiere la presencia de compuestos como glicerol o ácidos grasos libres, que son productos derivados del metabolismo lipídico. La identificación del grupo hidroxilo también puede estar asociada con la formación de enlaces de hidrógeno, lo que puede influir en la textura y estabilidad del producto final. Investigaciones anteriores han indicado que los grupos hidroxilo pueden mejorar la emulsificación y estabilidad de emulsiones en productos alimenticios (Ibrar & et al., 2025). Esto es particularmente relevante en el contexto de las croquetas para perros, donde la textura y la estabilidad son factores críticos para su aceptación.

Comparando estos resultados con otros estudios similares, se observa que el análisis IR ha sido utilizado ampliamente para caracterizar la composición química de alimentos para mascotas. Por ejemplo, un estudio realizado por Guo et al. (2021) utilizó espectroscopia IR para analizar croquetas comerciales y encontró una correlación entre los grupos funcionales identificados y las propiedades nutricionales del producto. Este tipo de análisis permite no solo identificar componentes clave, sino también establecer relaciones entre la composición química y las características sensoriales del alimento.

Además, el uso del análisis IR en el control de calidad es cada vez más común. Según un estudio realizado por Zhang et al. (2020), el análisis espectroscópico puede ser una herramienta eficaz para evaluar la calidad y autenticidad de los ingredientes utilizados en alimentos para mascotas, proporcionando una forma rápida y no destructiva de monitorear cambios en la composición química durante el procesamiento, por lo que, el análisis IR realizado sobre las muestras de croquetas revela información valiosa sobre su composición lipídica y funcionalidad. La presencia significativa del grupo carbonilo y del grupo hidroxilo no solo respalda la formulación rica en grasas del producto (Fan & et al., 2024), sino que también indica su potencial funcionalidad en términos de textura y estabilidad. Estos hallazgos son coherentes con investigaciones previas sobre la importancia de los lípidos en alimentos para mascotas y destacan el valor del análisis espectroscópico (Jia & et al., 2015) como herramienta analítica en la industria alimentaria.

Figura 4: Análisis IR de las muestras 3 y 4 de croquetas





El análisis espectroscópico por infrarrojo (IR) de las muestras 3 y 4 revela la presencia predominante de grupos funcionales clave, específicamente el grupo carbonilo (C=O) y el grupo hidroxilo (–OH). La longitud de onda del carbonilo se encuentra entre 1710 y 1720 cm^{-1} , mientras que el grupo hidroxilo se detecta en el rango de 3200 a 3600 cm^{-1} . Estos hallazgos son significativos, ya que indican la composición lipídica de las muestras, que presentan un contenido graso del 14.865% , notablemente superior al estándar de calidad que establece un límite del 5% . Este análisis no solo proporciona información sobre la composición química de las muestras, sino que también permite inferir sobre su potencial funcionalidad y calidad nutricional.

Los estudiantes pueden realizar la identificación del grupo carbonilo que es indicativa de la presencia de lípidos, específicamente triglicéridos y ácidos grasos, que son componentes esenciales en la formulación de alimentos para mascotas. La grasa es un macronutriente vital que no solo proporciona energía, sino que también es crucial para la absorción de vitaminas liposolubles (A, D, E y K) y contribuye a la palatabilidad del producto (National Research Council, 2006). La presencia significativa de este grupo funcional en las muestras 3 y 4 sugiere que estos productos están formulados para ser atractivos para los animales, lo que puede influir en su aceptación por parte de los consumidores.

Por otro lado, el grupo hidroxilo observado en las muestras puede estar relacionado con la presencia de glicerol o ácidos grasos libres. Este grupo funcional es importante porque puede mejorar la solubilidad y la emulsificación de los ingredientes en el producto final. La formación de enlaces de hidrógeno a través del grupo hidroxilo también puede influir en la textura y estabilidad del alimento, lo cual es crucial para mantener la calidad durante el almacenamiento (Mc Clements & et al, 2015).

El hecho de que las muestras presenten un contenido graso del 14.865% es especialmente relevante al compararlo con el estándar establecido del 5%. Este valor indica no solo una formulación rica en grasas, sino también un enfoque deliberado hacia una mayor palatabilidad y valor nutricional. Estudios anteriores han demostrado que los alimentos para mascotas con un contenido graso más alto tienden a ser más aceptados por los animales, lo que se traduce en una mejor ingesta alimentaria (Rojas & et al, 2019). Esto sugiere que las formulaciones analizadas podrían estar alineadas con las preferencias dietéticas naturales de los perros.

