Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Medicina Veterinaria
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria

Efecto de la inclusión en la dieta de aceites esenciales de chincho (*Tagetes elliptica*) y orégano (*Origanum vulgare*) nanoemulsionados sobre los parámetros productivos en cuyes de engorde

TESIS

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinaria

AUTOR

Midori Natsumi ROMERO CHUNGA

ASESOR

Dra. Sandra Gracia BEZADA QUINTANA

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Romero M. Efecto de la inclusión en la dieta de aceites esenciales de chincho (*Tagetes elliptica*) y orégano (*Origanum vulgare*) nanoemulsionados sobre los parámetros productivos en cuyes de engorde [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria; 2025.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Midori Natsumi Romero Chunga
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74157478
URL de ORCID	**-----**
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Sandra Gracia Bezada Quintana
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07630662
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9516-0805
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Ronald Jiménez Aliaga
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	20062681
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Arturo Lorenzo Rosales Fernández
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07678743
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Graciela Inés Yamada Abe
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	15749842

Datos de investigación	
Línea de investigación	B.4.2.4. Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal.
Grupo de investigación	Grupo de Investigación de Nutrición y Alimentación animal - GINAA
Agencia de financiamiento	Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vicerrectorado de Investigación y Posgrado. Proyectos de Investigación para Grupos de Investigación con Financiamiento PCONFIGI. RR N° 05753-R-21 con código de proyecto A21081211.
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Borja Dirección: Av. Circunvalación 2800. Latitud: -12.08348 Longitud: -76.984573
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2022- Setiembre 2022
URL de disciplinas OCDE	Ciencia Veterinaria https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.03.01

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, Decana de América
Facultad de Medicina Veterinaria
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIA

En el **Auditorio de Anatomía** de la Facultad de Medicina Veterinaria, el día **jueves 24 de julio de 2025**, a las **12:00 horas**, se constituyó el Jurado Examinador designado mediante **Resolución Directoral N° 000142-2025-EPMV-FMV/UNMSM** integrado por los siguientes docentes:

MV. Mg. Ronald Jiménez Aliaga	**Presidente del Jurado**
MV. Dra. Sandra Gracia Bezada Quintana	**Asesora de la Tesis**
MV. Mg. Arturo Lorenzo Rosales Fernández	**Miembro del Jurado**
MV. Mg. Graciela Inés Yamada Abe	**Miembro del Jurado**

Luego de la instalación del Jurado, a cargo del presidente del Jurado y bajo la dirección del mismo, la Bachiller **MIDORI NATSUMI ROMERO CHUNGA,** para optar el Título Profesional de Médico Veterinaria, procedió a sustentar públicamente la Tesis:

*"*Efecto de la inclusión en la dieta de aceites esenciales de chincho (*Tagetes elliptica*) y orégano (*Origanum vulgare*) nanoemulsionados sobre los parámetros productivos en cuyes de engorde*"*

Luego de absolver las preguntas del Jurado y del público asistente, el Jurado deliberó con la abstención reglamentaria de la Asesora de la Tesis y acordó su **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD**, otorgándole la nota de **18 (Dieciocho).**

Habiéndose aprobado la sustentación pública de la Tesis, el presidente en representación del Jurado recomienda que la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria proponga la aprobación del **TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIA** a la Facultad de Medicina Veterinaria y que ésta proponga al Rectorado el otorgamiento respectivo.

Siendo las **12:57 horas**, concluyó el acto académico de sustentación pública de Tesis en fe de lo cual suscriben la presente acta por cuadruplicado los integrantes del Jurado:

UNMSM Firmado digitalmente por JIMENEZ ALIAGA Ronald FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16.08.2025 07:16:52 -05:00

.....
Ronald Jiménez Aliaga; MV. Mg.
Profesor Asociado, Dedicación Exclusiva

UNMSM Firmado digitalmente por BEZADA QUINTANA Sandra Gracia FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 18.08.2025 10:56:57 -05:00

.....
Sandra Gracia Bezada Quintana; MV. Dra.
Profesora Principal, Dedicación Exclusiva

.....
Arturo Lorenzo Rosales Fernández; MV. Mg.
Profesor Asociado, Dedicación Exclusiva

.....
Graciela Inés Yamada Abe; MV. Mg
Profesora Asociada, Dedicación Exclusiva

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, SANDRA GRACIA BEZADA QUINTANA, en mi condición de asesor acreditado con el dictamen N° 0229-EPMV/FMV-2023 de la **tesis**, cuyo título es **"Efecto de la inclusión en la dieta de aceites esenciales de chincho (*Tagetes elliptica*) y orégano (*Origanum vulgare*) nanoemulsionados sobre los parámetros productivos en cuyes de engorde"**, presentado por la bachiller **Midori Natsumi ROMERO CHUNGA** para optar el título de MEDICO VETERINARIO ,

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 15% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.



Lima, 19 de setiembre de 2025

Firma del Asesor:
Nombres y Apellidos del asesor: Sandra Gracia BEZADA QUINTANA
DNI: 07630662

DEDICATORIAS

A mi madre, por siempre creer en mí y su gran apoyo constante en cada paso de mi camino por la vida en cumplir mis sueños siendo perseverante, responsable y deseos de superación.

A mis abuelos, por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

A mis hermanos, por todos los momentos de apoyo y acompañándome para poder realizarme y ser un ejemplo a seguir por la vida para ellos.

A mi amigo y compañero de la vida, por ser mi soporte incondicional, al ser una mejor persona cada día al darnos todo el amor, compresión al ayudarme a concluir uno de mis sueños anhelados y así tener un mejor futuro.

A mis perritos, Dokita y Blacky, por haberme acompañado en cada noche de estudio y a mi Valentín que llegó a mi vida para enseñarme que podía lograr todo lo que nunca pensé hacer.

A mi amor más bonito y mayor motivación de la vida a nunca rendirme en mis peores momentos, de seguir esforzándome mucho más y mis ganas de buscar lo mejor para tí.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora de tesis, Dra. Sandra Bezada Quintana, por permitirme realizar este trabajo de investigación al brindarme su tiempo, apoyo y compromiso en lo que duró este trabajo.

A los doctores del Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal de la FMV - UNMSM, especialmente a la Mg. Sofía López y al Dr. Fernando Carcelén por su asesoría y ayuda durante la realización del proyecto.

A mis compañeras del proyecto, Jennyfer Coripuna y Jahaira Rojas, por su colaboración en la crianza de los animales de estudio.

A mi *alma mater*, la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Mayor de San Marcos, por ser mi casa de estudio donde obtuve todos los conocimientos, amistades, experiencias y gratos recuerdos que quedarán reflejados a lo largo de la vida.

INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE……iv
RESUMEN ……..……..……vii
ABSTRACT……...…….viii
LISTA DE FIGURAS ……..…ix
LISTA DE CUADROS ……..x
I. INTRODUCCIÓN 1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 4
2.1. Cuy (*Cavia porcellus)* 4
2.1.1 La carne de cuy:..... 6
2.1.2 Requerimientos nutricionales del cuy..... 8
A. Energía..... 9
B. Fibra..... 11
C. Proteína..... 13
D. Lípidos..... 14
E. Minerales 14
F. Vitaminas..... 15
G. Agua..... 16
2.1.3 Alimentación del cuy..... 17
A. Alimentación con forraje 18
B. Alimentación con balanceado..... 18
C. Alimentación con forraje más concentrado (mixta)..... 20
2.1.4 Parámetros productivos del cuy..... 21
A. Ganancia de peso: 21
B. Consumo de alimento:..... 21
C. Conversión Alimenticia (CA):..... 21
D. Rendimiento de carcasa (RC):..... 22
2.1.5 Aditivos alimentarios funcionales: problemática de los APC frente a los probióticos..... 22
2.1.6 Aceites esenciales 24
A. Mecanismo de acción..... 26
B. Métodos de extracción..... 28
● Prensado frío:..... 30

● Enflorado (enfleurage o macerado): 31
C. Importancia y uso de los aceites esenciales como suplemento en la alimentación de los animales pecuarios 31
2.2. Aceite esencial de orégano *(Origanum vulgare*) 38
2.2.1. Composición química 39
2.2.2. Mecanismo de acción 41
2.2.3. Propiedades 42
A. Antimicrobiano 43
B. Antifúngico 43
C. Antioxidante 44
D. Antiinflamatoria 44
2.2.4. Uso de aceite esencial de orégano en la alimentación de animales 45
2.3. Aceite esencial de chincho (*Tagetes elliptica*) 45
2.3.1 Composición química 49
2.3.2. Mecanismo de acción 51
2.3.3. Propiedades 52
A. Antimicrobiano 52
B. Antifúngico 52
C. Antioxidante 52
D. Antiinflamatorio y anticancerígeno 53
E. Insecticida 53
2.3.4. Uso de aceite esencial de chincho en la alimentación de animales 53
2.4 Nanoemulsiones 54
2.4.1. Concepto 54
2.4.2. Métodos para la elaboración de nanoemulsiones 55
● Métodos de dispersión (fuerza de cizalla-alta energía) 55
● Métodos fisicoquímicos (inversión de fases-condensación-baja energía) 57
2.4.3. Mecanismo de acción de las nanoemulsiones 58
2.4.4. Uso de nanoemulsiones en la industria pecuaria 59
III. MATERIALES Y MÉTODOS 61
3.1 Lugar de ejecución y periodo de experimentación 61
3.2. Animales de estudio 61

3.3 Instalaciones y alimentación 61
3.3.2 Alimentación 62
3.4 Materiales y equipos 62
3.4.1 Materiales 63
3.4.2 Equipos 63
3.5 Extracción del aceite esencial de Orégano y Chincho 63
3.6 Elaboración de Nanoemulsiones 64
3.7 Tratamientos experimentales 65
3.8 Aspectos éticos 67
3.9 Parámetros evaluados 67
3.10 Cálculo del tamaño de muestra 68
3.11 Diseño experimental 69
IV. RESULTADOS 70
V. DISCUSIÓN 72
VI. CONCLUSIONES 77
VII. RECOMENDACIONES 78
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 79
IX. ANEXOS 101

RESUMEN

Esta investigación evaluó el efecto de la inclusión en la dieta de aceites esenciales nanoemulsionados de chincho (*Tagetes elliptica*) y orégano (*Origanum vulgare*) sobre los parámetros productivos en cuyes (*Cavia porcellus*) durante la etapa de engorde. Se trabajó con un total de 50 cuyes machos destetados, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en cinco tratamientos: T1, un grupo control sin aditivos; T2, un grupo con antibiótico promotor de crecimiento (APC); y tres grupos experimentales con aceites esenciales nanoemulsionados de T3, chincho; T4, orégano; y T5, combinación de ambos; todos a una concentración de 200 ppm. El ensayo tuvo una duración de siete semanas, donde se evaluaron los siguientes parámetros productivos: peso inicial, ganancia de peso, consumo de materia seca, índice de conversión alimenticia, peso de la canal y rendimiento de carcasa. Los resultados indicaron que el tratamiento con la combinación de aceites esenciales de chincho y orégano (T5) presentó la mejor respuesta ($p<0.05$) en ganancia de peso (673.3 g), consumo de materia seca (3208.1 g), índice de conversión alimenticia (4.8) y peso de carcasa (678.0 g). Asimismo, obtuvo un rendimiento de carcasa de 70.3%, que junto al tratamiento de aceite esencial de chincho (T3) (70%) fue superior ($p<0.05$) al de los demás tratamientos. Se concluye que los aceites esenciales nanoemulsionados representan una alternativa natural eficaz frente al uso de antibióticos promotores de crecimiento en la alimentación de cuyes, promoviendo una producción más eficiente, inocua y sostenible.

Palabras claves: *Cavia porcellus*, *Tagetes elliptica*, *Origanum vulgare*, nanoemulsión, parámetros productivos.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of dietary inclusion of nanoemulsified essential oils of chincho (Tagetes elliptica) and oregano (Origanum vulgare) on the productive performance of guinea pigs (Cavia porcellus) during the fattening stage. A total of 50 weaned male guinea pigs were randomly assigned to five treatments: T1, a control group without additives; T2, a group receiving an antibiotic growth promoter (AGP); and three experimental groups supplemented with nanoemulsified essential oils—T3, chincho; T4, oregano; and T5, a combination of both—each at a concentration of 200 ppm. The trial lasted seven weeks, during which the following productive parameters were evaluated: initial weight, weight gain, dry matter intake, feed conversion ratio, carcass weight, and carcass yield. The results showed that the treatment with the combination of chincho and oregano essential oils (T5) produced the best performance ($p<0.05$) in terms of weight gain (673.3 g), dry matter intake (3208.1 g), feed conversion ratio (4.8), and carcass weight (678.0 g). Likewise, it achieved the highest carcass yield (70.3%), which, together with the treatment using chincho essential oil alone (T3) (70%), was significantly superior ($p<0.05$) to the other treatments. It is concluded that nanoemulsified essential oils represent an effective natural alternative to antibiotic growth promoters in guinea pig diets, promoting more efficient, safe, and sustainable production.

Keywords: *Cavia porcellus, Tagetes elliptica, Origanum vulgare*, nanoemulsion, productive parameters.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Mecanismo de acción de los aceites esenciales en las células microbianas
Fig. 2 Separación del aceite esencial y el agua mediante el método de destilación por arrastre de vapor de agua
Fig. 3 Proceso del método destilación al arrastre de vapor de agua
Fig. 4 Hojas de orégano de color amarillo brillante (*Origanum vulgare*)
Fig. 5 *Tagetes elliptica Smith* "Chincho"
Fig.6 Proceso de elaboración de nanoemulsiones en base de aceites esenciales antimicrobianos, emulsificantes y biopolímeros
Fig.7 Representación esquemática del mecanismo de autoemulsionación mediante dilución de una microemulsión O/W

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Cuadro comparativo del valor nutricional de la carne de cuy en comparación con otras especies

Cuadro 2. Requerimientos nutricionales del cuy por etapas de vida

Cuadro 3. Clasificación taxonómica del orégano

Cuadro 4. Componentes químicos del aceite esencial de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*).

Cuadro 5. Componentes químicos del aceite esencial de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*) mediante la utilización de la cromatografía de gases-espectrometría de masas.

Cuadro 6. Clasificación taxonómica del *Tagetes elliptica* (Chincho)

Cuadro 7. Componentes químicos del aceite esencial de las hojas de chincho (*Tagetes elliptica*)

Cuadro 8. Cuadro comparativo de los principales métodos de alta energía.

Cuadro 9. Esquema de los tratamientos

Cuadro 10. Comportamiento productivo obtenido al finalizar el periodo de engorde en cuyes suplementados con aceite esencial de chincho (*Tagetes elliptica*) y orégano (*Origanum vulgare*) nanoemulsionados (AEn).

I. INTRODUCCIÓN

El cuy o cobayo (*Cavia porcellus*) es una importante fuente de proteína en la alimentación principal de la población andina. Debido a la migración del poblador andino y sus costumbres a la ciudad de Lima y selva, además de su fácil crianza de esta especie fue la causa del incremento de la población de cuyes a comparación de otras especies pecuarias y de su alta demanda del consumo de carne de cuy en el mercado nacional e internacional (Chirinos *et al*. 2008).

En la actualidad existen numerosas granjas para autoconsumo y comercialización, sin embargo, la mayoría son informales por lo que están más expuestas a contraer enfermedades al no poder ejecutar un buen manejo sanitario y el no poder desarrollar una competitividad y productividad acorde con el mercado. El uso indiscriminado de antibióticos para el control de enfermedades en los animales o como promotores de crecimiento en la prevención de enfermedades, repercute en la salud humana al consumir productos y subproductos con presencia de trazas de antibióticos (Calvo, 2004). Por lo cual, es de interés la búsqueda de soluciones naturales amigables con el ambiente que reemplacen a los antibióticos promotores de crecimiento como por ejemplo el uso de: aceites esenciales, ácidos orgánicos, probióticos, prebióticos, extractos naturales, principalmente (Valdizán *et al*. 2019).

Existen numerosas investigaciones donde reportan la utilización del aceite esencial de orégano como una opción viable en reemplazo a los promotores de crecimiento en la industria agropecuaria, como la de la crianza de cuyes, ya que contiene propiedades benéficas como: antibacterianas, antifúngicas, antioxidantes, antiparasitarias y antiinflamatorias mejorando de

esta manera la salud intestinal, la conversión alimenticia, la estimulación de enzimas digestivas y la mejora del sabor de los alimentos (Ayala *et al.* 2011; Hernández *et al*., 2014) teniendo un efecto positivo sobre los parámetros productivos en cuyes en la etapa de crecimiento (Chela, 2015). Sin embargo, con respecto al uso de aceites esenciales de chincho como suplemento en la dieta del animal, se han reportado escasas investigaciones, teniendo las mismas propiedades benéficas como la del aceite esencial de orégano además de prevenir enfermedades cancerígenas y cardiovasculares (Díaz, 2014).

Ante esto, es posible que al aplicar en una formulación el sinergismo de los aceites esenciales de orégano y chincho, este último potencie aún más las propiedades benéficas; sin embargo, no hay documentos de investigación que corroboren esta teoría, ya que no hay muchos estudios sobre el uso de aceite esencial de chicho como suplemento en la dieta del animal, lo cual genera un vacío de información, pero un gran interés en su experimentación (Lambert *et al.*, 2001).

Los compuestos antioxidantes que presentan los aceites esenciales contienen características físicoquímicas sensibles al contacto directo a los rayos UV, calor, oxígeno, humedad y luz, limitando la biodisponibilidad de sus principios activos y en consecuencia su uso. Por ello, la aplicación bajo la forma de nanoemulsión de los aceites esenciales permitirá una mayor estabilidad y aumentará la biodisponibilidad de los principios activos (Mohamed *et al.*, 2021).

Las pocas investigaciones reportadas sobre el empleo de nanoemulsiones en la industria alimentaria pecuaria, en especial los sistemas de producción de cuyes, crea un área potencial para el desarrollo de productos innovadores ante la búsqueda de alternativas viables para el reemplazo de antibióticos sintéticos como promotores de crecimiento al exigir en el mercado un mejor producto como alimento para la salud pública.

De esta manera, en este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inclusión en la dieta de aceites esenciales nanoemulsionados de chincho (*Tagetes elliptica*) y orégano (*Origanum vulgare*) sobre los parámetros productivos en cuyes (*Cavia porcellus*) durante la etapa de engorde.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 **Cuy (*Cavia porcellus*):**

El nombre científico del cuy es *Cavia porcellus,* es un mamífero roedor herbívoro proveniente de la zona altoandina de los países de Perú, Argentina, Chile, Colombia, Ecuador y Bolivia (Meza *et al.*, 2014). Según Ocsa (2023), menciona que Perú y Ecuador son los países que presentan una distribución más amplia de población de cuyes, mientras que Bolivia y Colombia contienen una distribución regional. El cuy en el Perú al ser un animal de fácil adaptación a los cambios climáticos se encuentra desde los 500 msnm hasta por encima de los 4.500 msnm (Hernández, 2008). Así mismo, se caracteriza por ser un animal monogástrico de fácil crianza, por su alto valor nutricional, buena conversión alimenticia y corto ciclo reproductivo (Robles *et al.*, 2014), lo cual con el pasar de los años ha generado una alta demanda en su consumo en el mercado nacional como crianza y alimento de autoconsumo para la población rural y en el ámbito internacional como plato típico exótico (Estrada y Velastegui, 2021).

En América Latina, Perú es el primer país productor y exportador de carne de cuy (Robles *et al.*, 2014), es por ello que en los últimos años desde el año 2016 hasta el año 2021 según el INEI (2022), hay un incremento de la población de cuyes con un crecimiento aproximadamente de 1 millón de cuyes anualmente; sin embargo, ante la pandemia del COVID 2019 hubo una reducción a 11,6 millones depoblación de cuyes debido al déficit de la economía y la falta de recopilación de información. No obstante, en el año 2021 se vio una recuperación en la población de cuyes de 25.8 millones anuales (MIDAGRI, 2023). En

la actualidad, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) estima que la población de cuyes en el Perú actualmente es de más de 20 millones de cuyes, por lo que es considerado el principal país productor y exportador de esta especie a nivel mundial llegando a ser el ingreso monetario de más de 800 mil familias que se dedican a la crianza de esta especie, en especial para la sierra del país (Quinde, 2023).

Los departamentos del Perú que se dedican a la producción del cuy son: Cajamarca, Lambayeque, La Libertad, Junín, Pasco, Huánuco, Lima, Arequipa, Apurímac, Cusco, Huancavelica, Ica, Moquegua, Tacna y Puno (León, 2023a). Sin embargo; el INEI (2018), menciona que el 75% de la población de cuyes se encuentran en 7 departamentos de los cuales destacan tres: Cajamarca (20%), Cusco (17%) y Ancash (12%) (MIDAGRI, 2023). Estados Unidos es el principal receptor de las exportaciones de carne de cuy que tiene el Perú. Los demás países que reciben las exportaciones: Corea del Sur, Italia, Japón, Aruba y Canadá (MIDAGRI, 2020).

El precio promedio de costo de exportación de la carne de cuy por kilogramo en el rango de los años del 2015 al 2022 ha sido de US$13.2 a US$8.3, mostrando una reducción notable en el transcurso de los años. Es preciso tener en cuenta que en el año 2021 por la pandemia el tipo de cambio se incrementó a nivel mundial, generando que el poder adquisitivo del dólar americano se eleve a comparación del sol peruano. Esto limitó el acceso a productos importados en varios países, reduciendo así la demanda externa de carne de cuy. En el año 2022, esta menor demanda internacional generó una mayor oferta disponible y una disminución en el precio promedio de exportación de carne de cuy respecto a años anteriores (MIDAGRI, 2023).

Existen tres tipos de crianza de cuy en el Perú: la crianza familiar, la crianza familiar comercial y el sistema comercial. Siendo la crianza familiar la más se utilizada por los productores en el Perú ya que este tipo de crianza utilizan el cuy para autoconsumo o como

medio de intercambio o de pago. La falta de protocolos sanitarios, de infraestructura y equipos, conlleva a la transmisión de enfermedades contagiosas en los cuyes debido a una débil bioseguridad en el galpón.

2.1.1 **La carne de cuy:**

El consumo de la carne de cuy tiene grandes propiedades alimenticias para ser incluida en la dieta de las familias a comparación de otras especies (Cuadro 1). Gil (2007) menciona que la carne de cuy es muy rica en proteínas (20.3 %), contiene menos del 10% de grasa, baja en sodio y colesterol (65mg/10g). Así mismo, es muy beneficioso el consumo de la carne de cuy para la etapa del embarazo y lactancia como también para los niños, personas de la tercera edad, deportistas, adolescentes y personas anémicas ya que contiene un alto valor de hierro en comparación con otras especies. De igual manera, La carne de cuy al ser bajo en grasa y alto valor proteico es una opción viable como alimento diario para personas obesas y de personas que sufran de enfermedades cardiovasculares (Álvarez, 2014) siempre y cuando lo consuman con moderación en cantidades requeridas e indicadas por un nutriólogo.

Cuadro 1. Cuadro comparativo del valor nutricional de la carne de cuy en comparación entre otras especies

Clase	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Minerales (%)
Ave	70.2	18.3	9.3	1,0
Vacuno	58.0	17.5	21.8	1.0
Ovino	50.6	16.4	31.1	1.0
Cuy	**70.6**	**20.3**	**7.8**	**0.8**

Fuente: Rodríguez, 2020.

El consumo de carne de cuy podría resultar beneficioso dentro de una dieta saludable, ya que se trata de una carne magra, rica en proteínas de alta calidad y con bajo contenido de grasa. Como toda carne, contiene colágeno en su tejido muscular, el cual cumple funciones estructurales importantes. Aunque no existen evidencias que indiquen que su contenido de colágeno sea superior al de otras especies, su perfil nutricional la convierte en una opción interesante para personas que buscan alimentos funcionales. Además, diversos estudios han identificado en el suero del cuy la presencia de la enzima L-asparaginasa, utilizada en tratamientos contra ciertos tipos de cáncer, lo cual ha abierto posibilidades para futuras investigaciones sobre su potencial biomédico (Schalk and Lavie, 2014; Schalk *et al*., 2014; Inforegión, 2014).

La carne de cuy se oferta en el mercado principalmente por dos motivos: cuando el cuy alcanza un peso promedio entre 800 y 1,000 gramos aproximadamente a los dos meses de edad, etapa en la que se considera óptimo para el consumo, y cuando el cuy reproductor culmina su ciclo productivo, siendo descartado con un peso superior a los 1,000 gramos, conocidos como cuyes de descarte (Mazo, 2013). El consumo per cápita de la carne de cuy en la actualidad es menos de 1 kg, siendo la carne de menor consumo a comparación de las otras especies pecuarias (León, 2023). Las zonas de mayor consumo de esta especie son la sierra central (36%), Lima Metropolitana (18%) y sierra sur (17%) (MIDAGRI, 2023).

En la actualidad no hay un precio estimado para la venta de carne de cuy en el mercado peruano; sin embargo, distintas tesis mencionan que el rango de precio varía entre 25 a 35 soles dependiendo del tamaño (Callan y Suárez, 2021). Así mismo, Cruz (2017) menciona que el costo unitario de producción de la carne de cuy de 4 meses es de S/. 20.75, el precio de venta unitario es de S/. 24.90 y una ganancia de S/. 4.15. Con todo lo mencionado muestra un gran problema en la actualidad por parte de los productores de cuyes ya que estiman de forma empírica los costos de producción debido a que no todos se capacitan sobre el manejo

adecuado de una crianza de cuyes y no tienen un sistema de costos porque llevan su registro de costos y gastos de acuerdo a su criterio, por lo que, al tener un alto precio la carne de cuy es considerado el consumo de esta especie como plato de comida para eventos especiales.

2.1.2 **Requerimientos nutricionales del cuy**

El cuy es un herbívoro monogástrico, considerado un fermentador post-gástrico que luego de la digestión enzimática dado entre boca e intestino delgado realiza digestión fermentativa, principalmente a nivel de ciego. Es la razón por la cual se puede adaptar con facilidad a los diferentes sistemas de alimentación si se le ofrece como ración alimentaria granos, harina o forraje dependiendo de esta manera su mayor o menor actividad digestiva (Sarria *et al.*, 2020).

En la industria pecuaria es de importancia tener en cuenta la alimentación para tener una mejor producción. El conocimiento de los requerimientos nutricionales como la energía, fibra, agua, proteína (aminoácidos), ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas que necesita el cuy nos ayuda a poder preparar o formular raciones equilibradas que satisfagan las necesidades que requieran dependiendo a la edad que se encuentre, genotipo, el medio ambiente donde habita y el estado físico (Paillacho, 2017).

Uno de los problemas más comunes de los productores de cuyes en el Perú es la nutrición inadecuada que realizan en su sistema de producción debido a la falta de información o falta de capacitación en el manejo de sistemas de alimentación, ofreciendo a los cuyes alimentos de baja calidad o limitados en cantidad, ocasionando un déficit en el rendimiento nutricional del animal (Sarria *et al.*, 2020). Por ello, como todo animal, el cuy requiere de requerimientos nutricionales tales como: energía, proteína, fibra, calcio fósforo, prinicpalmente en la etapa fisiológica que se encuentre para poder tener un rendimiento adecuado y óptimo (Tapia, 2023). En el cuadro 2 se detallan los requerimientos nutricionales

por etapas de vida.

Cuadro 2. Requerimientos nutricionales del cuy por etapas de vida

Nutriente	Inicio	Crecimiento	Acabado
Energía digestible	3000 kcal/kg	2800 kcal/kg	2700 kcal/kg
Proteína	20.00 %	18.00 %	18.00 %
Fibra	7.00 %	8.00 %	10.00 %
Calcio	0.80 %	0.80 %	0.80 %
Fósforo	0.80 %	0.80 %	0.80 %
Sodio	0.20 %	0.20 %	0.20 %
Lisina	0.84 %	0.84 %	0.84 %
Met + cis	0.60 %	0.60 %	0.60 %
Arginina	1.20 %	1.20 %	1.20 %
Treonina	0.60 %	0.60 %	0.60 %
Triptófano	0.18 %	0.18 %	0.18 %
Vitamina C	30.00 mg/100g	15.00 mg/100g	15.00 mg/100g

Fuente: Tapia, 2023.

A. **Energía**

La energía se genera cuando todo ser vivo al ingerir algún alimento como carbohidratos, lípidos o proteínas realiza la degradación gastrointestinal y una vez que están metabolizados los alimentos se elimina lo restante por las heces. La energía contenida

en los alimentos ingeridos menos la energía eliminada en las heces es la energía digestible (ED) aparente, que es utilizado por el animal y corresponde al rendimiento energético en cuyes (Shimada, 2015).

Es de importancia tener en cuenta la energía adecuada que debe consumir el cuy en las distintas etapas de vida (crecimiento, mantenimiento, producción y reproducción) ya que está influenciado por la temperatura, edad y estado fisiológico. Al respecto, hasta antes de los años 90, muchos investigadores tenían como referencia las recomendaciones del National Research Council (NRC, 1978) la cual sugería que la materia seca no debe de tener menos de 3000 kcal/kg como ED en la dieta diaria.

Sin embargo, actualmente como el cuy es un animal de consumo en la mayoría de países latinoamericanos, se han realizado distintas investigaciones en alimentación y su mejora en sistemas de crianza originando que distintos autores como Vergara (2008) propongan que la ED está influenciada por su fin productivo y por las distintas etapas de producción, sugiriéndose requerimientos energéticos de 3.0, 2.8, 2.7 y 2.9 Kcal de Mcal ED/Kg para inicio, crecimiento, acabado y gestación-lactancia, respectivamente.

Así mismo, Carrión (2013) señala que los cuyes pueden satisfacer sus requerimientos energéticos incluso con un consumo de solo el 75% de la materia seca estimada, siempre que el alimento suministrado tenga una adecuada concentración energética. En este sentido, se recomienda que el nivel de energía digestible se encuentre entre 2,500 y 3,000 kcal/kg de alimento, lo cual favorece un mayor consumo voluntario y una mejor ganancia de peso en los animales.

El consumo del alimento está muy relacionado a la cantidad de energía que contiene el alimento que se les ofrece. Es por ello, que una vez que los requerimientos energéticos están saciados por el cuy, el exceso de energía se almacenará como grasa en el cuerpo

perjudicando el desempeño productivo. Es así como a mayor consumo de alimento debe darse una reducción de energía en la dieta (Sarria *et al.*, 2020). Sin embargo, a un mayor nivel de energía en la ración se mejora la utilización de alimentos, la ganancia de peso y conversión alimenticia (Vílchez, 2014).

B. **Fibra**

El cuy es uno de los animales que digiere con facilidad la fibra ya que presentan en su ciego y colon una digestión microbiana que les ayuda a degradar los alimentos produciendo ácidos grasos volátiles que les permite satisfacer cierta parte del requerimiento energético que necesitan. Así mismo, la fibra es un componente esencial en la dieta puesto que ayuda a retrasar el paso de los alimentos por el tracto intestinal promoviendo de esta manera un mejor aprovechamiento de los nutrientes de los alimentos (Sarria *et al.*, 2020).

El concepto de fibra hace referencia a los componentes estructurales (pared celular) de los tejidos vegetales. Uno de los alimentos comunes que se les ofrece a los animales de producción es el forraje el cual contiene una fibra que está compuesta por: celulosa, hemicelulosa y lignina. Cuando una planta comienza a madurar (lignificación) también está aumentando progresivamente la lignocelulosa (lignina + celulosa) el cual se caracteriza por darle rigidez a la planta, hecho que determina la disminución de la digestibilidad de la fibra de la planta.

Así mismo, es de interés conocer el aporte de fibra bruta en una ración para una alimentación de cuyes ya que nos ayuda a determinar si el forraje tiene una mayor o menor digestibilidad, la fibra bruta está compuesta por fibra digestible (fibra neutro detergente) y fibra indigestible (fibra ácido detergente) (Jiménez, 2007). El estado de madurez de los pastos define el contenido de fibra bruta digestible e indigestible, que es importante para

la salud de los cuyes. Por ejemplo, un aporte inadecuado de fibra indigestible en el alimento conllevará a un acúmulo de heces en el ano o empastamiento a nivel cecal en cuyes, especialmente en reproductores, lo cual repercutirá en la salud y productividad del animal.

En la alimentación de cuyes, es esencial conocer el contenido y la calidad de la fibra presente en los insumos ofrecidos, ya que esta influye directamente en la digestibilidad del alimento, el consumo voluntario y, por ende, en el rendimiento productivo. Aunque el cuy posee un sistema digestivo adaptado a dietas con alto contenido de fibra, gracias a una eficiente fermentación cecal, niveles excesivos de fibra cruda (superiores al 25–30 %) o de baja calidad (con alto grado de lignificación) pueden reducir la digestibilidad de los nutrientes y disminuir el consumo. En este contexto, los forrajes constituyen la principal fuente de fibra en su dieta, aportando generalmente más del 18 % de fibra cruda y contenidos de fibra detergente neutro (FDN) que pueden oscilar entre el 45 % y 65 %, dependiendo de la especie forrajera y su estado de madurez (NRC, 1995; Lee, 2018; Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2019).

Sin embargo, al dar una alimentación mixta (forraje + alimento balanceado) pierde importancia el aporte de fibra como elemento esencial en la dieta alimentaria. Ante esto, el NRC (1995) recomienda que el porcentaje de fibra de alimento balanceado debe de estar al 15 %. No obstante, diferentes investigadores han realizado distintos experimentos para saber cuál es el porcentaje ideal de fibra en una alimentación mixta y así tener mayores beneficios productivos.

Frente a esta problemática, autores como Inga (2008) realizaron un experimento empleando alimentos peletizados con aporte de 8 y 10 % de fibra en relación con energías digestibles de 2.8 y 3.0 Mcal/kg, encontrándose ganancias de peso de 16.33g/animal/día en las dietas de 2.8 Mcal/kg de ED/kg y 8% de fibra en comparación al 3.0 Mcal/kg de

ED/kg y 10% de fibra que obtuvo 16.55g/animal/día. De igual modo, Ciprían (2006) evaluó en un experimento los tamaños de particula de 0,25 mm, 0,31 mm y 0,35 mm y los niveles de fibra de 8 y 12 % en un sistema de alimentación mixta en cuyes de crecimiento. Resultando con mejores ganancias de peso productivas los alimentos con tamaño de partículas de 0,31 mm y de 8% de fibra.

Los autores concluyen que las dietas con un mayor contenido de fibra presentan diversos beneficios para el cuy, entre ellos un crecimiento más eficiente y una mejor funcionalidad digestiva. Además, el uso de partículas de mayor tamaño favorece la motilidad intestinal, aunque también acelera el tránsito de los alimentos a lo largo del tracto digestivo. No obstante, se señala que las dietas con alto porcentaje de fibra pueden incrementar los costos de alimentación, lo cual debe ser considerado en el diseño de raciones balanceadas.

Distintas investigaciones mencionan como concepto general que las raciones de fibra en una alimentación mixta no deben de ser mayor a 18%. Por ello, autores como Vergara (2008) y Camino (2011) proponen que los requerimientos de fibra en una crianza intensiva con cuyes mejorados en las fases productivas de inicio, crecimiento, acabado y gestación-lactación sea de 6, 8, 10, 12% respectivamente. Así mismo, Solorzano y Sarria (2014) corroboran está propuesta al tener mayores beneficios productivos al ofrecer fibra al 10% a cuyes de engorde en comparación a los que recibieron 15 y 20 % de fibra ya que a mayor nivel de fibra en la dieta se afectaba la ganancia de peso del animal.

C. **Proteína**

Las proteínas están constituidas por compuestos moleculares llamados aminoácidos, los cuales forman parte de cada célula de un organismo (Barriga, 2019). Los aminoácidos se clasifican en esenciales y no esenciales. Siendo sólo los esenciales aquellos que no

pueden ser sintetizados por el animal. Por ello, es de importancia suplementarlos en la dieta alimentaria animal. Los aminoácidos esenciales son: Lisina, Metionina, Arginina, Treonina y Triptófano. Los no esenciales se sintetizan a partir de los aminoácidos esenciales, por lo tanto, no es significativo añadirlo en la dieta alimentaria (Jiménez, 2007).

El NRC (1978) recomienda niveles de 18 y 20 % de proteína derivados de 2 fuentes de proteínas. Una ración con menos del 10 % de proteínas ocasionará el bajo peso al nacer, la pérdida de peso en el animal, disminución en la fertilidad y de la producción de leche. Por el contrario, un exceso de proteína en la ración se reflejará un crecimiento lento en el animal, un desbalance en la relación proteína-energía (directamente proporcional) en la ración del alimento y un alza del costo de alimentación (Bustamante, 2022).

D. **Lípidos**

De los tejidos vegetales y animales se puede encontrar sustancias como aceites o grasas (lípidos). Los lípidos se clasifican en ácidos grasos saturados e insaturados, los cuales se usan en forma de grasas o aceites en la alimentación de los cuyes para satisfacer los requerimientos que mejore la producción, principalmente de leche. Autores como Jimenez (2007) menciona que se necesita un 3 a 5% de grasa en la ración alimentaria, otros investigadores como Carrión (2013) mencionan que con un 3% de grasa o ácido graso insaturado satisfacen sus necesidades. Sin embargo; el déficit de grasa en la ración repercute en la salud del animal como problemas de piel tales como crecimiento inadecuado de pelo, caída de pelo y decrecimiento del desarrollo (Barriga, 2019).

E. **Minerales**

Los minerales son elementos importantes en la vida de todo organismo ya que forman estructuras vitales (huesos, músculos y nervios). Existen minerales indispensables en la dieta del cuy: el calcio, fósforo, magnesio, potasio, sodio y cloro. El calcio y fósforo

forman parte del desarrollo de huesos y deben estar en una relación de 2:1. El sodio, cloro y potasio forman parte de la regulación del pH de los líquidos orgánicos. Los demás elementos tienen como función participar en la actividad enzimática y hormonal (Carrión, 2013).

Los minerales mayormente se encuentran en las malas hierbas de las zonas rurales y también se encuentran en los pastos como el trébol blanco, alfalfa, entre otros (Senteno, 2013). Así mismo, Collado (2016) menciona que los animales que tienen a disposición sales minerales junto a su alimento regulan el mejor consumo de alimento.

F. **Vitaminas**

Las vitaminas A, D, E y C son compuestos orgánicos importantes en la alimentación diaria del cuy, pues sirven para el correcto funcionamiento y desarrollo del cuy en la vida. Las vitaminas A, D y E son vitaminas liposolubles que en su mayoría se encuentran en los forrajes y son absorbidas en el intestino delgado. Sin embargo, no hay muchos estudios sobre los requerimientos adecuados para el cuy (Carrión, 2013).

Funciones resaltantes de cada vitamina:

-**Vitamina A:** Es importante para el desarrollo del sistema óseo, reproductivo y metabolismo hormonal de hembras y machos. La deficiencia de esta vitamina producirá ceguera y muerte como también un retraso del crecimiento (Barriga, 2019). El requerimiento diario es de 2mg de vitamina A/ kg (Collado, 2016).

-**Vitamina D:** Sirve para el fortalecimiento de los huesos y participa en el adecuado funcionamiento del aparato reproductivo. Una deficiencia de esta vitamina provocará el raquitismo (Barriga, 2019). Así mismo, Collado (2016) menciona que la inclusión de la vitamina D en la dieta ayuda en el aprovechamiento del calcio y fósforo. El requerimiento de vitamina D en los cuyes en crecimiento es de 0.025 mg/kg depeso vivo (Chauca, 2005).

-**Vitamina E:** es fundamental para el desarrollo de la preñez porque ayuda en la protección del feto (Barriga, 2019). De igual manera la deficiencia de esta vitamina provoca lesiones del músculo cardiaco lo que puede conllevar a una muerte repentina del animal (Chauca, 2005). El requerimiento de los cuyes en crecimiento de la vitamina E es de 26.70 mg/kg de peso vivo (Chicaiza, 2014).

Una de las vitaminas más importante para los cuyes es la vitamina C o vitamina antiescorbútica, ya que el cuy no la puede sintetizar porque carece de la enzima L-gulonolactona encargada de la síntesis de vitamina C a partir de la desintegración de la glucosa (Carrión, 2013). Esta vitamina generalmente se encuentra en los pastos verdes o en las dietas mixtas que están suplementadas, si se les brinda una dieta concentrada es necesario incluir vitamina C de 10 a 30 mg/animal/día (Bustamante, 2022) o añadir en el agua de los bebederos vitamina C en la cantidad de 0.2g/litro.