Varios estudios han abordado la caracterización química de alimentos para mascotas utilizando espectroscopia IR. Por ejemplo, Guo et al. (2021) encontraron resultados similares en croquetas comerciales, donde la presencia significativa de grupos carbonilos e hidroxilos correlacionó con propiedades nutricionales favorables. Estos hallazgos refuerzan la idea de que un mayor contenido graso puede ser ventajoso tanto desde una perspectiva sensorial como nutricional.

Además, un estudio realizado por Zhang et al. (2020) destacó cómo el análisis IR puede ser utilizado como herramienta eficaz para evaluar la calidad y autenticidad de los ingredientes en alimentos para mascotas. La capacidad del IR para identificar grupos funcionales específicos permite a los investigadores y productores asegurar que sus productos cumplen con los estándares nutricionales requeridos.

Los resultados obtenidos a partir del análisis IR tienen implicaciones prácticas significativas para los productores de alimentos para mascotas. La formulación con un contenido graso superior al estándar puede ser vista como una estrategia intencionada para mejorar la aceptación del producto por parte de los animales. Sin embargo, también plantea preguntas sobre el equilibrio entre palatabilidad y salud animal; un exceso de grasa puede tener efectos negativos si no se gestiona adecuadamente.

Por lo tanto, es crucial que los fabricantes mantengan un control riguroso sobre sus formulaciones y realicen análisis regulares para asegurar que sus productos no solo sean atractivos para los consumidores caninos, sino también saludables y equilibrados desde una perspectiva nutricional.

El análisis IR realizado sobre las muestras 3 y 4 proporciona información valiosa sobre su composición lipídica y funcionalidad. La presencia significativa del grupo carbonilo junto con el grupo hidroxilo indica un enfoque sólido hacia la formulación rica en grasas, alineándose con las tendencias actuales en el desarrollo de alimentos para mascotas. Estos hallazgos son coherentes con investigaciones previas sobre la importancia de los lípidos en productos

alimenticios para animales y destacan el valor del análisis espectroscópico como herramienta analítica esencial en esta industria.

Conclusiones

En este proyecto los estudiantes de Ingeniería Química elaboraron dos tratamientos de croquetas para mascotas con la idea de generar un impacto ambiental menor, utilizando como fuente de materia prima desechos obtenidos del mercado la Merced ubicado en Riobamba provincia de Chimborazo. A partir de estos residuos inicia el proceso creativo y experimental para el desarrollo de una masa consistente que permita la manipulación de la misma para hacer croquetas para perro, es aquí donde se decide que se separan los residuos subjetivamente entre un porcentaje de mayor grasa (25%) y menor grasa (5%). Obteniendo así al final 4 muestras, con dos repeticiones cada una.

Después de esto inicia el proceso de caracterización de la materia prima y el producto, así como un estudio completo de su rentabilidad tanto económica como ambiental, de aquí se obtiene que las diferentes muestras con diferentes porcentajes de grasa, representan una gran variación en los valores de humedad porque la grasa retiene líquidos, mientras que en las pruebas IR se observa la diferencia de grupos funcionales presentes en los lípidos y grasas, igual que el análisis microscópico muestra que la presencia de grasas nos muestra una textura más húmeda y grasosa en el interior de la croqueta.

También, se comparó los porcentajes de grasa para cada tratamiento mediante un análisis ANOVA demostrando que la significancia es mínima y que el porcentaje de grasa presente en la proteína no influye en la composición de las croquetas, aunque algunos parámetros se ven influenciados. Y por último se evaluó el impacto ambiental que la producción de croquetas con residuos presenta en el medio, entendiendo que se tiene menor impacto ambiental, pues al usar residuos se está evitando que algunos de esos productos se eliminan y se conviertan en más desechos que contaminen o generen plagas, mientras que la producción de alimentos balanceados genera muchos desechos que se convertirán en contaminantes ambientales.

Los resultados obtenidos por parte de los estudiantes en los establecimientos de alimentos y bebidas de Riobamba indican que el 23.606% de los residuos generados

son proteínas, lo que resalta la importancia de estos subproductos para la elaboración de alimentos alternativos, como croquetas para perros. Esta proporción es consistente con estudios previos que muestran que las proteínas representan una parte significativa de los residuos alimentarios en diversas regiones (Acevedo & et al., 2023). El aprendizaje sobre la caracterización físico-química de las croquetas elaboradas a partir de residuos de proteína de cerdo, determinan un contenido de humedad del 9.875% y un pH de 5.736, sugiere que estos productos pueden ser nutritivos y seguros para el consumo animal. Esto se alinea con investigaciones que destacan la viabilidad de utilizar subproductos cárnicos en la alimentación animal (GADM Riobamba, 2020).