Otras vitaminas como la vitamina k y las vitaminas del complejo B son sintetizadas en el ciego por las bacterias generalmente gram positivas, las cuales junto a la producción de AGV cubren parte de los requerimientos nutricionales, así como también aportan proteína microbiana por medio de la cecotrofía (Condori, 2014).

G. **Agua**

El agua es el nutriente más importante y fundamental para los procesos vitales de todo organismo. El consumo necesario de la cantidad de agua a ofrecer depende de muchos factores como el tipo de alimentación que reciba el animal, el clima en el que habita y la edad o etapa fisiológica en que se encuentre (Barriga, 2019).

La alimentación a base de forraje fresco para cuyes cubre las necesidades requeridas de agua; sin embargo, el que necesita el animal; sin embargo, el suministro de agua además del pasto verde favorecerá los parámetros productivos del cuy (Chicaiza, 2014). Así

mismo, Suel (2022) menciona en su investigación que el requerimiento de agua necesario para cuyes en etapas de gestación, lactancia en ambientes de climas cálidos puede llegar hasta el 25% de peso vivo cuando lo normal es del 10% al 15% del peso vivo.

Estudios como el de Collado (2016) mencionan que si un cuy pesa aproximadamente 800 g y recibe de alimento 30 g de forraje por lo menos debe de consumir 85 ml de agua. Por ello, el requerimiento diario de agua que el cuy debe de recibir es de 105 ml por kilo de peso vivo (Carrión, 2013).

Una deficiencia en el consumo del agua repercute en la salud del animal mayormente en hembras preñadas, lactantes y de recría y en sus parámetros productivos reduciendo el número de crías nacidas, incrementando la mortalidad durante la lactancia y afectando el peso de las crías al nacer y al destete, así como de las madres al parto. En la etapa del crecimiento y engorde el déficit del consumo de agua repercute en la conversión alimenticia y en su eficiencia reproductiva (Collado, 2016).

2.1.3 **Alimentación del cuy**

En la alimentación del cuy es de importancia tener en cuenta el suministro de agua (*ad libitum*) en cualquier sistema de alimentación que se decida utilizar, ya que el consumo de agua ayuda en el crecimiento y desarrollo del cuy. Así mismo, se puede aprovechar en el suministro de vitaminas y antibióticos en el agua.

Al conocer los requerimientos nutricionales que necesita el cuy en su alimentación diaria, se piensa que y cuanta cantidad de alimento se tiene a disposición y que tan económico puede resultar ofrecerlas como alimento diario. En la actualidad se puede brindar forraje, concentrado, pastos, entre otros. No obstante, es importante saber combinar los alimentos que se ofrecerán a diario ya que una mala combinación de estos puede perjudicar la productividad y la vida del animal. Por ello, distintos trabajos de investigación

mencionan que existen tres sistemas de alimentación para el cuy, las cuales son:

A. **Alimentación con forraje**

La alimentación a base de solo forraje no alimenta ni cubre los requerimientos nutricionales que necesita el cuy para potenciar su capacidad reproductiva. Puesto que, aporta principalmente fibra, agua, minerales y vitaminas, siendo limitante en otros nutrientes (Artica, 2020).

El cuy al ser un animal herbívoro monogástrico que se adapta a la alimentación que le puedan ofrecer, al tipo del sistema de crianza y a la disponibilidad de recursos locales, siendo mayormente su preferencia consumir forraje verde (leguminosas y gramíneas), es por ello que se convierte en un animal de fácil manejo y bajo costo de producción.

Dentro de las leguminosas se encuentra la alfalfa, pasto preferido por el cuy de buena calidad nutricional; sin embargo, no se puede disponer de esta especie forrajera en todas las épocas del año en zonas con escasez de agua, por lo que algunos productores de cuyes optan por utilizar otros tipos de forraje, granos o residuos de cosecha, y que podrían afectar la productividad del animal.

Así mismo, cabe recalcar que una alimentación a base de solo de leguminosas no nutre al animal, por lo que se recomienda ofrecer leguminosas con gramíneas o leguminosas con concentrado ya que de esta manera se equilibra los requerimientos nutricionales y así potenciar la ración alimentaria diaria. Barriga (2019) mencionan que el cuy de 500 a 800 g consume forraje verde equivalente a un 30% de su peso vivo, que representa a aproximadamente 210g de forraje verde diario.

B. **Alimentación con balanceado**

Este tipo de alimentación mayormente lo utilizan dependiendo del lugar donde se encuentre la crianza de cuyes. Debido a la poca disponibilidad o escasez de forraje verde,

se puede optar por usar alimento balanceado como único alimento. Sin embargo, hay que tener en cuenta que al utilizar este tipo de alimentación se debe preparar una buena fórmula de concentrado para poder cubrir los requerimientos nutricionales que necesita el cuy, además de proveer agua (*ad libitum*) y vitamina C diariamente para evitar cuadros de estrés, inmunosupresión y afectaciones en el desarrollo, comprometiendo su productividad y salud general, además para evitar la presencia de comportamientos anormales (Mayer and Donnelly, 2012; Carr and Maggini, 2017) . Así mismo, con este tipo de alimentación suelen consumir más alimento, teniendo como referencia el consumo entre 40 a 60 g/animal/día teniendo presente que el porcentaje de fibra es de un mínimo de 9 y un máximo de 18% (Carbajal, 2015).

Ataucusi (2015) indica en su trabajo de investigación que a los animales adultos que se encuentran en la poza de reproducción se debe ofrecer 40 g/día de alimento balanceado y los animales de recría que se encuentran en la poza de recría se debe de suministrar 30 g/día del mismo alimento mencionado anteriormente. Pero esas cantidades de 30–40 g/día solo son suficientes si el alimento balanceado está bien formulado y se complementa con forraje de calidad. En sistemas intensivos modernos, se suele ofrecer mayor cantidad de concentrado para asegurar el crecimiento, reproducción y conversión óptima.

El alimento balanceado está conformado generalmente por salvado de trigo, maíz triturado, sales minerales y harina de alfalfa; sin embargo, la elección de ingredientes puede variar dependiendo la zona de crianza. Este tipo de alimento mayormente es considerado como suplemento energético y proteico, lo cual ayuda al crecimiento y desarrollo del animal. Por ello, es de importancia el consumo en el animal, no obstante, en la presentación en harina existe un gran desperdicio de las raciones en polvo, por consiguiente, es de preferencia ofrecer el alimento balanceado en forma de pellets dado que se obtiene mejores ganancias de peso y de conversión alimenticia.

Algunas investigaciones indican que una alimentación de concentrado con vitamina C generan similares parámetros productivos que una alimentación a base de solo forraje (Huamani *et al.*, 2016).

C. **Alimentación con forraje más concentrado (mixta)**

Este tipo de alimentación genera en el cuy una mejor conversión alimenticia porque hay un mayor consumo de concentrado y reduce el consumo de forraje verde, permitiendo que el animal engorde en menor tiempo y pueda salir al mercado mucho más rápido.

Las madres con este tipo de alimentación mejoran su reproducción y sus crías nacen más fuertes (Barriga, 2019). Mazo (2013) menciona que al ofrecer concentrado como alimento complementario llega a representar el 40 % de la alimentación del animal. Sin embargo, si se le ofrece un forraje de baja calidad al animal obliga a que este consuma mucho más concentrado para poder satisfacer sus requerimientos nutricionales (Meza *et al.*, 2014).

Actualmente en el Perú se emplea más el tipo de alimentación mixta (forraje y alimento balanceado) siendo este tipo de alimento de más costo, pero, con mejor rendimiento en comparación al sistema de alimentación con solo forraje. Por otro lado, se están haciendo estudios sobre la inclusión de aditivos alimentarios funcionales (probioticos, prebioticos, y aceites esenciales) en la alimentación de los animales en vista que presentan propiedades benéficas para la salud del animal al actuar como: bactericida, fungicida, antioxidante, antiparasitaria, antiinflamatorias, principalmente. Teniendo de esta manera, un efecto positivo sobre los parámetros productivos en cuyes en la etapa de crecimiento y ser una opción de reemplazo al uso excesivo de los antibióticos promotores de crecimiento (APC) en la alimentación de animales.

2.1.4 **Parámetros productivos del cuy**

Es importante tener conocimiento sobre los parámetros productivos en una explotación pecuaria, dado que estos parámetros nos sirven como indicadores de referencia para saber que tan rentable es la explotación mediante la estimación de indicadores basados en registros confiables (base de datos) y de esta manera poder tomar decisiones asertivas.

A. **Ganancia de peso:**

La ganancia de peso se mide por diferencias de pesos tomados en diferentes momentos y está relacionado directamente con el factor genético y alimentación diaria del animal. Distintos estudios mencionan que al emplear cuyes mejorados y con una alimentación adecuada además de buenas condiciones de manejo se pueden obtener cuyes con pesos de 0.750 a 0.850 kg entre las semanas 9 y 10 de edad, siendo los más recomendables para su comercialización (Blanco, 2005).

Fórmula: Ganancia de Peso (g) = Peso Final (g) - Peso Inicial (g)

B. **Consumo de Alimento (Ac):**

Es el indicador que nos muestra la cantidad de alimento que consume el cuy en un periodo de tiempo determinado estando relacionado con el peso vivo del animal, es una variable que contribuye a la eficiencia alimenticia del animal. El consumo promedio es de 30 a 40 g/día/cuy de concentrado y de forraje verde entre 150 a 240 g/día/cuy (Chauca, 1997).

$$\mathbf{Ac = Ao - Ar}$$

Donde: Ac: Alimento consumido; Ao: Alimento ofrecido; Ar: Alimento rechazado

C. **Conversión Alimenticia (CA):**

La conversión alimenticia se define como la habilidad de un animal para transformar

los alimentos en peso vivo, por lo que es un indicador de importancia ya que tiene relación con la rentabilidad de la explotación. Este indicador se expresa como la relación entre la cantidad de alimento consumido durante toda la campaña y el peso vivo que se ha logrado incrementar al término de la campaña (Infopork, 2008).

$$\text{CA} = \frac{Consumo\ de\ Alimento\ (Kg)}{Ganancia\ de\ Peso\ (Kg)}$$

D. **Rendimiento de carcasa (RC):**

El rendimiento de la carcasa se obtiene después del beneficio del animal y se define como carcasa al cuerpo del animal después del sacrificio, al que se le han retirado todo el tracto digestivo quedando con las vísceras comerciales (corazón, hígado, riñones, pulmones) y que incluye la piel y la cabeza, según el sistema de faenado aplicado en cuyes (Quispe y Rentería, 2019).

RC%= (peso de carcasa / peso vivo) x100

2.1.5 **Aditivos alimentarios funcionales: problemática de los APC frente a los probióticos**

En sus inicios los antibióticos promotores de crecimiento (APC) fueron utilizados con la finalidad de mejorar la absorción de nutrientes en los animales pecuarios y, de esta manera mejorar el crecimiento y desarrollo del animal. Sin embargo, el uso indiscriminado en la alimentación animal genera a largo plazo aparición o proliferación de bacterias resistentes a distintos grupos de antibióticos, entonces, al persistir las bacterias resistentes, las enfermedades infecciosas que presente el animal se retrasa más su tiempo de recuperación, además de ya quedar en la carcasa del animal residuos de microorganismos resistentes (Guevara *et al.*, 2021), elementos a los que se exponen las personas que consumen estas carnes y que pueden afectar la salud.

Distintas investigaciones mencionan que los APC se utilizan en países subdesarrollados y en zonas de mayor pobreza, dados sus efectos en el crecimiento de los animales. Hoy en día la implementación de buena bioseguridad y un plan sanitario en las granjas acompañado de una buena alimentación puede ayudar a prescindir de los APC con efectos favorables en los costos de producción (Córdova *et al*., 2024).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que los antibióticos promotores de crecimiento (APC) se clasifican en tres categorías según su empleo en animales pecuarios: tratamiento para la enfermedades diagnosticadas clínicamente, prevención o control de enfermedades infecciosas no diagnosticadas clínicamente y dosificar concentraciones subterapéuticas de los antibióticos para incrementar mucho más rápido la masa muscular del animal o mejorar la utilización de los alimentos no basándose en la nutrición (Muaz *et al.*, 2018; Patel *et al.*, 2020).

Existe una gran historia sobre el uso de los APC en la alimentación de los animales pecuarios. En ese sentido, se han estado utilizando de una manera inadecuada e irresponsable en la dosificación subterapéutica de los antibióticos en la alimentación del animal sano repercutiendo de esta manera en la salud pública. Por ello, la OMS ha prohibido el uso de los APC en la alimentación de animales para consumo humano frente al riesgo que representan para la salud pública (Ríos, 2017).

A partir del 1 de enero de 2006 la Unión Europea y otros países prohibieron el uso de los APC en los alimentos (Stevanović *et al.*, 2018). Sin embargo, en la actualidad, esta norma aún no es adoptada de manera uniforme por todos los países. Ante este escenario se han impulsado investigaciones en la búsqueda de sustancias no antibióticas como el empleo de distintos aditivos naturales como suplemento alimenticio, lo cual se ha visto que genera muchos beneficios en la salud del animal y ser una opción viable a favor del

reemplazo a los APC a futuro. Tenemos como aditivos alimentarios funcionales a los prebióticos, probióticos, ácidos orgánicos, ácidos grasos, aceites esenciales, entre otros (García y García, 2015).

2.1.6. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son compuestos volátiles con sabor, aroma y olor donde se producen y se almacenan en los conductos secretores de las plantas, no siendo compuestos esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta, sino que cumplen una función defensiva frente a depredadores (microorganismos, hongos, insectos, herbívoros) (Martinez *et al.,* 2015). Sin embargo, al ser productos volátiles, reactivos, incoloros, no grasos, poco solubles en agua y ligeros están más predispuestos a perderse debido a que sus características físicoquímicas los hacen más sensibles al contacto directo a los rayos UV, calor, oxígeno, humedad y luz generando de esta manera una problemática en su uso (Mendoza *et al.*, 2023; Mohamed *et al.*, 2021).

Ante este problema, actualmente los aceites esenciales son considerados por la Food and Drug Administration (FDA) productos GRAS (generalmente reconocidos como agentes seguros) siendo una opción natural de solución en reemplazo a los APC para su uso como aditivo alimenticio en la alimentación animal y humana (Díaz *et al.*, 2015).

Los aceites esenciales son una alternativa aprobada por el parlamento europeo desde el 22 de septiembre del 2003 como aditivo natural de origen vegetal a favor del reemplazo a los APC en la alimentación animal y así lograr un consumo más seguro en la salud de la humanidad (Markowiak y Ślizewska, 2018).

Existen diversas maneras de clasificar químicamente los aceites esenciales. Gallart (2021) menciona que al ser compuestos volátiles los aceites esenciales están conformados por dos fracciones:

- **Fracción volátil:** consiste en el 85 a 99% del total de aceite y mayormente presenta sesquiterpenos, monoterpenos y diterpenos en conjunto con sus derivados oxigenados (aldehídos, cetonas, alcoholes, ésteres y epóxidos). Sustancias responsables del aroma de la planta.
- **Fracción no volátil (residual):** presenta del 1 al 15% del total de aceite y está conformado por ácidos grasos, hidrocarburos, esteroles, ceras, carotenoides, cumarinas, flavonoides y psorales.

Govindarajan *et al*. (2016) clasifican químicamente a los aceites esenciales como sesquiterpenos (hidrocarburos, alcoholes, cetonas), terpenos y monoterpenos o sustancias azufradas y nitrogenadas. Así mismo, la composición química de la concentración del aceite depende mucho del órgano (hoja, flor y raíz) de colecta, época de la recolección, etapa de crecimiento, las condiciones ambientales y método de extracción (Martinez *et al.*, 2015).

Desde la antigüedad las plantas y sus derivados como los aceites esenciales han sido utilizados en la medicina. Por lo cual, en la actualidad los aceites esenciales son utilizados en las industrias de cosmética, perfumería, de alimentos (condimentos, saborizantes y conservantes), producción animal (actualmente) y principalmente farmacéutico, dado que presenta muchos beneficios en la salud humana al ser conocidos por sus propiedades antifúngicas, antibióticas, antivirales, anticancerígenas y antiparasitarias (Solarte, 2017).

Los aceites esenciales son combinaciones de sustancias químicas volátiles a temperatura ambiental de bajo peso molecular (hidrocarburos, terpenos, alcoholes, compuestos carbonílicos, aldehídos aromáticos y fenoles) derivados del metabolismo de diferentes partes de las plantas (tallo, flores, raíces, semillas y frutos) y son extraídos por diferentes métodos, siendo las más comunes: la destilación seca tras la separación de la fase acuosa (proceso físico) y la destilación con vapor de agua (proceso mecánico)

(Quiñones, 2022).

A. **Mecanismo de acción**

Existen diferentes teorías sobre el mecanismo de acción de los aceites esenciales frente a las bacterias, pero Yang *et al* (2015) mencionan en términos generales que los aceites esenciales alteran la morfología de la bacteria, por ende aumenta la permeabilidad de la célula ocasionando la expresión del contenido celular y su muerte. Así mismo, Nazzaro *et al.* (2013) concuerdan con lo dicho anteriormente, indicando en su estudio (Figura 1) que los metabolitos secundarios de los aceites esenciales inhiben o retardan el crecimiento de la membrana o citoplasma de hongos, levaduras y bacterias afectando de esta manera el desarrollo de la célula, o en algunos casos cambiando la morfología de la célula.

Del mismo modo, como se informó previamente, autores como Langeveld *et al.* (2014) refieren que no hay un único mecanismo de acción sino un desencadenamiento de reacciones que involucra a distintas partes de la célula, lo cual al alterar la permeabilidad de la membrana y al presentar defectos en el transporte de moléculas e iones/electrones para la producción de energía, ocasiona un desequilibrio el interior de la célula provocando el daño de las proteínas (enzimas) de la pared celular, la coagulación del citoplasma, la fuga celular y la reducción de la fuerza motora del protón, provocando la inhibición o retraso del crecimiento de la bacteria, lisis celular y muerte.

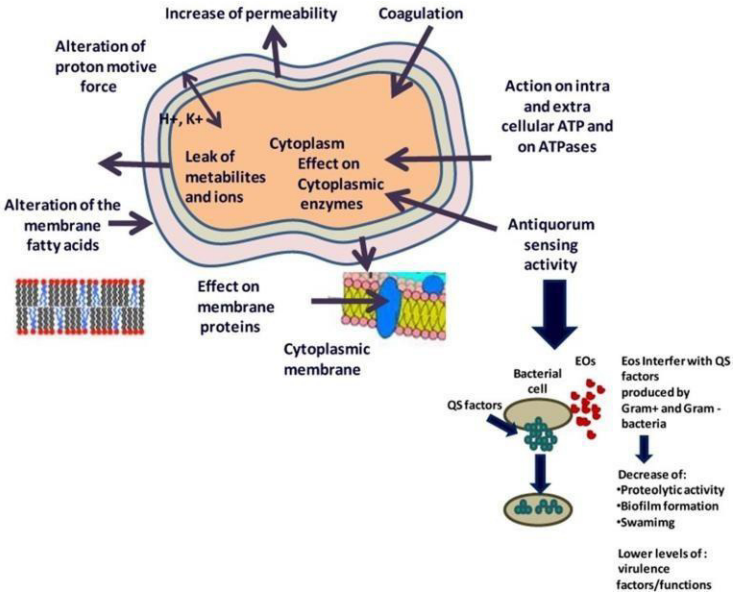


Figura 1. Mecanismo de acción de los aceites esenciales en las células microbianas (Nazzaro *et al*., 2013).

La hidrofobicidad que presentan los aceites esenciales consiste en la incapacidad de poderse separar de las membranas celulares bacterianas conduciendo a la desestabilización de la bicapa fosfolipídica de la bacteria permitiendo la alteración de la funcionalidad y estructura de la membrana plasmática, la pérdida de componentes intracelulares importantes y la inactivación de mecanismo enzimáticos al no poderse separar los aceites esenciales de las membranas celulares bacterianas.

Los aceites esenciales al ser hidrofóbicos provoca una mayor permeabilidad de la membrana de las bacterias gram-positivas debido a que no presentan una membrana externa y poseen una estructura de la pared celular (peptidoglicano) mucho más sencillas de penetrar en comparación a las bacterias gram-negativas que si tienen una membrana externa y una estructura mucho más compleja, lo cual provoca el impedimento o límite de la penetración de los aceites esenciales hacia la célula (O´Bryan *et al.*, 2015).

Existen estudios donde mencionan que la actividad de los aceites esenciales y/o sus

componentes es mucho mayor el daño celular dependiendo la forma de la bacteria que presente. Es decir, las células bacterianas en forma de bastón (*S. typhimurium* y *E. coli*) son más sensibles a los aceites esenciales que las células cocoides (*M. luteus* y *S. aureus*) (Nazzaro *et al*., 2013).

Los principios activos producidos por los aceites esenciales y/o componentes responden de manera diferente dependiendo de la concentración que presenten en los aceites esenciales. Así como también, es de importancia saber cómo es el modo de acción de los distintos metabolitos que contienen los aceites esenciales dado que esto determina la actividad del aceite esencial, el tipo de reacción y la respuesta biológica en la célula microbiana (Padalia *et al.*, 2015).

B. **Métodos de extracción**

El tipo de extracción a utilizar depende del tipo de planta, la calidad del aceite por extraer y de la estabilidad de sus constituyentes. Por ello, en la actualidad, existen diferentes métodos de extracción de aceites esenciales en la actualidad; siendo los más convencionales los siguientes:

- Destilación por arrastre al vapor:

Este tipo de extracción es el más utilizado, antiguo y sencillo para obtener el aceite esencial de las plantas. Una descripción general sobre este tipo de método de extracción consiste en el arrastre de los compuestos volátiles de las plantas por parte del vapor de agua pasando por un proceso de condensación, se recolecta y se separa el aceite esencial del agua por la diferencia de densidad y su inmiscibilidad con el agua (Figura 2) (Trujillo, 2024).

Cabe mencionar que Cárdenas (2014) en su trabajo de investigación refiere que este tipo de método de extracción se emplea mayormente para separar aceites esenciales que

se encuentran presentes en hojas, semillas o cáscaras de algunas plantas (menta, canela, anís, pimienta, cáscara o té de naranja o limón).

Este proceso se lleva a cabo al colocar la planta (hojas, semillas o cáscaras) en el tanque del destilador, se coloca una cantidad de agua y se lleva hasta su punto de ebullición; simultáneamente en otro recipiente se genera el vapor y la caldera inyecta al vapor hacia el tanque del destilador, al entrar en contacto el agua caliente y el vapor, se produce el arrastre del aceite esencial mediante el vapor de agua desprendiendo pequeñas gotas de aceite del tejido fino de la planta. Esta mezcla del vapor de aceite y agua pasa por el condensador, se condensa y el destilado finalmente es recolectado en un separador donde se produce dos fases de líquido inmiscibles; la parte inferior agua y la parte superior el aceite esencial (Figura 3)

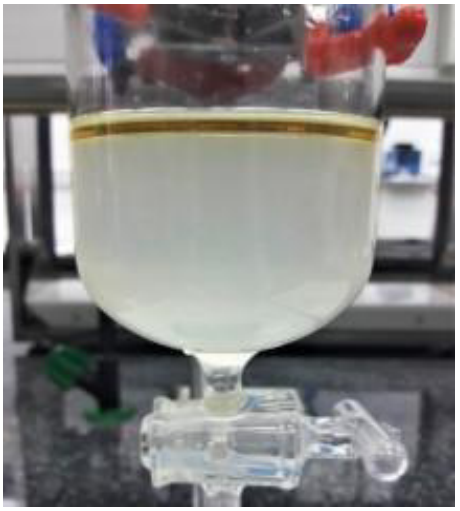


Figura 2. Separación del aceite esencial y el agua mediante el método de destilación por arrastre de vapor de agua (Casado, 2018).

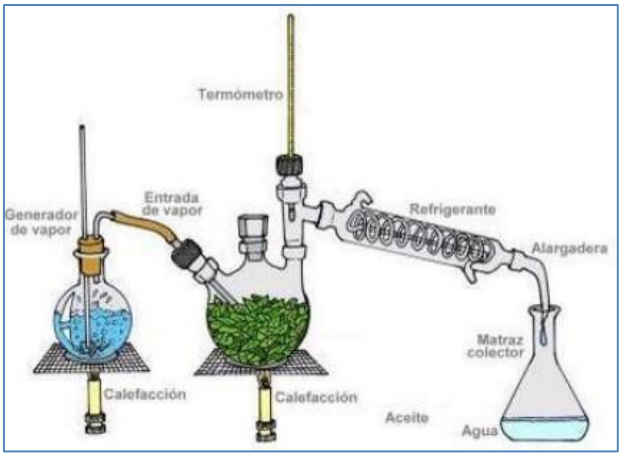


Figura 3. Proceso del método destilación al arrastre de vapor de agua (Pérez, 2022).

- **Prensado frío:**

Este método es llamado también expresión o escarificación. Se utiliza mayormente este método para extraer los aceites esenciales de los frutos cítricos al colocar la fruta en un dispositivo que la perfora hasta exprimir la cáscara (rompiendo los sacos de aceite esencial que se encuentra en la parte inferior de la corteza) recolectando el aceite esencial y pigmento y posteriormente filtrado hasta obtener dos fracciones; una volátil y la otra no volátil (Gallart, 2021).

- **Enflorado (enfleurage o macerado):**

Este método de extracción es uno de los más antiguos el cual normalmente se emplea cuando la materia vegetal a extraer tiene aceites esenciales que provienen de las flores (jazmín, rosas, azahar, principalmente); sin embargo, en la actualidad no es tan frecuente su uso ya que tiene un bajo rendimiento y elevado costo por su difícil separación del aceite extractor. Su extracción consiste en colocar las flores junto a la grasas absorbentes (medio extractor), vegetal o animal, provocan a los días una combinación de aceite-grasa que posteriormente se añade a la mezcla alcohol absoluto para su separación, obteniendo de esta manera extractos alcohólicos de flores, se evapora el alcohol y se logra la concentración de esencias florales (Rodríguez *et al*., 2012).

C. Importancia y uso de los aceites esenciales como suplemento en la alimentación de los animales pecuarios

Hoy en día en la industria animal existe principalmente un gran interés en la búsqueda de opciones viables naturales a utilizar en reemplazo a los APC ya que durante mucho tiempo se han utilizado los promotores de crecimiento de una manera irresponsable e indiscriminada en la alimentación de los animales pecuarios por parte de los productores ocasionando a futuro la resistencia de algunas bacterias ante los antibióticos.

Por ello, una alternativa natural viable de las que existen en el mercado son los “aceites esenciales”, dado que presenta efectos positivos en la alimentación de los animales como el de actuar como antioxidantes, estimulantes de la digestión mejorando la capacidad de absorción de nutrientes y aumentar la regulación del metabolismo gastrointestinal.

En la industria avícola se han utilizado aceites esenciales provenientes de distintas plantas como manzanilla (*Anthemis arvensis L.*), tomillo blanco (*Thymus algeriensis Bois*),

anís (*Pimpinella anisum*), jengibre (*Zingiber officinale*), cáscara de toronja (*Haloxylon scoparium Pomel*), que han generado efectos positivos en la salud de los animales como en el aumento de la ganancia de peso, la mejora de los parámetros productivos y de la conversión alimenticia (Martínez *et al.*, 2015).

Ante lo mencionado, Redondo y Santos (2009) mencionan que el uso de la mezcla comercial de clavo (*Syzigium aromathicum*) y orégano (*Origanum vulgare*) en la alimentación de las aves trae beneficios que se observan en la mejora del apetito del animal generando una mejora en la conversión alimenticia en las aves.

En el caso de los animales pecuarios como el cerdo, al ser sensible a la bacteria *Escherichia coli* por causar generalmente diarreas y distintas enfermedades en el animal, se da un mal uso de los APC por los productores como prevención y profilaxis de enfermedades en la granja, lo cual a futuro conlleva a la resistencia de distintas bacterias oportunistas. Es por ello, que el uso de los aceites esenciales como alternativa natural en reemplazo a los APC en los cerdos sería una buena opción de uso; no obstante, existen muy pocos estudios sobre su uso en la alimentación de cerdos (Martinez *et al.*, 2015).

Las aves y porcinos al presentar un sistema digestivo similar por ser animales no rumiantes, podríamos considerar que también al introducir los aceites esenciales en la alimentación de estos es posible generar muchos beneficios en la salud del animal y en la producción diaria como en el caso de las aves. Por ello, distintos autores al realizar estudios de investigación referente al uso de aceites esenciales como del orégano (*Origanum vulgare*), salvia (*Salvia officilalis*), hierba de san juan (*Hypericum perforatum*), ajo (*Allium sativum*), menta (*Mentha piperita*), romero (*Rosmarinus officinalis*), tomillo (*Thymus vulgaris*) y enebro (*Juniperus communis*) en la dieta alimentaria del animal obtuvieron un incremento en los índices productivos favoreciendo la digestibilidad de los nutrientes del

alimento ofrecido, un mejor sabor de la carne y una mayor ganancia de peso en corto tiempo (Ayala *et al.* 2011; Hernández *et al*., 2014).

De igual modo, el uso de aceites esenciales que contengan aditivos naturales como el timol y cimaldehído ayuda a reducir las diarreas en cuyes, al aumentar la población de *Lactobacillus* en la microbiota intestinal y mejorar la utilización del nitrógeno; además, se observa una mejor conversión alimenticia, entre otros beneficios (Li *et al.*, 2012).

Respecto al empleo de aceites esenciales en la dieta alimentaria de los rumiantes, se han realizado varios estudios de investigación por dos motivos: primero, en favor al reemplazo de los APC ante su prohibición en distintos países, y segundo, en la búsqueda a la solución frente a los efectos ambientales preocupantes que generan los rumiantes ante la emanación de nitrógeno amoniacal para el medio ambiente.

Por los argumentos antes mencionados, los aceites esenciales como de eucalipto (*Eucalyptus*), eneldo (*Anethum graveolens*), canela (*Cinnamomum verum*), orégano (*Origanum vulgare*), enebro (*Juniperus communis*), hinojo (*Foeniculum vulgare*), clavo (*Syzygium aromaticum*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) en concentraciones de 0.02g/kg/l como aditivo natural en la dieta alimentaria de ovinos, bovinos y caprinos produce efectos positivos en el organismo del animal.

Asi tenemos que se ha comprobado: la inhibición del crecimiento de algunas bacterias metanogénicas del rumen (*Methanobrevibacter smithii, M. ruminantium. Methanosphaera stadtmanae*), el mejor aprovechamiento de los nutrientes de los alimentos al no inhibir la fermentación microbiana ruminal sino modificando la fermentación ruminal, incrementando la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) y de nitrógeno amoniacal (Patra y Saxena, 2010; Martinez *et al.*, 2015); así mismo, el potenciamiento en la producción de leche y carne de bovinos y ovinos que permite a largo plazo obtiene

mejores conversiones alimenticias y mayores ganancias de peso (Giannenas *et al.*, 2011).

Tekippe *et al*. (2011) refieren que el uso de aceites esenciales de orégano (*Origanum vulgare*) a una concentración de 500g/día en la alimentación de vacas lecheras no obtuvo grandes diferencias en cuanto a la producción de leche, concentración de la urea, el rendimiento del animal, la proteína de leche y lactosa; sin embargo, el contenido de grasa en la leche incrementó de 3.5% y la concentración de amoniaco aumentó, pero la producción de metano se redujo. Así mismo, Hristov *et al.* (2013) refieren que el uso de de aceite esencial de orégano (250-750 g/vaca/día) no afecta a la producción, composición y ácidos grasos de la leche de vaca, pero sí disminuye la concentración de metano.

En un trabajo de investigación de Giannenas *et al.* (2011) mencionaron que el agregar aceites esenciales (de 100 a 150 mg/kg/día) en la dieta alimentaria de las ovejas lecheras puede incrementar la producción láctea por oveja, el rendimiento del animal y la mejora en la conversión alimenticia; no obstante, no hubo diferencias significativas referente a la composición de la leche, pero si en la reducción de la concentración de urea y una reducción de las bacterias hiperproductoras de amoniaco. Así mismo, respecto a las ovejas de carne se han realizado estudios de investigación sobre el uso de aceites esenciales de canela, ajo y enebro (200 mg/kg de MS) en su alimentación donde se obtuvo efectos positivos en la conversión alimenticia y en el incremento de la ganancia de peso (36 g/día) (Chaves *et al.*, 2008).

En otro estudio la inclusión de aceites esenciales en la dieta alimentaria de los ovinos y caprinos favoreció el control y reducción de la carga parasitaria de huevos y larvas de nemátodos gastrointestinales como también de ectoparásitos, dado que algunos aceites esenciales, así como la artemisia (*Artemisia lancea*) a una dosis de 10 mg/ml contienen cineol y alcanfor que afectan negativamente al desarrollo y eclosión de huevos de parásitos

(Zhu *et al*., 2013). Es decir, distintos autores han utilizado aceites esenciales en la dieta del animal por sus grandes beneficios como profilaxis gastroentérica y repelente (Martínez *et al*., 2015).

En la actualidad existe una escasa información referida a la aplicación de aceites esenciales como suplemento en la dieta de los sistemas de producción de cuyes (Saavedra, 2019). No obstante, se han realizado muchos trabajos de investigación sobre el empleo de aceites esenciales en cuyes como conservantes de carnes mediante el curado en virtud de sus propiedades benéficas que contienen los aceites esenciales al presentar compuestos antimicrobianos tipo eugenol o aldehído cinámico, que funciona como un preservante natural; además, de ofrecer un alimento con sabor aromático agradable para el consumidor (Hilvay, 2015).

2.2 **Orégano (*Origanum vulgare*)**

El orégano (*Origanum vulgare* L.) es una planta aromática originaria del mediterráneo (Figura 4). En el mundo existen 2 especies de orégano de mayor distribución: la *Lippia graveolens* (Verbenaceae), originaria de América, y *Origanum vulgare* , nativa de Europa; Sin embargo, en el Perú se cultiva principalmente el *Origanum vulgare* en el departamento de Tacna ya que esta planta se adapta bien entre los 2600 y 3000 metros de altitud sobre el nivel del mar (Téllez *et al.*, 2014). En la tabla 3 se muestra la taxonomía del orégano.



Figura 4. Hojas de orégano de color verde brillante (*Origanum vulgare*) (Garay, 2015).

Cuadro 3. Clasificación taxonómica del orégano

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Subfamilia	Nepetoidae
Tribu	Mentheae
Género	Origanum
Especie	Origanum vulgare

Fuente: Minaya, 2019.

El Perú es considerado uno de los 3 países productores del orégano a nivel de América, junto con Chile y México, por lo cual se ha convertido en uno de los principales países exportadores de esta planta a nivel de Sudamérica y Europa (Hérnandez, 2020). Siendo su principal comprador Brasil en el 2023 con US $2.133.429 y como segundo país comprador España con US $1.039.668 (León, 2023b).

El orégano es cultivado en el Perú por pequeños productores principalmente de las regiones de Tacna, Arequipa y Moquegua. Esta planta herbácea tiene una vida útil de 10 a 20 años, considerada resistente al frío y a climas cálidos; sin embargo, si está expuesta a temperaturas menores de 5 °C, se afecta en su crecimiento y desarrollo. Así mismo, esta planta se adapta a cualquier tipo de suelo; no obstante, tiene mejores rendimientos en suelos franco-arcillosos (Tonconi, 2017).

El departamento de Tacna es la región principal de mayor producción de orégano seco con un 9 859 t (73%), debido a que presenta un clima y suelo favorable para la cosecha con hasta 2 cortes al año logrando incluso conseguir mejores precios y con menores residuos químicos de herbicidas o plaguicidas. Los principales distritos interandinos de producción son: Ilabaya, Susapaya, Candarave, Tarata, Camilaca, Cairani, Huanura. La segunda región con mayor producción es Moquegua con 1 792 tn (13%) y Arequipa con 1 619 t (12%) (Villalva, 2023).

Sin embargo; en la costa también se realiza la siembra de orégano; no obstante, presenta hojas más pequeñas obteniéndose hasta 3 cortes al año con una mayor tendencia al uso de químicos en su desarrollo y producción complementandose con el orégano de la sierra para obtener una mejor calidad. Los principales distritos costeros de producción son: Los Palos, Locumba y La Yarada (MINAGRI, 2020).

Según MIDAGRI (2024) la producción de orégano seco en el Perú creció en el 2023 alcanzando 5,430 toneladas a nivel nacional; sin embargo, en el año 2024 se ha visto un decaimiento en la producción de hasta 2650 toneladas. Esto se debe a que la producción del orégano en el Perú en la mayoría es desarrollada por una agricultura familiar con tecnologías de carácter ancestral o tradicional, lo cual presentan escasos recursos económicos, la ausencia de políticas de apoyo y la falta de información o la capacitación sobre un mejor manejo de cultivos ocasionando una escasa preparación ante los cambios climáticos (sequías y temperaturas extremas) adversos que se puedan presentar y no tener un registro del comportamiento del precio del orégano en el mercado, por lo que por distintas épocas al haber una alta demanda del producto, el productor ante este impacto incrementa la oferta sembrando en más hectáreas el orégano y así aumentar el precio.

Sin embargo, al bajar abruptamente los precios por los períodos de cosecha, existe un exceso de oferta y una abundancia del producto en el mercado agropecuario, ya que no se tiene hasta la actualidad una información clara sobre el comportamiento de precios del orégano en mercado generando un problema en la agricultura del Perú.

El mes de mayor producción del orégano en el Perú desde el año 2023 hasta enero del 2024 como lo indica el MIDAGRI (2024) es el mes de abril alcanzando hasta 2,741 toneladas de producción, siguiendo noviembre con una producción de 2317 toneladas y por último mayo con una producción de 2264 toneladas. No obstante, el mes con mayor precio promedio pagado por la producción del orégano es en octubre a 8.47 soles/kg, siguiendo agosto a 8.03 soles/kg y abril a 6.75 soles/kg.

2.2. Aceite esencial de orégano

El aceite esencial de orégano se obtiene de las hojas, corteza y fruto de la planta; así mismo, el orégano sembrado en zonas de menor altitud no podrá contener aceites esenciales con altas concentraciones de metabolitos secundarios (timol y carvacrol)

(Téllez *et al.*, 2014).

2.2.1.Composición química

Los principales compuestos bioactivos de las especies más utilizadas de orégano son: el carvacrol y el timol, ya que son las sustancias químicas con mayor concentración que representan el 80% de su composición (Hernández, 2020) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Componentes químicos del aceite esencial de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*)

Compuestos	%
α-tujeno	1.94%
Sabineno	2.77%
Mirceno	1.22%
ρ-cimeno	1.57%
γ-terpineno	2.17%
Cis p-2-mentenol	1.66%
Trans p-2-mentenol	1.15%
Borneol	2.95%
4-terpinenol	18.38%
α-terpineol	3.20%
Timol	3.98%
Carvacrol	42.83%

Fuente: Hernández, 2020

En el cuadro 5, se muestra un estudio realizado por Sánchez y Rázuri (2017) que determina la composición química del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) mediante la utilización de la cromatografía de gases-espectrometría de masas.

Cuadro 5. Componentes químicos del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) mediante la utilización de la cromatografía de gases-espectrometría de masas.

Tricosano	0.36%
Trans cariofileno	2.51%
Germacreno D	1.27%
B-bisaboleno	1.50%
Espatulenol	1.81%
Óxido de cariofileno	1.40%

Fuente: Sánchez y Rázuri, 2017.

2.2.2. Mecanismo de acción

En la actualidad se han hecho distintas investigaciones principalmente a los compuestos fenólicos timol y carvacrol quienes son los grupos terpenos más abundantes que se encuentran presentes en el aceite esencial de orégano. Por ello, existe una gran información referido al carvacrol que causa un daño estructural y funcional en la membrana de las células microbianas provocando la salida de lipopolisacáridos y aumentando permeabilidad de la membrana plasmática (formando poros), junto a una pérdida del ATP, finalizando con la lisis celular.