El aprendizaje de esta investigación se enfoca en relación a la presencia de levaduras, hongos y mohos menores a 10, así como coliformes totales también menores a 10, indica un adecuado control microbiológico en el proceso de producción de las croquetas. Esto es vital para garantizar la seguridad alimentaria y prevenir riesgos sanitarios.

El análisis realizado por los estudiantes de Ingeniería Química de la ESPOCH a la utilización de residuos generados en el sector alimentario contribuye significativamente a la reducción del desperdicio, promoviendo un enfoque más sostenible y circular en la gestión de recursos. Este enfoque es respaldado por políticas ambientales que fomentan la valorización de residuos (Haro & Ávalos, 2024).

La aplicación de los conocimientos adquiridos por los estudiantes se enfoca en la transformación de residuos en productos comercializables no solo mejora la sostenibilidad ambiental, sino que también representa una oportunidad económica para los establecimientos involucrados. La creación de un mercado para croquetas a partir de residuos puede generar ingresos adicionales y fomentar prácticas más responsables dentro del sector (BBVA, 2023).

Referencias Bibliográficas

- Acevedo, D., & et al. (2023). Gestión de desperdicios alimentarios: una visión desde la política pública colombiana. *Revista venezolana de gerencia*.
- Ascher, S., & et al. (2020). Life cycle assessment and net present worth analysis of a community-based food waste treatment system. *Life cycle assessment and net present worth analysis of a community-based food waste treatment system*.
- Aye, L., & Widjaya, E. (2006). Environmental and economic analyses of waste disposal options for traditional markets in Indonesia. *Waste Management*, 1180 - 1191.
- Batool, F., & et al. (2024). Environmental impacts of food waste management technologies: A critical review of life cycle assessment (LCA) studies. *Trends in Food Science & Technology*.
- BBVA. (4 de 12 de 2023). *La valorización de los residuos: una segunda oportunidad para los materiales*. Obtenido de BBVA:
<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/la-valorizacion-de-los-residuos-una-segunda-oportunidad-para-los-materiales/>
- Chowdhury, W., Nabi, N., Arefin, A., & Rashid, F. (19 de September de 2022). Recycling slaughterhouse wastes into potential energy and hydrogen sources: An approach for the future sustainable energy. Obtenido de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2589014X22001906>
- Fan, Y., & et al. (2024). Rapid prediction of the chemical composition of pet food using a benchtop and handheld near-infrared spectrometer. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*.
- GADM Riobamba. (2020). *Estudios de Factibilidad y Diseños Definitivos para la gestión integral de residuos sólidos que incluya el Complejo Ambiental Riobamba (CAR) para el aprovechamiento y disposición final de los RSU del Cantón Riobamba*. Riobamba: GADMR.
- Guo, Y., & et al. (2021). Characterization of pet food using infrared spectroscopy. *Journal of animal science*.
- Haro, A., & Ávalos, M. (2024). Gestión de Recolección de Residuos alimenticios mediante el método Vehicle Routing Problem: abordaje en Riobamba - Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia*, 1099 - 1111.

- Ibrar, A., & et al. (2025). Replacement of chicken meal with full-fat locust meal in Golden Retriever dog food and its influence on palatability, digestibility, fecal quality, and immunity. *Animal Feed Science and Technology*.
- Jia, Q., & et al. (2015). Applications of Near-infrared Spectroscopy in Food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1939 - 1954.
- Larissa, V., Mothé, C., & Mothé, M. (June de 2020). Research in Veterinary Science. *Natural food for domestic animals: A national and international technological review*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034528819304138>
- Mc Clements, D., & et al. (2015). Emulsions: Food Structure Design. *Food structure and functionality*.
- National Research Council. (2006). *Nutrient Requirements of Dogs and Cats*. Washington: The National Academies Press.
- Parco , E. (2023). *Análisis comparativo de los componentes de residuos sólidos residenciales de cinco ciudades del Ecuador*. Riobamba: UNACH.
- Ribeiro, H., & et al. (2022). Bone marrow fat, visceral fat, and body conditions as parameters of possible neglect in dogs with leishmaniasis. *Forensic Science International: Animals and Environments*.
- Rojas , M., & et al. (2019). Influencia del contenido graso sobre la aceptación de croquetas para perros. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*.
- Thompson, A. (August de 2008). Topics in Companion Animal Medicine. *Ingredients: Where Pet Food Starts*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1938973608000378>
- Yu, Y., Lang , Z., Liao, W., & Ye, Z. (25 de August de 2021). Contributions of meat waste decomposition to the abundance and diversity of pathogens and antibiotic-resistance genes in the atmosphere. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721021987>
- Zhang, Y. (2020). Application of infrared spectroscopy in quality control of pet food. *Food Control*.