Así mismo, el carvacrol tiene un efecto desintegrador sobre la membrana de las bacterias gram negativas como en el caso de la *salmonella Typhimurium*, lo cual al liberar los lipopolisacáridos alteran el transporte de iones, dañando la membrana citoplasmática de la célula bacteriana (Nazarro *et al.*, 2013).

El carvacrol al exponerse con las células microbianas puede cambiar la composición de los ácidos grasos de la membrana afectando de esta manera la fluidez y por ende la permeabilidad de la célula microbiana (Di pasqua *et al.*, 2006). Según otros estudios como el de Hyldegaard *et al.*, (2012) respecto a la permeabilidad de la célula, al estar en contacto con el carvacrol, al monitorear el eflujo de H+, K+, carboxifluoresceina y ATP y la afluencia de tinciones de ácidos nucleicos, es cuando se incrementa la fluidez y posteriormente aumentar la permeabilidad de la célula afectada.

Existen investigaciones donde mencionan que el carvacrol puede afectar inhibiendo el plegamiento o inserción de proteínas antimicrobianas, como también afectar enzimas periplásmicas hasta incluso perjudicar la flagelina de la célula bacteriana ocasionando una reducción en la motilidad flagelar concluyendo que la presencia del carvacrol disminuye la fuerza motriz de protones necesaria para impulsar el movimiento flagelar (Nazarro *et al.*, 2013).

El timol, junto al carvacrol presentan efectos antimicrobianos similares, pero con diferentes mecanismos de acción contra bacterias gram positivas y gram negativas. No obstante, autores como Hyldegaard *et al*., (2012) mencionan que no está estudiado a fondo sobre cómo se efectúa la acción del compuesto monoterpenoide fenólico timol, pero, se cree que causa daño estructural y funcional en la membrana citoplasmática de la célula bacteriana afectando de esta manera la permeabilidad de la membrana ocasionando la liberación de iones K+ y ATP; como también, puede afectar la expresión de proteínas involucradas en el metabolismo energético de la célula (Nazarro *et al.*, 2013).

Distintos estudios indican que al combinar dos o más compuestos de los aceites esenciales pueden actuar de manera sinérgica, aditiva o antagónica, aumentando la efectividad antimicrobiana y antioxidante dependiendo de las concentraciones utilizadas (Araujo, 2019). En el estudio de Ceballos y Londoño (2017) mencionan que existe un sinergismo entre el timol y eugenol, al interrumpir el timol y desintegrar la membrana externa de bacterias gram negativas permite que el eugenol acceda al citoplasma y destruya las enzimas bacterianas como histidina carboxilasa, proteasas, amilasas y ATPasa y finalmente produce la lisis celular. De igual modo, otras investigaciones indican que a ciertas concentraciones de los aceites esenciales de orégano y tomillo son eficaces para la inhibición del crecimiento de bacterias patógenas como Salmonella, Listeria y S. aureus (Reyes *et al.*, 2016).

2.2.3. Propiedades

En la actualidad el aceite esencial de orégano es considerado como una alternativa natural para sustituir los antibióticos, promotores de crecimiento, en la alimentación de distintos animales pecuarios ya que ofrece diversas propiedades como el de actuar de antioxidante, antifúngico, antiespasmódico, antiséptico, insecticida, estrogénico, antiviral y antimicrobiana (bacterias gram positiva y negativa). Además de incrementar la

palatabilidad del animal en sistemas escasos de recursos naturales (Kirkpinar *et al.*, 2011).

A. **Antimicrobiano**

La acción antimicrobiana del aceite esencial del orégano se atribuye más que todo por contener compuestos fenólicos como el carvacrol y terpineno-4-ol que al hacer sinergismo reaccionan con los fosfolípidos y proteínas de la célula bacteriana, dañando la arquitectura de la pared celular e interrumpir el desarrollo celular y por último provocar la lisis celular (Morten *et al.*, 2012).

Sin embargo; existen diversos trabajos de investigación donde mencionan que tiene múltiples mecanismos de acción para inhibir los microorganismo patógenos dependiendo la composición química del aceite esencial de orégano, la cual está relacionado a la presencia de 2 compuestos importantes: carvacrol y timol; los cuales actúan contra bacterias grampositivas como *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis, Staphylococcus faecalis, Streptococcus betahemoliticus, Listeria monocytogenes y Bacillus subtilis; y entre las gramnegativas como Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae, Yersinia enterocolitica, Shigella flexneri y Enterobacter cloacae y Salmonella typhimurium (*Pérez, 2022; Salinas, 2018).

Loeza *et al*., (2020) mencionan en sus estudios de investigación que la actividad antimicrobiana a parte de la composición química que presenta el aceite esencial de orégano también depende de la especie de orégano, los períodos de cosecha, las condiciones geográficas en que sembró la planta, el método de extracción y las concentraciones mínimas inhibitorias (CMI) para las bacterias.

B. **Antifúngico**

La capacidad que tiene el aceite esencial de orégano de actuar como antifúngico se debe principalmente a sus principios activos, carvacrol y timol, que contienen dado que en el estudio de Loeza *et al*., (2020) indica que a una concentración de 2000 ppm de aceite de

orégano se puede inhibir el desarrollo y crecimiento micelial de hongos como: *Cándida albicans, Cándida tropicalis, Torulopsis glabrata, Geotrichum, Rhodotorula, Aspergillus Níger, Botrytis cinerea, Rhizopus stolonifer, Colletotrichum sp., Penicillium italicum, Penicillium digitatum, Fusarium moniliforme, Aspergillus parasiticus, Aspergillus flavus, Aspergillus ochraceus, Fusarium graminearum*, entre otros.

C. **Antioxidante**

La actividad antioxidante del aceite esencial de orégano se le atribuye al contener como compuestos monofenoles (carvacrol y timol), por su estructura molecular en el grado de hidroxilación y la posición de los oxhidrilos que estos presentan. Se caracteriza por su capacidad de inhibir la peroxidación lipídica, alteración de la membrana celular hasta su destrucción celular, al proteger proteínas y ADN ante algún daño por la activación de radicales libres del organismo (Pérez, 2022; Loeza et al., 2020).

Chela (2015) menciona en su estudio de investigación sobre la propiedad antioxidante que presenta el aceite esencial de orégano al momento de proteger la pared celular del epitelio intestinal, primera línea de defensa contra los patógenos, del organismo ante un daño celular. Puesto que, el orégano es una planta caracterizada por su gran capacidad como antioxidante que previene el estrés oxidativo a nivel celular, reduciendo de esta manera la posibilidad de lesiones celulares y permitiendo solo el paso de nutrientes hacia el torrente sanguíneo.

D. **Antiinflamatoria**

El efecto antiinflamatorio que tienen los aceites esenciales de orégano se debe principalmente por la presencia del carvacrol, puesto que inhibe de manera parcial a ambas enzimas ciclooxigenasas 1 y 2, siendo con la segunda más eficaz; así mismo, el carvacrol utiliza el mismo mecanismo de acción que los antiinflamatorios no esteroideos (Sila *et al*.,

2012). Además, el carvacrol es capaz de inhibir la liberación el factor de necrosis tumoral α (Tiano et al., 2021).

2.2.4. Uso de aceite esencial de orégano en la alimentación de animales

El aceite esencial de orégano en la alimentación de las aves estimula el apetito mejorando de esta manera la conversión alimenticia del animal; dado que, mejora la digestibilidad ileal, la ganancia de peso, aumenta la secreción de enzimas digestivas y sales biliares, mejorando los parámetros productivos del animal (Cadena, 2022).

En diversos estudios de investigación mencionan que la inclusión del aceite esencial de orégano en la dieta de cerdas en la etapa de preparto y lactancia provocó una menor tasa de mortalidad en lechones, mayor tasa de nacimientos, mayor consumo voluntario de alimento, mayor tasa de crecimiento en lechones, menor probabilidad de nacimiento con pesos bajos y un aumento de peso diario en las crías (Ariza *et al.,* 2011). Así mismo, el aceite esencial de orégano ayuda con la disminución del tiempo de permanencia del alimento en el tránsito por el tracto gastrointestinal, debido a que modifica la tasa de vaciado del estómago en cerdos destetados, proceso explicado en el trabajo de investigación de Betancourt *et al.*, (2012).

En el estudio de Janacua *et al.* (2018) incluyeron aceite esencial de orégano (T1: 1000 ppm; T2: 2000 ppm; T3: 3000 ppm) en la dieta alimentaria de cerdos en la etapa de finalización para comparar si existe un alto o bajo rendimiento en la canal del cerdo, concluyendo que agregando aceites esenciales de orégano en la dieta alimentaria a 3000 ppm incrementa el espesor de grasa dorsal en la canal del cerdo; no obstante, de igual manera añadiendo aceite esencial de orégano en la concentración mencionada anteriormente (cualquiera de los tres niveles) existe un mayor rendimiento en el animal en la etapa de finalización: hembras: mayor rendimiento en el lomo; machos: mayor rendimiento en las piernas.

La presencia del carvacrol y timol en la dieta alimentaria del cerdo reducen la formación de coliformes fecales, la emisión de gases y de bacterias anaeróbicas; lo cual, a la vez, ayuda a inhibir la producción de compuestos que dan mal olor en el estiércol como: isovalerato, isobutirato, valerato y cresol (Tiano *et al.*, 2021; Loeza *et al.*, 2020).

En la actualidad existe una gran información sobre el uso de aceites esenciales de orégano en la alimentación de los rumiantes (ovejas, cabras y bovinos) puesto que, ayuda a disminuir las emisiones de metano en el medio ambiente (Talebzadeh *et al.*, 2012); de igual modo, el aceite esencial de orégano en concentraciones de 250g/d, 500 g/d y 750 g/d disminuyen la concentración de amoniaco debido a que el orégano contiene químicos como: el carvacrol, ρ-cimeno, linalol, terpineno y timol; los cuales por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes ayudan a inhibir el crecimiento y el desarrollo de las bacterias ruminales (bacterias metanogénicas, protozoarios, hongos, entre otros). Así mismo, concentraciones de 300 a 3000 mg/L de aceite esencial de orégano colabora con la reducción de los ácidos grasos volátiles (Hristov *et al.*, 2013).

Existe una gran variedad de trabajos de investigación referido al tema de aceites esenciales de orégano como conservantes naturales para la carne de cuy. Sin embargo, respecto a la inclusión de aceites esenciales de orégano en la alimentación del cuy existe poca información; no obstante, en el trabajo de investigación de Siccha (2019), menciona que a concentraciones de 0.1% y 0.2% de aceite esencial de orégano más concentrado y maíz chala se obtuvo mejores parámetros productivos del cuy (mayor rendimiento de la carcasa, incremento del consumo alimenticio, mejor conversión alimenticia, mayor peso final y un mayor beneficio/costo en comparación al tratamiento sin la inclusión de aceites esenciales de orégano.

En el estudio de Chirito (2023) no hubo diferencia significativa en los parámetros productivos del animal entre los tratamientos con la inclusión de aceites esenciales de

orégano en la alimentación animal pero sí obtuvo ganancia económica al incluir aceites esenciales de orégano en la alimentación del cuy.

Esto deja a la expectativa y un camino por investigar mucho más en qué tan beneficioso puede ser la inclusión del aceite esencial de orégano como suplemento alimenticio en la dieta diaria del cuy, puesto que Quispe y Rentería (2019) mencionan que el sinergismo de aceites esenciales como del orégano y el ácido láctico en la dieta alimentaria del cuy otorga mejores parámetros productivos en la crianza del animal, así mismo es un buen conservante natural para la carne precocida del cuy y potencial reemplazo de los APC a futuro como un aditivo funcional natural en la alimentación del cuy, dado que los cuyes son muy sensibles a los antibióticos (penicilina, ampicilina, eritromicina, lincomicina, clortetraciclina, clindamicina, entre otros) por lo que su flora gastrointestinal en su mayoría son organismos gram positivos y facilitan el crecimiento excesivo de *Clostridium difficile* y la producción de toxinas perjudicando al animal al presentar signos como la diarrea secretora y tiflitis hemorrágica (Pajuelo, 2024).

2.3. Chincho (*Tagetes elliptica*)

El chincho (*Tagetes elliptica*) conocido como “chinchu” o “chikchimpa” es una planta aromática muy consumida en el Perú desde la antigüedad por su uso como medicina natural por parte de los preincas e incas, hasta incluso de imperios como el griego, indio, chino, África entre otros por sus propiedades benéficas: analgésicos, antiinflamatoria, antioxidante y antimicrobianos; por lo que, se convirtió en un vegetal de desarrollo económico para los pobladores (Torre *et al*., 2022). Además, se utilizaba como aditivo alimentario, colorante, conservante y condimento en la gastronomía peruana ya que por sus compuestos fenólicos otorga un aroma y sabor característico para la preparación de diversos potajes, asados y en platillos bandera del Perú como la “pachamanca” (Díaz, 2014).

Beltrán (2016) menciona en su trabajo de investigación que el chincho (Figura 5) es originario de la costa andina del Perú y es cultivado entre los 1000 a 4500 msnm en las regiones de Ayacucho, Ancash, Junín y en los climas templados de las regiones de Lima y del Amazonas, así como también es muy conocida en Sudamérica y en el Centro de Perú. Alania y Meza (2018) mencionan en su informe de investigación que el Chincho al ser una planta que se adapta a diversas condiciones de cultivo, en los pisos medios de la sierra peruana, crece en forma silvestre en laderas, carreteras, bordes de caminos y hasta en medio de otros cultivos.



Figura 5. *Tagetes elliptica Smith* "Chincho" (Segovia y Suárez, 2010).

La clasificación taxonómica del *Tagetes elliptica Sm* "Chincho" según el sistema moderno de clasificación de Angiospermas (APG) clasifica a todas las plantas en la Clase Equisetopsida y además según la clasificación del APG II, APG III (2009) y APG (2016) se ubica esta planta en el clado campanúlidas. Por ello, esta especie se identifica en las siguientes categorías taxonómicas (Cuadro 6):

Cuadro 6. Clasificación taxonómica del *Tagetes elliptica* (Chincho):

Reino	Plantae
División	Angiospermae
Subclase	Equiseptosida
Superorden	Asteranae
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	*Tagetes*
Especie	*Tagetes lliptica Sm.*

Fuente: Ruiz, 2022.

2.3.1. Aceite esencial de chincho (*Tagetes elliptica*)

El aceite esencial de chincho se obtiene a partir de las hojas y tallos jóvenes de dicha planta cuyas hojas son las que otorgan la propiedad del aroma característico del chincho. Sin embargo; la mayoría de los aceites esenciales de *Tagetes* spp. dependen mayormente de la especie, altitud, clima, etapa de crecimiento y época de recolección (Cerrón, 2024). Es por ello, que son muy utilizadas en distintos rubros (alimenticio, perfumería, cosméticos, farmacéutica, medicina natural, entre otros) por sus beneficios al actuar como antioxidante, antimicrobiano, antifúngico, analgésico, anticancerígeno, anti-inflamatorio, nematicida e insecticida en el organismo (Iannacone *et al*., 2015).

2.3.1.1. Composición química

Los aceites esenciales extraídos del género Tagetes poseen un alto contenido de terpenos y sesquiterpenos. Sin embargo; existe escasa información que nos detalla con exactitud la composición química del *Tagetes elliptica* Sm. Se han realizado mayores estudios sobre otras especies de Tagetes como por ejemplo *Tagetes minuta*. No obstante; en un estudio realizado por Cerrón (2024) en Junín, se detectó la presencia de 57

compuestos en el aceite esencial de hojas y tallos del chincho al realizar la cromatografía de gases y se pudo observar lo siguiente (Cuadro 7):

Cuadro 7. Componentes químicos del aceite esencial de las hojas de chincho (*Tagetes elliptica*)

Compuestos	%
α-Pineno	0.66
β-Mirceno	0.87
β-Pineno	0.62
α-Felandreno	1.71
β-trans-Ocimeno	4.66
β-Felandreno	0.22
Eucaliptol	0.47
Dihidrotagetona	14.38
β-Linalool	0.45
Desconocido (C10H140)	0.50
(Z) trans-Tagetona	5.15
(E) cis-Tagetona	3.42
α-Terpineol	0.19
Decanal	0.98
Desconocido (C10H14O)	0.97
(E) cis-Tagetenone	18.84
Desconocido (C10H14O)	0.40
6-Isoppropenil-3-metil-2-c iclohexen-1-onea	0.40
β-Cariofileno	0.97
Germacreno D	0.45
Biciclogermacreno	0.46
Elemol	0.36

Germacreno D-4-ol	0.54

Fuente: Cerrón, 2024.

Como se observa en el cuadro 7, el mayor componente es la Tagetenona (56.11 %) y el que le sigue es Dihidrotagetona (14.38%), tagetona (8.57%), ocimeno (4.66%) y así consecutivamente identificados en el aceite esencial de las hojas de chincho como también se encuentran una mezcla de compuestos terpénicos (Cerrón, 2024).

2.3.2. Mecanismo de acción

Actualmente no está claro el mecanismo de acción de los aceites esenciales del género Tagetes por la falta de investigación sobre los compuestos que presenta este género (Cerrón, 2024; Segovia y Suárez, 2010).

Cerrón (2024) menciona en su estudio de investigación que al presentar un mayor contenido de terpenoides los aceites esenciales del género *Tagetes* cabe la posibilidad que su mecanismo de acción tenga relación a cómo actúan los terpenoides en el organismo; por lo que, al ser agentes liposolubles los terpenoides afectan la actividad de las enzimas catalizadoras de membrana (respiración microbiana) de la célula bacteriana. Sin embargo, en la investigación de Jara (2015) menciona que al presentar una gran variedad de compuestos químicos este aceite esencial es factible el no depender de un solo mecanismo específico sino a la acción combinada de varios de ellos al actuar en distintas zonas de la célula su actividad antimicrobiana en la interrupción de la translocación del protón sobre la membrana e interrumpir la fosforilación del ADP y de esta manera detener la actividad de la célula bacteriana ocasionando su lisis celular.

A lo referido anteriormente; Salehi *et al*. (2018) concuerdan con lo relatado al mencionar en sus estudios la explicación probable de la actividad antimicrobiana y antiséptica (Alejo, 2015) que presenta este género al tener relación con la presencia de

terpenoides como las tagetonas, dihidrotagetonas y ocimenonas en ocasionar el daño a la membrana celular bacteriana. Así mismo; Ruiz y Salazar (2021) mencionaron en su estudio de investigación que a la presencia de compuestos fenólicos (β-mirceno, óxido de cis-lanalool y 2-tujeno) en el aceite esencial de chincho se le atribuye la actividad antimicrobiana, lo cual concuerda con lo mencionado anteriormente.

2.3.3. Propiedades

A. **Antimicrobiano**

Iannacone *et al.* (2015) mencionan en su trabajo de investigación que el aceite esencial de chincho presenta una actividad antibacteriana frente a bacterias gram positivas: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus subtilis*; bacterias gram negativas: *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella Typhimurium*; al contener terpenoides como las tagetonas, dihidrotagetonas y ocimenonas en su composición química del aceite esencial de *Tagetes elliptica*

B. **Antifúngico**

Salehi *et al.* (2018) indica en su estudio que ante la presencia de los compuestos químicos α-Pineno y β-Pineno del *Tagetes elliptica* son los que otorgan el efecto de la actividad antifúngica frente a: *Candida albicans* y *Aspergillus spp*; ya que el componente bioactivo "pineno" es útil para limitar la formación de biopelículas de *Candida albicans*.

C. **Antioxidante**

Distintos estudios han demostrado que las plantas aromáticas como el *Tagetes elliptica* presentan en su composición química una fuente importante de compuestos bioactivos; por lo que, son una opción viable en favor al reemplazo de conservantes artificiales en usarse como conservadores naturales para los aditivos alimenticios o ingredientes alimentarios en la salud pública debido a su propiedad antioxidante (Cerrón *et al*., 2023).

Huaraca *et al*. (2022) indica en su investigación que ante la mayor presencia de metabolitos bioactivos como β-trans-ocimeno, trans-tagelota, cis-tagelona, β-mirceno y β-cariofileno siendo todos estos metabolitos acíclicos monoterpénicos encontrándose en su composición química así como el sinergismo entre varios componentes mayores y menores en el aceite esencial de *Tagetes elliptica*, cabe la posibilidad de presentar su efecto antioxidante; sin embargo el mecanismo de acción aún no se tiene del todo claro pero se han propuesto varios mecanismos como el de inhibir enzimas y precursores de sustancias tóxicas, la extinción de oxígeno singlete y descomposición de peróxidos como lo reportan Cerrón *et al.* (2023).

D. **Antiinflamatorio y anticancerígeno**

Reyes (2019) menciona en su estudio al probar el efecto antiinflamatorio que presenta el aceite esencial de *Tagetes elliptica* en ratones con artritis al evidenciar que la presencia de metabolitos químicos como flavonoides, taninos, terpenos y saponinas en las hojas de *Tagetes elliptica* brindan el efecto antiinflamatorio, cicatrizante, al inhibir la formación de citoquinas, necrosis tumoral y/o prostaglandinas.

E. **Insecticida**

La actividad insecticida que presenta el aceite esencial de *Tagetes elliptica* se debe a la presencia de tagetonas en la composición del aceite esencial de chincho ya que este metabolito es tóxico para los insectos, lo cual lo hace ser un buen repelente de plagas (Torre *et al*., 2022).

2.3.4. Uso de aceite esencial de chincho en la alimentación de animales

Los estudios de investigación acerca del uso del aceite esencial de chincho en la alimentación de animales pecuarios es muy limitada, lo cual resalta la importancia del presente trabajo; sin embargo, existen investigaciones en el cual emplean el aceite esencial

de chincho como conservantes naturales en la conservación de la carne en reemplazo parcial o total de los aditivos sintéticos por la presencia de algunos metabolitos bioactivos en su composición química: β-trans-ocimeno (25,03 %), trans-tagetona (51,37 %), β-mirceno (2,78) y βcariofileno (1,17 %) (Svilenova, 2024).

Pineda *et al.* (2007) realizó un ensayo del extracto etanólico de las hojas de chincho (*Tagetes elliptica*) al cual se le enfrentó a una dosis infectiva de *salmonella typhimurium* in vitro para poder reducir la carga microbiana con el fin de aislar los principios activos de las hojas de *Tagetes elliptica* L. y así potenciar su efecto y racionalizar su utilización en la alimentación de los cuyes como suplemento alimenticio en la dieta alimentaria.

2.4. Nanoemulsiones

2.4.1. Concepto

Se define nanoemulsiones como dispersiones coloidales de gotitas que contienen: agua, aceite y un emulsionante. Se caracterizan por presentar un tamaño de gota que oscila entre 50 a 1000 nm con requerimiento de un aporte de energía, termodinámicamente inestables y son cinéticamente estables con la ayuda de pequeñas cantidades de emulsificantes que generan una mayor solubilidad en la fase acuosa (Salvia *et al.*, 2017). Por todo lo mencionado anteriormente, las nanoemulsiones son una opción más estable y de mayor duración para proteger los principios activos de los aceites esenciales al mejorar la biodisponibilidad frente a la exposición a cambios que se produce en el medio ambiente (temperatura, calor, luz, el bajo pH y oxígeno) en comparación a si se utilizaran las emulsiones convencionales (Hernandez *et al*., 2024).

Así mismo, las nanoemulsiones al ser caracterizadas como emulsiones de un tamaño muy pequeño de partícula les permite penetrar con mayor facilidad a las diferentes barreras de la piel o de la pared gastrointestinal del ser vivo y de esta manera proteger al compuesto

activo frente a los factores ambientales, así como también frente a los procesos de degradación como la oxidación o la hidrólisis al momento de la digestión (Silva y Oyarzún, 2021).

En la actualidad la nanotecnología se encarga de investigar sobre los parámetros fisicoquímicos y los procesos que conllevan a la elaboración de fórmulas a escala industrial representando un desafío e interés por parte de las grandes áreas de industria como farmacia, cosmética, alimentaria, entre otros (Martínez *et al*., 2020).

2.4.2. Métodos para la elaboración de nanoemulsiones

Dado que las nanoemulsiones son sistemas termodinámicamente inestables (no pueden formarse espontáneamente) y para lograr el pequeño tamaño de gota, requieren para su preparación de energía y diversos equipos para su desarrollo. Por lo que, esta energía es proveniente de 2 métodos principalmente:

- **Métodos de dispersión (fuerza de cizalla-alta energía)**

La energía que se requiere para la preparación del tamaño de gotas de las nanoemulsiones durante el proceso emulsionante proviene principalmente de dos métodos de dispersión en el que sus equipos generan una energía suficiente para producir cizalla y así romper las gotas de la emulsión en otras más pequeñas (Figura 6). Entre los equipos de dispersión más eficaces para producir nanoemulsiones están: Los homogeneizadores de alta presión, los microfluidos y los ultrasonidos, ya que logran generar gotas del tamaño requerido con una buena distribución y estabilidad (Hernández, 2004). En el cuadro 8 se presenta un análisis comparativo de los principales métodos de alta energía utilizados en la formulación de nanoemulsiones destacando sus ventajas, limitaciones y parámetros operativos clave:

Cuadro 8. Cuadro comparativo de los principales métodos de alta energía

MÉTODOS DE ALTA ENERGÍA	CARACTERÍSTICAS
Homogeneización a alta presión	Proceso en el cual se divide grandes glóbulos de grasa mediante una alta presión de hasta 150 MPA a través de una válvula homogeneizadora para producir gotas de grasa más pequeñas de una manera uniforme (Mayta, 2018).
Emulsionación de membrana directa	Método en el cual se utilizan membranas de vidrio poroso Shirasu estándar en el cual la fase dispersa es forzada pasar por esta membrana hacia la fase continua y así generar nanoemulsiones con un tamaño uniforme (Monroy y Pereira, 2020).
Emulsionación ultrasónica o emulsión acústica	Técnica rápida en cual se obtienen nanoemulsiones con bajo tamaño y de baja polidispersidad en cual se utilizan ondas de sonido en una frecuencia superior a 20 kHz (Monroy y Pereira, 2020).
Microfluidización a alta presión	A partir de presiones muy altas de hasta 20,000 psi transcurre forzosamente el líquido a través de microcanales hacia el interior de una cámara de colisión para obtener emulsiones finas y partículas de tamaño nanométrico (Sandoval et al., 2016).

Fuente: Monroy y Pereira, 2020.

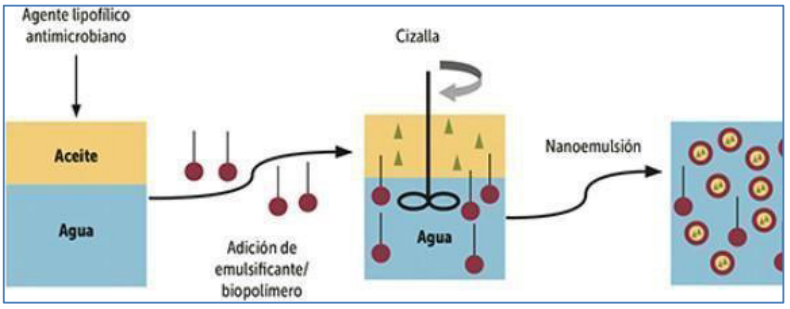


Figura 6. Proceso de elaboración de nanoemulsiones en base de aceites esenciales antimicrobianos, emulsificantes y biopolímeros (Adaptado de Aloui y Khwaldia, 2016).

- **Métodos físicoquímicos (inversión de fases-condensación-baja energía)**

Radica en la formación espontánea de emulsiones con tamaño de gotas pequeñas al utilizarse la energía química interna del sistema al alterarse la solución o las condiciones ambientales del sistema como la composición (relación O/W y salinidad) o la temperatura pasando a ser un sistema inestable termodinámicamente. Sin embargo; dependiendo del sistema y las variables de composición se pueden clasificar según Alvarado y Medina (2019) en:

- **Autoemulsión o emulsión espontánea:** Consiste en la rápida difusión de las moléculas de surfactante y/o solvente desde la fase dispersa a la fase continua sin existir cambios en la curvatura espontánea del surfactante. Se puede representar este método en la Figura. 7 (Martínez *et al.*, 2020).
- **Métodos de inversión de fase:** si existe cambios en la curvatura espontánea del surfactante durante el proceso de emulsión de negativo a positivo para nanoemulsiones de emulsiones O/W o viceversa emulsiones W/O. Se clasifican en 2 métodos:

❖ PIT (phase inversion temperature): donde se produce la inversión de una emulsión de negativo a positivo (nanoemulsiones de tipo O/W) o visceversa (nanoemulsiones de tipo W/O) por disminución de la temperatura (o por incremento de la temperatura)

(Hernández, 2004).

- PIC (phase inversion composition): es cuando se produce una inversión de fases W/O a O/W por la composición que presenta al añadir agua en los sistemas constituidos por agua, surfactante y aceite sin necesidad de una fuerte agitación y a temperatura constante (Hernández, 2004).

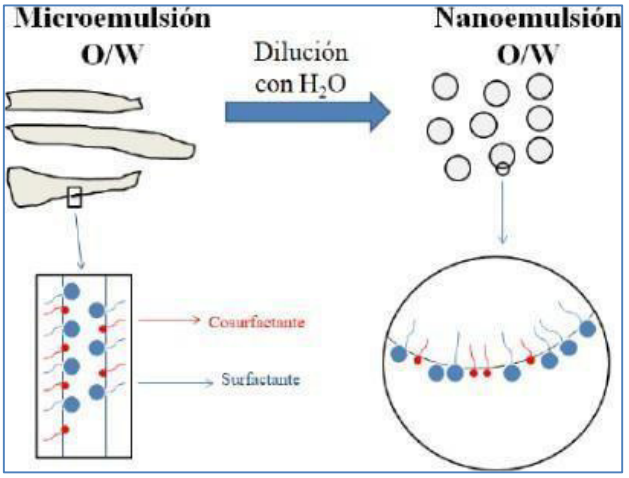


Figura 7. Representación esquemática del mecanismo de autoemulsionación mediante dilución de una microemulsión O/W (Martínez *et al*., 2020).

2.4.3. Mecanismo de acción de las nanoemulsiones

Los aceites esenciales mediante la forma de nanoemulsiones son absorbidos por las bacterias a través de distinto mecanismo de acción, por lo cual genera a largo plazo el no desarrollo de una resistencia bacteriana utilizada por los antibióticos tradicionales. Dado que en el estudio de Movahedi *et al.* (2024) mencionan que las nanopartículas se pueden unir a la membrana bacteriana por medio de la interacción electrostática, alterando de esta manera la integridad de la membrana bacteriana.

Amiri *et al.* (2021) detalla en su estudio de investigación que el efecto tóxico que producen las nanopartículas es inducir un estrés oxidativo debido a la formación de

radicales libres de los aceites esenciales por lo que, al haber impactos múltiples por parte de estos, las bacterias son menos capaces de adaptarse a los daños físicos causados por superficies nanoestructuradas. De esta manera se puede controlar la liberación de los aceites esenciales en sitios específicos permitiendo efectos antibacterianos y antioxidantes prolongados y se absorba de una mejor manera por las membranas microbianas del tracto gastrointestinal de los animales pecuarios como las aves de corral.

2.4.4. Uso de nanoemulsiones en la industria pecuaria

El principal uso de las nanoemulsiones en la producción pecuaria ha sido como vehículo para la administración de fármacos, ya sea incorporándolas en el agua de bebida o en la dieta de los animales. Esto permite una liberación controlada de compuestos poco solubles en agua, manteniendo la estabilidad y efectividad de sus propiedades beneficiosas frente a factores ambientales adversos (Gonçalves *et al*., 2020).

Actualmente el uso de aceites esenciales encapsulados en nanoemulsiones como suplemento en la alimentación de los pollos de engorde se está viendo como una opción innovadora que mejora la eficacia de los aceites esenciales con efectos favorables sobre los parámetros productivos de los animales. Al respecto, Ibrahim *et al.*, 2021 encontraron que el uso de nanoemulsiones con 1% de nano-timol es un posible agente promotor del crecimiento y antibacteriano en pollos de engorde.

Hoy en día se ha visto una gran resistencia de las bacterias ante el uso constante e indiscriminado de los antibióticos o promotores de crecimiento en los animales de producción. Frente a ello Pejsak (2024) menciona que se hicieron investigaciones sobre el uso de nanopartículas (nanoemulsiones) de plata para la curación de heridas en la piel de los cerdos, dados sus efectos bactericidas, viricidas y fungicidas, pero el descubrimiento de los antibióticos provocó un retroceso en el uso generalizado de los compuestos de plata

en el tratamiento de heridas en el pasado.

Así mismo, también se usaron en las practicas veterinarias preparados que contienen nanopartículas de plata para la desinfección de las instalaciones y sistemas de agua en granjas porcinas.

En la ganadería lechera y sus problemas de mastitis las investigaciones en nanobiotecnología contribuyeron a mejorar el diagnóstico y tratamiento de esta enfermedad, mediante métodos novedosos de diagnóstico de mastitis bovina empleando sensores de nanopartículas (nanosensores) para identificar biomarcadores específicos de la mastitis en una etapa temprana de la enfermedad.

De igual manera, las nanopartículas en la industria lechera pueden ser utilizadas como un medio de vehículos de entrega de antígenos específicos (vacunas) o cargadas con antibióticos (tratamiento local), que liberan gradualmente los medicamentos y prolongan su eficacia. Estas innovaciones vienen mejorando la gestión de la salud animal, reduciendo los efectos secundarios y ofreciendo una mejor calidad de productos lácteos al mercado (Martínez y Mera, 2024).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución y periodo de experimentación

El trabajo de investigación se realizó en la "*Unidad de crianza de cuyes*" del "*Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal*" (LBNAA) de la "FMV-UNMSM", ubicada en el distrito de San Borja, Lima. La fase experimental (periodo de engorde) tuvo una duración de 7 semanas. Luego de finalizado se procedió al beneficio de los cuyes. El periodo de experimentación se realizó durante los meses de marzo a septiembre del 2022.

3.2. Animales de estudio

Se utilizaron 50 cuyes (*Cavia porcellus)* machos destetados de 15 días de edad y mejorados genéticamente, con rango de pesos entre 280 a 300 g de peso vivo y adquiridos de la Estación IVITA Huaral. Los cuyes se distribuyeron aleatoriamente en cinco tratamientos con diez repeticiones por cada tratamiento y una unidad experimental por repetición que corresponde a un cuy.

3.3 Instalaciones y alimentación

3.3.1 Instalaciones

Los cuyes se alojaron en 50 pozas individuales de 0.20m^2 de área. Las pozas fueron elaboradas de paredes y pisos de cemento, techo protegido con malla. Antes de empezar con la crianza, los galpones se limpiaron y desinfectaron con una solución de glutaraldehído y cal, luego se procedió a colocar la cama a base de viruta blanca de pino.

3.3.2 **Alimentación**

Para el suministro de agua y alimento se emplearon dos pocillos de arcilla revestidos de esmalte blanco en cada poza, uno para el suministro de agua y el otro para el suministro del alimento, los cuales fueron lavados y desinfectados antes de su uso. La dieta base suministrada diariamente estuvo conformado por una ración balanceada en pellets para cuyes (Anexo 1) en etapa de crecimiento-engorde libre de APC para los T1, T3, T4 y T5, y una dieta base con APC para el T2 la cual fue formulada empleando el software profesional Dapp Nutrition©.

Cabe precisar que la dieta del tratamiento T2 fue equivalente a la ración balanceada comercial utilizada en los demás tratamientos, con la única diferencia de la inclusión del antibiótico promotor de crecimiento (zinc bacitracina al 0.02%), lo cual fue realizado mediante ajuste en el software Dapp Nutrition® para asegurar su correcta dosificación.

La ración se complementó con el suministro de alfalfa a razón de 10% de su peso vivo en materia seca (MS). El alimento balanceado se ofreció en horas de la mañana junto con el agua fresca *ad libitum* pesándose cada animal semanalmente utilizando una balanza electrónica y registrándose los datos.

3.4 Materiales y equipos

3.4.1 **Materiales**

Se utilizaron distintos materiales para el trabajo de campo en cuyes: jabas de plástico de 40 x 30 x 25 cm para el transporte de los animales, 100 pocillos de arcilla revestidos de esmalte blanco para uso como bebedero y comedero. Productos de limpieza y desinfección: mandiles, guantes, gorras, mascarillas, protectores faciales, hipoclorito de sodio, bolsas para desperdicios, aspersores para desinfección. Planillas de registro de información.

Materiales de laboratorio para la elaboración de los aceites esenciales y nanoemulsiones: pera de decantación (250 ml), beakers (50, 100, 250, 500 ml), tubos falcon (50 y 15 ml), gradillas, frascos de vidrio ámbar, picnómetro (10 ml), y marcador indeleble (rotulador)

3.4.2 **Equipos**

Balanza digital Coretto®, con una precisión de ±0.1 gramos, para registro de peso de los animales y peso de los alimentos, balanza analítica, agitador magnético, destilador por arrastre de vapor de agua, destiladora de agua, refrigeradora y estufa de laboratorio Biobase®.

3.5 Extracción del aceite esencial de Orégano y Chincho

El orégano y chincho que se suministró en la suplementación de las dietas de los cuyes proviene de la región Junín, los cuales fueron adquiridos de un proveedor particular. Para extraer los aceites esenciales de orégano y chincho se recolectaron manualmente las hojas y flores, y mediante el método de destilación de arrastre de vapor de agua se obtuvieron los aceites esenciales en el área del Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal (LBNAA) utilizando un destilador de acero inoxidable de 3 kilos de capacidad durante dos horas aproximadamente, luego se separa los líquidos inmiscibles mediante una pera de decantación; se deshidrata con $NaSO_4$ anhidrido y se guardó en frascos color ámbar para luego ser refrigerados a 4°C hasta su uso. Todo este proceso de extracción y elaboración de los aceites esenciales de chincho y orégano fue durante los meses de febrero y marzo del 2022.

Se determinó el porcentaje de rendimiento de los AE (%RAE) por el método gravimétrico, aplicando la siguiente fórmula (Carhuapoma, 2007):

$$\text{Rendimiento del AE (\%)} = \frac{masa\ de\ AE\ obtenido\ (g)}{masa\ de\ materia\ (g)} \times 100$$

En el presente estudio, se determinó el rendimiento de aceite esencial extraído por destilación de vapor a partir de hojas frescas de orégano (*Origanum vulgare*) y chincho (*Tagetes elliptica*). El rendimiento obtenido para el orégano fue de 0.168 %, calculado a partir de 3039 gramos de materia vegetal y 5.1049 gramos de aceite esencial. En el caso del chincho, el rendimiento alcanzó un valor de 0.207 %, tras procesar 3771.7 gramos de hojas y obtener 7.7927 gramos de aceite esencial.

3.6 Elaboración de Nanoemulsiones

Se prepararon tres nanoemulsiones (O/W) con los aceites esenciales (AE)s de Orégano, Chincho y ambos, a una concentración de 200 ppm y con un HLB 12 (balance hidrofílico-lipofílico), según la metodología de Marinkovic *et al*. (2022) modificada. Se trabajó en dos tiempos: primero el AE, Twen® (polisorbato) 80-20 (10%) p/p (fase oleosa) se mezclaron y agitaron en agitador magnético a 700 rpm por 15 minutos a temperatura ambiente, después de este tiempo se añadió gota a gota a la fase acuosa al 90% V/V (volumen/volumen en agua MiliQ) con una agitación a 700 rpm por 30 minutos a temperatura ambiente con protección de luz. Posteriormente, se agitó en Ultraturrax a 22,000 rpm por 5 minutos.

El tamaño de las partículas de la nanoemulsión fueron medidas por dispersión dinámica de luz (DLS). La caracterización físicoquímica de la nanoemulsión formulada con aceites esenciales reveló un tamaño promedio de partícula de 145.2 nanómetros (nm) (Anexo 2), determinado mediante dispersión dinámica de luz (DLS). Este valor se encuentra dentro del rango característico de sistemas nanoestructurados (<200 nm), lo cual favorece su

estabilidad coloidal, su capacidad de penetración biológica y su mayor superficie de interacción. Además, se obtuvo un índice de polidispersidad (PDI) de 0.273, lo que indica una distribución de tamaños moderadamente homogénea y apropiada para una liberación controlada y uniforme del principio activo apropiada para aplicaciones en nutrición animal (Movahedi *et al.*, 2024)

3.7 Tratamientos experimentales

Los cuyes se distribuyeron en 5 tratamientos experimentales, al azar, conformando 10 repeticiones cada tratamiento:

- **T1 (control):** Dieta base sin aditivos
- **T2:** Dieta base + APC (0.02% de zinc bacitracina).
- **T3:** Dieta base + 0.02% de aceite esencial de *Tagetes elliptica* (chincho) nanoemulsionado
- **T4:** Dieta base + 0.02% de aceite esencial de *Origanum vulgare* (orégano) nanoemulsionado.
- **T5:** Dieta base + 0.02% de mezcla 50/50 de aceites esenciales de orégano y chincho nanoemulsionado.

Cada tratamiento se aplicó a un grupo de 10 animales (n=10) y se inició inmediatamente culminado el período de cuarentena que fue una semana desde su llegada a la "Unidad de crianza" según el esquema del cuadro 9.

Cuadro 9. Esquema de tratamiento

<table>
<tr><th rowspan="3">TRATAMIENTOS</th><th rowspan="3">N</th><th colspan="12">DURACIÓN DE FASE EXPERIMENTAL</th></tr>
<tr><th colspan="11">Periodo de crianza en granja: 49 días (7 semanas)</th><th>Beneficio</th></tr>
<tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>…</th><th>49</th><th>50</th></tr>
<tr><td>T1
Dieta Base</td><td>10</td><td rowspan="5" colspan="4">Periodo de Adaptación</td><td rowspan="5" colspan="6">Tratamientos: T1 al T5</td><td rowspan="5">Faenado y obtención de carcasa.</td></tr>
<tr><td>T2
Dieta base + APC (bacitracina de zinc)</td><td>10</td></tr>
<tr><td>T3
Dieta base + 0.02% de nanoemulsión de AE de Chincho (AEnC)</td><td>10</td></tr>
<tr><td>T4
Dieta base + 0.02% de nanoemulsión de AE de Orégano (AEnO)</td><td>10</td></tr>
<tr><td>T5
Dieta base + 0.02% de nanoemulsión de la combinación de AEnC y AEnO</td><td>10</td></tr>
</table>

Fuente: Elaboración propia

La administración de las nanoemulsiones se realizó de forma diaria preparando la formulación por tratamiento justo antes de su uso, con el fin de preservar la estabilidad

fisicoquímica y la integridad de los compuestos bioactivos. La dosificación se llevó a cabo mediante la mezcla manual de la cantidad correspondiente de nanoemulsión con el alimento balanceado diario asignado a cada grupo, respetando la proporción establecida para alcanzar una concentración de 200 ppm. Esta mezcla se realizó cuidadosamente con el uso de guantes estériles descartables, en recipientes limpios y separados por tratamiento, hasta obtener una distribución homogénea del aditivo en el alimento (Anexo 3). Posteriormente, la ración tratada fue ofrecida directamente a los cuyes, garantizando la correcta asignación según su grupo experimental (T1 a T5).

3.8 Aspectos éticos

El presente estudio contó con la aprobación del Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. La resolución de aprobación, con código [CEBA 2022-09] (Anexo 4), fue emitida antes del inicio de la fase experimental. Todos los procedimientos se realizaron conforme a los principios establecidos para el cuidado y uso de animales en investigación científica, asegurando el bienestar de los cuyes durante todo el ensayo.

3.9 Parámetros evaluados

Durante las siete semanas del periodo de engorde se evaluaron los siguientes indicadores productivos:

- Peso inicial (PI) y peso final (PF).
- Ganancia de peso (GP): calculada como PF - PI.
- Consumo de materia seca (CMS): obtenido por diferencia entre alimento ofrecido y rechazado.
- Índice de conversión alimenticia (ICA): relación entre consumo total y ganancia de peso.
- Peso de carcasa y rendimiento de carcasa: calculado tras el beneficio, fue registrado

después de un tiempo de oreo de 45 minutos a temperatura ambiente (20 ± 2 °C) y expresado como porcentaje respecto al peso vivo.

3.10 Cálculo del tamaño de muestra

Para determinar el número de animales necesarios en el presente estudio se aplicó la fórmula para cálculo del tamaño muestral en estudios experimentales con comparación de medias entre grupos, considerando un diseño completamente al azar (DCA), con 5 tratamientos y una variable continua (ganancia de peso) como principal parámetro de interés.

Se utilizó la siguiente fórmula para estudios de comparación entre grupos:

$$n = \frac{2(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \cdot s^2}{d^2}$$

Donde:

n = tamaño de muestra por grupo

$Z_{\alpha/2}$ = 1.96 (nivel de confianza del 95%)

Z_{β} = 0.84 (potencia estadística del 80%)

s = desviación estándar esperada (estimada en 20 g.)

d = diferencia mínima esperada entre tratamientos (estimada en 25g de ganancia de peso)

Sustituyendo valores obtuvimos un tamaño de muestra de 10 animales por tratamiento, resultando en un total de 50 cuyes distribuidos en cinco tratamientos, lo cual garantizó una potencia estadística adecuada para detectar diferencias significativas entre grupos en los parámetros evaluados.

3.11 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos y diez repeticiones por tratamiento. Cada unidad experimental estuvo representada por un cuy. Se utilizó el software estadístico R Studio, Core Team (2021) para el análisis de datos. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias entre medias, y en caso de significancia, se utilizó la prueba de Tukey para comparaciones múltiples, considerando un nivel de significancia de $p<0.05$.

IV. RESULTADOS

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de aceites esenciales nanoemulsionados de chincho (*Tagetes elliptica*) y orégano (*Origanum vulgare*) en la dieta de cuyes en engorde, y su impacto sobre los parámetros productivos. En el Cuadro 10 se observan los resultados obtenidos al finalizar el período de engorde.

Cuadro 10. Comportamiento productivo[1] obtenido al finalizar el periodo de engorde en cuyes suplementados con aceite esencial de chincho (*Tagetes elliptica*) y orégano (*Origanum vulgare*) nanoemulsionados (AEn).

Parámetro productivo[3]	**Tratamientos[2]**					
	T_1	**T_2**	**T_3**	**T_4**	**T_5**	***p-valor*[4]**
PI(g)	295.5±12.3	293.0±11.3	293.0±9.5	287.0±11.1	290.7±10.4	0.731
GP(g)	606.8±11.4^{c}	613.3±6.7^{c}	631.3±13.2^{b}	616.4±4.4^{c}	673.3±16.7^{a}	<0.0001
CMS (g)	3135.9±52.7^{c}	3147.5±54.5^{b}	3172.4±36.4^{b}	3130.6±57.5^{c}	3208.1±59.4^{a}	0.012
ICA	5.17±0.1^{a}	5.13±0.1 ^{a}	5.0±0.1^{a}	5.1±0.1^{a}	4.8±0.2^{b}	<0.0001
PC (g)	617.5±11.4^{c}	624.5±10.9^{c}	646.0±9.4^{b}	625.5±5.0^{c}	678.0±10.1^{a}	<0.0001
RC (%)	68.7±0.6^{c}	68.9±1.0^{c}	70.0±0.7^{a}	69.2±0.6^{bc}	70.3±0.4^{a}	<0.0001

[1].Los resultados se expresan como promedio ± desvío estándar (n=10). [2]. T_1: Dieta base (DB), T_2: DB + APC, T_3: DB + AEn de chincho,T_4: DB + AEn de orégano, T_5: DB + AEn de chincho y orégano. [3]PI: peso inicial, GP: ganancia de peso, CMS: consumo total de materia seca, ICA: índice de conversión alimenticia, PC: peso de carcasa, RC: rendimiento de carcasa. Valores inferiores a 0.05 se consideran estadísticamente significativos. [4]Letras diferentes en superíndice en las filas son estadísticamente diferentes.

Respecto a la ganancia de peso total, el tratamiento T_5 presentó el mejor desempeño con 673.3 g, seguido del T_3 (AEn de chincho solo) con 631.3 g, ambos superiores al control y al grupo con APC. El consumo total de materia seca también fue significativamente mayor en el grupo T_5 (3208.1 g, $p \leq 0.012$).

Referente a la ganancia de peso total (GP), el tratamiento T_5 presentó el valor promedio más alto con 673.3 ± 16.7 g, seguido por T_3 con 631.3 ± 13.2 g. Ambos tratamientos mostraron diferencias significativas frente a T_1, T_2 y T_4, cuyos valores oscilaron entre 606.8 g y 616.4 g.

En cuanto al consumo total de materia seca (CMS), se registró un mayor consumo en los animales del tratamiento T_5 (3208.1 ± 59.4 g), seguido por T_3 (3172.4 ± 36.4 g) y T_2 (3147.5 ± 54.5 g). Los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T_1 y T_4, con 3135.9 ± 52.7 g y 3130.6 ± 57.5 g respectivamente. Las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En relación con el índice de conversión alimenticia (ICA), se obtuvo el valor más bajo (más eficiente) en el tratamiento T5 (4.8 ± 0.2), lo que representó una diferencia significativa respecto a los demás tratamientos. Los tratamientos T_1, T_2, T_3 y T_4 presentaron valores de ICA similares, entre 5.0 y 5.17.

El análisis del peso de la carcasa (PC) mostró diferencias claras entre tratamientos. T_5 registró el mayor peso de carcasa con 678.0 ± 10.1 g, seguido por T_3 con 646.0 ± 9.4 g. Los valores más bajos se observaron en los tratamientos T_1, T_2 y T_4, con promedios entre 617.5 g y 625.5 g.

Finalmente, en el rendimiento de carcasa (RC), el tratamiento T_5 alcanzó el mayor porcentaje con 70.3 ± 0.4%, seguido por T_3 con 70.0 ± 0.7%. Ambos valores fueron significativamente superiores a los de T_1 (68.7 ± 0.6%) y T2 (68.9 ± 1.0%). El tratamiento T_4 mostró un valor intermedio de 69.2 ± 0.6%. En el anexo 5 se puede observar el análisis estadístico de los parámetros productivos.

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian que la inclusión de aceites esenciales nanoemulsionados de orégano (*Origanum vulgare*) y chincho (*Tagetes elliptica*) en la dieta de cuyes de engorde generan efectos beneficiosos sobre los principales parámetros productivos, lo que respalda la hipótesis planteada. El tratamiento T5, correspondiente a la combinación de ambos aceites esenciales, mostró una mejora significativa en variables como ganancia de peso, consumo de materia seca, conversión alimenticia, peso de carcasa y rendimiento de canal, en comparación con los demás tratamientos, incluido aquel que incorporó antibiótico promotor de crecimiento (APC).

Al respecto, distintos autores como Giannenas *et al.* (2011) concuerdan con los resultados del trabajo de investigación al mencionar en su estudio de investigación que los rumiantes cuando consumen alimentos suplementados con aceites esenciales potencian la producción láctea, mayor ganancia de peso y mejores conversiones alimenticias en la carne del ovino y bovino, entre otros. Así mismo, respecto a las aves y porcinos, autores como Cadena (2022) al incluir el aceite esencial de orégano en la alimentación del animal estimula el apetito mejorando de esta manera la conversión alimentaria y una mayor de ganancia de peso a corto plazo con una mortalidad menor.

La ganancia de peso total (GP) es uno de los indicadores más sensibles para evaluar el desempeño productivo de animales de abasto. En este estudio, los animales alimentados con la combinación de AE de chincho y orégano (T5) alcanzaron una GP promedio de 673.3 g, significativamente superior al grupo control (T1) y al grupo con APC (T2). Este resultado

refleja el potencial anabólico de los aceites esenciales utilizados, efecto que ha sido documentado por otros autores. Por ejemplo, Siccha (2019) reportó incrementos en la ganancia de peso en cuyes suplementados con AE de orégano en polvo, atribuyéndolo a la estimulación del apetito y la mejora en la absorción de nutrientes. Así mismo, Chela (2015) menciona en su tesis que existe un efecto positivo en la ganancia de peso en la etapa de crecimiento y engorde del cuy al comparar diferentes cantidades de orégano como suplemento en la ración alimentaria.

Asimismo, estudios realizados en otras especies monogástricas respaldan estos hallazgos. Ariza *et al.* (2011), en porcinos, y Hernández *et al.* (2014), en aves, demostraron que los fitobióticos pueden igualar o incluso superar el efecto de los antibióticos promotores del crecimiento. Estos compuestos ejercen una acción antimicrobiana selectiva sobre microorganismos patógenos del tracto digestivo, promoviendo un entorno intestinal más favorable para la digestión y absorción de nutrientes.

El consumo total de materia seca (CMS) también mostró diferencias significativas. El mayor consumo de materia seca se observó en T5, siendo estadísticamente superior al resto de tratamientos. Los tratamientos T3 y T2 también mostraron valores elevados, aunque sin diferencias significativas entre ellos. Esto sugiere que los aceites esenciales, además de su acción metabólica y antimicrobiana, pueden actuar como agentes moduladores del comportamiento alimentario. En ese sentido, Ayala *et al.* (2011) indican que la presencia de compuestos como carvacrol, timol y otras moléculas volátiles mejora la palatabilidad de los alimentos, estimulando la ingestión voluntaria. Este efecto se ha comprobado en estudios con aves (Loeza *et al.,* 2020) y cerdos, y en el presente trabajo se refleja claramente en los cuyes, particularmente en aquellos que consumieron dietas con mezclas de aceites esenciales.

La mejoría en el índice de conversión alimenticia (ICA) es un indicador claro de eficiencia productiva. En esta investigación, el grupo T5 registró el ICA más bajo (4.8), lo cual refleja

una mayor eficiencia en el aprovechamiento del alimento consumido, ya que, a pesar de haber registrado el mayor consumo total de materia seca, fue el grupo que logró la mayor ganancia de peso. Este resultado tendría gran valor zootécnico, pues indicaría una conversión más eficiente de nutrientes en tejido corporal, respaldado por lo observado por Siccha (2019) en cuyes, Betancourt *et al.* (2012) en aves y Mohamed *et al.* (2021) en el uso de nanoemulsiones.

Según Betancourt *et al*. (2012), los aceites esenciales pueden modular la microbiota intestinal reduciendo la fermentación no deseada y disminuyendo la competencia por nutrientes. Mohamed *et al*. (2021) destacan que el uso de nanoemulsiones mejora la estabilidad y biodisponibilidad de los principios activos, asegurando su llegada al sitio de acción y maximizando su efecto.

En cuanto al peso de la carcasa (PC) y el rendimiento de canal (RC), ambos parámetros mostraron mejoras significativas en los animales alimentados con la combinación de aceites esenciales. El PC en T5 fue de 678.0 g y el RC alcanzó un 70.3%, ambos significativamente superiores a la mayoría de los tratamientos, excepto al T3 (70.0%), con el que no presentó diferencias significativas en el RC. Estos resultados son especialmente relevantes desde el punto de vista comercial, ya que permiten obtener más carne por unidad de alimento ofrecido. Autores como Siccha (2019) y Janacua *et al.* (2018) obtuvieron resultados similares en cuyes y cerdos, respectivamente, suplementados con aceites esenciales, lo cual sugiere que estos aditivos no solo favorecen el crecimiento, sino también la deposición eficiente de tejido muscular. La similitud estadística entre T3 y T5 sugiere que el chincho tiene un efecto positivo claro sobre el rendimiento de canal, aunque la combinación con orégano logró mejorar otros parámetros productivos de forma más marcada.

El uso del chincho (*Tagetes elliptica*) representa una innovación valiosa en el campo de los aditivos naturales en alimentación animal. Esta planta nativa del Perú, conocida tradicionalmente por sus propiedades digestivas y antimicrobianas en la medicina popular,

ha sido poco explorada en su aplicación zootécnica (Lambert *et al.*, 2001). Cerrón (2024) destaca que los aceites esenciales de Tagetes contienen compuestos como tagetona, ocimeno y piperitenona, con reconocida actividad biológica. En el presente estudio, el uso exclusivo de chincho (T3) también mostró efectos positivos sobre la GP, CMS y PC, aunque fueron más notorios cuando se combinó con orégano. Esto sugiere un posible efecto sinérgico entre ambos aceites esenciales.

La formulación de los aceites esenciales en forma de nanoemulsiones constituye otro aspecto clave del presente estudio. Las nanoemulsiones permiten encapsular compuestos volátiles, protegiéndolos de la degradación por luz, oxidación y temperatura, al tiempo que mejoran su absorción intestinal y prolongan su acción en el tracto digestivo (Hernández *et al.,* 2024). Esto explica, en parte, la superioridad observada frente a tratamientos convencionales. O'Bryan *et al*. (2015) y Nazzaro *et al.* (2013) señalan que la nanotecnología aplicada a aceites esenciales puede incrementar hasta en 10 veces su efectividad antimicrobiana y antioxidante.

Además, es importante considerar que, a diferencia de los antibióticos promotores de crecimiento, los aceites esenciales no generan residuos en la carne ni contribuyen al desarrollo de resistencia antimicrobiana, lo cual representa una ventaja importante en términos de inocuidad alimentaria y aceptación del consumidor (Guevara *et al.*, 2021; Valdizán *et al.* 2019).

Existen diversos reportes de información sobre el uso de aceites esenciales en la alimentación de los animales pecuarios. Sin embargo; los aceites esenciales encapsulados en forma de nanoemulsiones en la alimentación de los animales tienen escasa información y mucho más en la alimentación de los cuyes (Saavedra, 2019). Por lo que, este trabajo de investigación nos ofrece resultados interesantes que estimulan a seguir realizando más pruebas experimentales de nuevos aceites esenciales de acción simbiótica mediante la aplicación de la nanotecnología en favor de los parámetros productivos y la salud de los

animales.

Sarria *et al.* (2020) mencionan que en el Perú uno de los mayores problemas de los productores de cuyes es que no están correctamente capacitados con el manejo de sistemas de alimentación para cuyes al no dar una buena calidad de alimento por lo cual repercute en el rendimiento nutricional del animal y demore más en alcanzar su peso promedio para salir al mercado.

Si bien los estudios señalados han sido realizados en otras especies monogástricas, los resultados del presente trabajo en cuyes muestran tendencias similares, lo que sugiere un posible efecto común de los aceites esenciales en la eficiencia digestiva de animales monogástricos. Los resultados obtenidos en el presente estudio respaldarían el valor de los aceites esenciales como aditivos funcionales en la alimentación de cuyes. Su uso combinado y formulado en nanoemulsiones constituiría una estrategia sostenible, eficaz y alineada con las exigencias actuales de la producción animal orientada a la salud pública y el bienestar animal (Díaz *et al.*, 2015; Markowiak y Ślizewska, 2018).

VI. CONCLUSIONES

1. La combinación de aceites esenciales nanoemulsionados de chincho y orégano en la alimentación de cuyes de engorde mejoraron significativamente el consumo de materia seca, la ganancia de peso, el índice de conversión alimenticia y el peso de canal respecto al resto de tratamientos.
2. El tratamiento combinado de aceites esenciales nanoemulsionados de chincho y orégano en la alimentación de cuyes de engorde evidenció un efecto sinérgico, superando el desempeño de los tratamientos individuales con chincho o con orégano.
3. Los aceites esenciales nanoemulsionados en forma individual, mostraron un comportamiento productivo similar al del tratamiento con antibiótico promotor de crecimiento y al tratamiento control.
4. Los aceites esenciales nanoemulsionados pueden ser una alternativa natural viable para el reemplazo de antibióticos promotores de crecimiento en la crianza de cuyes.

VII. RECOMENDACIONES

1. Complementar futuras investigaciones con evaluaciones microbiológicas del contenido intestinal y análisis de la microbiota fecal.
2. Incorporar el análisis de calidad de la carne como parte de los parámetros evaluados, considerando aspectos como pH, textura, color, capacidad de retención de agua y perfil de ácidos grasos.
3. Diseñar estudios complementarios con enfoque económico-productivo, incluyendo análisis de costos, márgenes de ganancia y retorno de inversión de la suplementación con aceites esenciales nanoemulsionados en la alimentación de cuyes.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ***Alania Y, Meza W. 2018.*** Evaluación de concentraciones de chincho (*Tagetes elíptica Sm*.), ají panca (*Capsicum chinense*), ají amarillo (*Capsicum baccatum*) y ajo (*Allium sativum*), en las características fisicoquímicas y sensoriales de salsa para pachamanca en la región Huánuco. Tesis de Ingeniero Agroindustrial. Huánuco: Univ. Nac. Hermilio Valdizán-Huánuco. 18-21 p.

2. ***Alejo R. 2015.*** Actividad antibacteriana del aceite esencial de las hojas de *Tagetes elliptica* (Chinchu). Tesis de Químico Farmacéutico. Lima: Univ. Alas Peruanas. 17 - 18 p.

3. ***Aloui H, Khwaldia K. 2016.*** Natural antimicrobial edible coatings for microbial safety and food quality enhancement. Rev. Food Sci Food Saf. 15 (6): 1080-1103 p.

4. ***Alvarado G, Medina E. 2019.*** Nanoemulsiones o/w de aceite esencial de naranja y tween 80. Rev. Soc. Quím. Perú. 85 (2): 190-191 p.

5. ***Álvarez S. 2014.*** Situación actual y perspectivas de la exportación de carne de cuy (*Cavia porcellus*). Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima: Univ. Nac. Agraria La Molina. 4 - 6 p.

6. ***Amiri N, Afsharmanesh M, Salarmoini M, Meimandipour A, Hosseini S, Ebrahimnejad H, 2021.*** Nanoencapsulation (*in vitro* and *in vivo*) as an efficient technology to boost the potential of garlic essential oil as alternatives for antibiotics in broiler nutrition. Animal. 15 (1): 1-7 p.

7. ***Araujo C. 2019.*** Efecto antimicrobiano de aceites esenciales de orégano (*Origanum*

vulgare) y tomillo (*Thymus vulgare*) individuales y en combinación contra *Salmonella Typhimurium.* Tesis de Ingeniero Agroindustrial Alimentaria. Honduras: Univ. Zamorano. 6-7 p.

8. ***Ariza C, Bandrick M, Baidoo S, Anil L, Molitor T, Hathaway M. 2011.*** Effect of dietary supplementation of oregano essential oils to sows on colostrum and milk composition, growth pattern and inmune status of suckling pigs. Journal of Animal Science. 89 (4): 1079-1089.
9. ***Artica L. 2020.*** Producción sostenible de cuyes para la agricultura familiar. Lima: formagro. 80 p.
10. ***Ataucusi S. 2015.*** Manejo técnico de la crianza de cuyes en la sierra del Perú. 1ra ed. Perú. Buenaventura. 24 -25 p.
11. ***Ayala L, Silvana N, Zocarrato I, Gómez S. 2011***. Utilización del orégano vulgar (*Origanum vulgare*) como fitobiótico en conejos de ceba. Rev. Cubana de Ciencia Agrícola.

    Disponible en: https://biblat.unam.mx/hevila/Revistacubanadecienciaagricola/2011/vol45/no2/11.pdf
12. ***Barriga X. 2019.*** Efecto del uso de diferentes concentraciones de harina de larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) sobre el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento - engorde alimentados con raciones mixtas. Tesis Maestría de Producción y Salud Animal. Arequipa: Univ. Católica de Santa María. 21 p.
13. ***Beltrán H. 2016.*** Las Asteráceas (Compositae) del distrito de Laraos (Yauyos, Lima, Perú). Rev. Peruana de Biología. 23(2): 195-220 p.
14. ***Betancourt L, Ariza C, Afanador G. 2012.*** Efectos de la suplementación con aceites esenciales de orégano sobre la digestibilidad ileal, histomorfometría intestinal y comportamiento productivo de pollos de engorde. Rev. Colombiana de Ciencias

Pecuarias. 25(2): 240-251 p.

15. ***Blanco S. 2005.*** Crianza y Manejo de cuyes Cajamarca-Perú.

16. ***Bustamante F. 2022***. Influencia del nivel de fibra dietaria sobre el desarrollo gastrointestinal en cuyes. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Cusco: Univ. Nac. San Antonio Abad del Cusco. 12 - 13 p.

17. ***Cadena J. 2022.*** Los aceites esenciales en la alimentación de pollos de engorde. Tesis de Ingeniería Zootecnista. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 6 p.

18. ***Callan T, Suárez G. 2021.*** Estrategia de marketing para proyectar ventas de una nueva empresa de carne de cuy en Lima Metropolitana. Tesis de Ingeniería Industrial. Lima: Univ. Ricardo Palma. 84 p.

19. ***Calvo M. 2004.*** La resistencia bacteriana a los antibióticos. [Internet]. [15 enero 2024]. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/infecciosas/comun_varias_especies/37-resistencia_bacteriana_a_antibioticos.pdf

20. ***Camino D. 2011.*** ¨Evaluación de dos genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con concentrado y exclusión de forraje verde¨. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima: Univ. Nac. Agraria la Molina. 96 p.

21. ***Carbajal C. 2015.*** Evaluación preliminar de tres alimentos balanceados para cuyes (*Cavia porcellus*) en acabado en el valle del Mantaro. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima. Univ. Nac. Agraria la Molina. 12-13 p.

22. ***Cárdenas E. 2014.*** Determinación de parámetros de operación para la destilación por arrastre con vapor de agua del aceite esencial de molle (*Schinus molle Linneo*) en el equipo modular de extracción de aceites esenciales de la FIQM-UNSCH. Tesis de Ingeniero Químico. Ayacucho: Univ. Nac. San Cristóbal de Huamanga. 22-24 p.

23. ***Carhuapoma M. 2007.*** Composición química, actividad anti-Helicobacter pylori y antioxidante del aceite esencial de *Satureja brevicalyx Epling* "urqu muña". Tesis de Doctor en Farmacia y BioquÌmica. Lima: Univ. Nac. Mayor de San Marcos. 75 p.
24. ***Carr, A. C., & Maggini, S. 2017.*** Vitamin C and Immune Function. Nutrients, 9(11), 1211. https://doi.org/10.3390/nu9111211
25. ***Carrion J. 2013.*** ¨Efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* (cepa 1077) sobre el desempeño productivo de cuyes en crecimiento (*Cavia porcellus*) Irrigación Majes - Arequipa 2013¨. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Arequipa: Univ. Católica de Santa Maria. 30 - 31 p.
26. ***Casado I. 2018.*** Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor. Tesis de Ingeniería en tecnologías industriales. Madrid: Univ. Politécnica. 35-45 p.
27. ***Ceballos V, Londoño L. 2017.*** Aceites esenciales en la conservación de alimentos. Micro Ciencia. 6: 38 - 49. doi: 10.18041/2323-0320/microciencia.0.2017.3659
28. ***Cerrón F. 2024.*** Nanoencapsulación del aceite esencial de chincho (*Tagetes elliptica* Sm.) en la estabilidad fisicoquímica de la carne de alpaca marinada. Tesis de doctorado en ciencia de alimentos. Lima: Univ. Agraria La Molina. 25-26 p.
29. ***Cerrón F, Pérez J, Nolazco D, Salva B, Téllez L, Fernández J, Viuda M. 2023.*** Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of essential oil obtained from Chincho (*Tagetes elliptica* Sm) leaves grown in the peruvian Andes. Foods. 12 (4): 894.
30. ***Chauca L. 1997.*** Producción de cuyes. *Cavia porcellus*. Lima: Instituto Nacional de Investigación Agraria.
31. ***Chauca L. 2005***. Nutrición y alimentación de los cuyes. Instituto Nacional de investigaciones. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú.
32. ***Chaves A, Stanford K, Dugan M, Gibson L, McAllister T, Van H, Benchaar C. 2008.***

Effects of cinnamaldehyde, garlic and juniper berry essential oils on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. Livestock Science. 117: 215-224 p.

33. ***Chela A. 2015.*** ¨ Utilización de diferentes niveles de orégano como promotor natural de crecimiento en la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento, engorde ¨. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Pecuarias Carrera de Ingeniería Zootécnica.

34. ***Chicaiza S. 2014.*** Evaluación del balanceado con tres niveles (10%, 15%, 20%) heno de avena (avenina) en la alimentación de los cuyes en la etapa de crecimiento y engorde en la Cuyera Nacional Cuy Cuna. Tesis de Médico veterinario. Latacunga: Univ. Técnica de Cotopaxi. 13-14 p.

35. ***Chirinos O, Muro K, Concha W, Otiniano J, Quezada J, Ríos V. 2008.*** Identificación de la oportunidad de negocio. En: ESAN, eds. Crianza y comercialización de cuy para el mercado limeño. Lima: Gerencia Global 8. 13 - 19 p.

36. ***Chirito A. 2023.*** Efecto del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) sobre el rendimiento productivo en cuyes mejorados. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Huacho: Univ. Nac. José Faustino Sánchez Carrión. 18-21 p.

37. ***Ciprían R. 2006.*** Ëvaluación del tamaño de partícula y el nivel de fibra en el concentrado para cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento ¨Tesis de Magister Scientiae. Lima: Univ. Nac. Agraria la Molina. 74 p.

38. ***Collado K. 2016.*** Ganancia de peso en cuyes machos (*Cavia porcellus*), post destete de la raza Perú, con tres tipos de alimento-balanceado-mixta-testigo (alfalfa) en Abancay. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Apurimac: Univ. tecnológica de los Andes. 26-27 p.

39. ***Condori R. 2014.*** Evaluación de bajos niveles de fibra en dietas de inicio y crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) con exclusión de forraje.Tesis de Ingeniero zootecnista.

Lima: Univ. Agraria la Molina. 5p.

40. ***Córdova F, Carrera M, Vargas L, Pavón L. (2024).*** Acción de los promotores de crecimiento en la salud intestinal del monogástrico, Ecuador. Polo del Conocimiento 9(3). Doi: https://doi.org/10.23857/pc.v9i3.6884
41. ***Cruz M, 2017.*** Costo de producción y precio de venta de los cuyes en la Asociación de Productores Túpac Amaru de la Comunidad de Llalla - Provincia de Canas, Cusco 2016. Tesis de Contador Público. Cusco: Univ. Andina del Cusco. 69 p.
42. ***Díaz J. 2014.*** "Estructura química del extracto acuoso y etanólico de las hojas de *Taegetes elliptica* Sm. "Chincho", actividad antibacteriana y antifúngica en la aplicación de un alimento andino." Tesis de Ciencias de los Alimentos. Lima: Univ. Nac. Mayor de San Marcos.
43. ***Díaz S, D´Souza D, Biswas D, Hanning I. 2015.*** Botanical alternatives to antibiotics for use in organic poultry production. Poultry Science, 94(6). Doi: 10.3382/ps/pev014
44. ***Di pasqua R, Hoskins N, Betts G, Mauriello G. 2006.*** Changes in membrane fatty acids composition of microbial cells induced by addiction of thymol, carvacrol, limonene, .+cinnamaldehyde, and eugenol in the growing media. J agric food Chem, 54 (7). 2745 p.
45. ***Estrada E, Velastegui G. 2021.*** Caracterización de la carne de cuy empacado al vacío. Un estudio para su exportación. Ingeniería y sus alcances, Rev. de Investigación 12: 123 - 134 p.
46. ***Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2019***. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (3.ª ed.). Madrid, España: FEDNA. https://www.fundacionfedna.org/
47. ***Gallart F. 2021.*** Composición de los aceites esenciales de la corteza de diferentes variedades de Citrus medica L. Influencia del grado de maduración. Tesis de Máster de

Ingeniería Agronómica. Valencia: Universitat Politécnica de Valencia. 11-12 p.

48. ***Garay H. 2015.*** Efecto antibacteriano del aceite esencial de *Origanum vulgare* L. "orégano" sobre cepas de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, in vitro. Cajamarca-2015. Tesis de Maestro en Ciencias. Cajamarca: Univ. Nac. de Cajamarca. 10-11 p.

49. ***García Y, García C. 2015.*** Additives for animal feeding: The Institute of Animal Science on its 50 years, Cuba. Rev. Cuban J. Agric. Sci, 49(2). 173-177 p.

50. ***Giannenas I, Skoufos J, Giannakopoulos C, Wiemann M, Gortzi O, Lalas S, Kyriazakis***

    I. 2011. Effects of essential oils on milk production, milk composition, and rumen microbiota in Chios dairy ewes. Journal of Dairy Science. Sci: 94: 5569-5577 p.

51. ***Gil V. 2007.*** Importancia del cuy y su competitividad en el mercado. En: XX Reunión ALPA, Cusco: Asociación Latinoamericana de Producción Animal.

52. ***Gonçalves S, Sousa VH, Martins dos Santos A, Lobato J, Polli AL, Fonseca-Santos B, Oliveira JC, Daflon MP, Chorilli. 2020.*** Advances and challenges in nanocarriers and nano medicines for veterinary application. International Journal of Pharmaceutics. 580. 119214.

53. ***Govindarajan M, Rajeswary M, Hoti S, Benelli G. 2016.*** Larvicidal potential of carvacrol and terpinen 4-ol from the essential oil of *Origanum vulgare* (*Lamiaceae*) against *Anopheles stephensi*, *Anopheles subpictus*, *Culex quinquefasciatus* and *Culex tritaeniorhynchus* (*Diptera: Culicidae*). Res Vet Sci, 104 (77-82). Doi: 10.1016/j.rvsc.2015.11.011

54. ***Guevara J, Carcelén F, García T. 2021.*** Comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus* L.) en crecimiento suplementados con prebióticos y probióticos naturales. Cienciay Tecnología Agropecuaria, 22(3). Doi:

https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num3_art:1920

55. ***Hernández C. 2004.*** Formación de nanoemulsiones O/W mediante el cambio en la composición-formulación por dilución con agua de sistemas próximos a la formulación óptima. Tesis de Ingeniero Químico. México: Univ. de Los Andes. Mérida. 28-29 p.
56. ***Hernández C. 2008.*** Guía práctica. Crianza de cuyes. Centro de Investigación biológica. Univ. Católica, Sedes Sapientiae. Los Olivos, Perú. Disponible en: https://www.ucss.edu.pe/publicaciones/produccion-de-cuyes
57. ***Hernández R, Fernández C, Baptista P. 2014***. Metodología de la investigación. México: McGRAW- HILL.Disponible en: http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-inv estigacion-sexta-edicion.compressed.pdf
58. ***Hernández A. 2020.*** Evaluación del aceite de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) sobre el comportamiento productivo de pollos de engorda (ROSS 308). Tesis de Maestría en Ciencia Animal. México: Univ. Autónoma de Nuevo León. 10-12 p.
59. ***Hernández J, Sánchez A, García H, Torres C, Ochoa A. 2024.*** Actividad antifúngica In vitro de nanoemulsión preparada a base de aceite neem (*Azadirachta indica*). Ecosistemas y recursos agropecuarios. 10 (3):, e3637
60. ***Hilvay L. 2015.*** Efecto de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon*), albahaca (*Ocimum basilicum*) y orégano (*Origanum vulgare*) en la conservación de la carne de cuy (*Cavia porcellus*). Tesis de Ingeniería en Alimentos. Ambato: Univ. Técnica de Ambato. 8-9 p.
61. ***Hristov A, Lee C, Cassidy T, Heyler K, Tekippe J, Varga G, Corl B, Brandt R. 2013.*** Effect of *Origanum vulgare* L. leaves on rumen fermentation, production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science. Sci 96: 1189-1202 p.
62. ***Huamani G, Zea O, Gutiérrez G, Vílchez C. 2016.*** Efecto de tres sistemas de

alimentación, Perú. *Rev Inv Vet Perú,* 25(3). Doi: http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v27i3.12004

63. ***Huaraca R, Delgado M, Tapia F, Agreda H, Cáceres E, Alarcón J, Godoy H, Cañari C, Ecos M, Ochoa V, Ascue R, Mamani G, Flores N. 2022.*** Bioactive compounds and antioxidant activity of essential oil of species of the genus Tagetes. En: Intechopen. Recent developments in antioxidants from natural sources.

64. ***Hristov A, Lee C, Cassidy T, Heyler K, Tekippe J, Varga G, Brandt R. 2013***. Effect of *Origanum vulgare* L. leaves on rumen fermentation, production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science. 96 (2): 1189-1202.

65. ***Hyldgaard M, Mygind T, Meyer R. 2012.*** Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. Frontiers in microbiology journal, 3(12-15).

66. ***Iannacone J, Alvariño L, La Torre M, Guabloche A, Ventura K, Chero J, Cruces C, Romero S, Tuesta E, Saez G, MacDonald D, Tueros G, Argota G, Fimia R, Carhuapoma M. 2015.*** Toxicidad aguda y crónica de *Tagetes elliptica* (Asteraceae) y dimetoato sobre depredadores y parasitoides de plagas de importancia agrícola en Perú. The Biologist (Lima). 13 (2): 329-347.

67. ***Ibrahim D, Abdelfattah-Hassan A, Badawi M, Ahmed T, Bendary M, Abdelaziz A, Mosbah R, Ibrahim D, Arisha A, El-Hamid M. 2021.*** Thymol nanoemulsion promoted broiler chicken´s growth, gastrointestinal barrier and bacterial community and conferred protection against *Salmonella Typhimurium*. Scientific reports. 11: 7742.

68. ***[INEI] Instituto Nacional de Estadística e Informática 2018.*** Encuesta Nacional Agropecuaria 2018: Principales resultados - pequeñas, medianas y grandes unidades agropecuarias, 2014 - 2018. Instituto Nacional de Estadistica e Informatica. 120 p. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1697/l

ibro.pdf

69. ***[INEI] Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2022.*** [Internet]. [15 enero 2024]. Disponible en: https://iinei.inei.gob.pe/microdatos/

70. ***Infopork. 2008.*** Importancia de la conversión alimenticia en porcinos. [Internet]. [16 septiembre 2024].Disponible en: https://infopork.com/2008/11/importancia-de-la-conversi-n-alimenticia-en-producci-n-porc ina/

71. ***Inforegión. 2014.*** La carne de cuy es esencial para combatir el cáncer y enfermedades cardiovasculares. [Internet], [21 febrero 2024]. Disponible en: https://inforegion.pe/la-carne-de-cuy-es-esencial-para-combatir-el-cancer-y-enfermedades- cardiovasculares/

72. ***Inga R. 2008.*** ¨Evaluación de dos niveles de energía y de fibra en dietas de engorde para cuyes mejorados (*Cavia porcellus*)¨. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima: Univ. Nac. Agraria de la Molina. 80 p.

73. ***Janacua H, Alarcón A, Olguín H, Quintero J, Cardona M. 2018.*** Aceites esenciales de orégano en la dieta de cerdos para mejorar las características de la canal. Rev. de Investigación en Ingeniería e Innovación Tecnológica. 15(65): 86-90p.

74. ***Jara L. 2015.*** Actividad antibacteriana del aceite esencial de las hojas *Tagetes filifolia* "anisillo" sobre cepas de *Escherichia coli.* Tesis de Químico Farmacéutico. Lima: Univ. Alas Peruanas. 37 - 38 p.

75. ***Jiménez Y. 2007***. Valoración energética de diferentes tipos de maíz (*Zea mays*) utilizado en la alimentación de los cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis de Ingeniero Zootecnista. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 27 p.

76. ***Kirkpinar F, Unlu B, Ozdemir G. 2011.*** Effects of oregano and garlic essential oils on performance, carcase, organ and blood characteristics and intestinal microflora of broilers. Livestock Science. Sci: 137 (1-3). https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.11.010

77. ***Lambert R, Skandamis P, Coote P, Nychas G. 2001.*** A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and

carvacrol. Journal of Applied Microbiology. 91(3). https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01428.x

78. ***Langeveld W, Veldhuizen E, Burt S. 2014.*** Synergy between essential oil components and antibiotics: a review. Critical Reviews in Microbiology, 40(1). Doi: 10.3109/1040841X.2013.763219

79. ***Lee MA. 2018.*** A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. J Plant Res. Jul;131(4):641-654. doi: 10.1007/s10265-018-1024-y. Epub 2018 Mar 17. PMID: 29550895; PMCID: PMC6015622.

80. ***León J. 2023a.*** Perú cuenta con más de 20 millones de cuyes. [Internet], [18 enero 2024]. Disponible en: https://agraria.pe/noticias/peru-cuenta-con-mas-de-20-millones-de-cuyes-33500

81. ***León J. 2023b.*** Exportaciones peruanas de orégano crecen en volumen 8.75% pero caen en valor -6.66% entre enero y mayo de 2023. [Internet], [01 octubre 2024]. Disponible en: https://agraria.pe/noticias/exportaciones-peruanas-de-oregano-crecen-en-volumen-8-75-per -32246

82. ***Li S, Ru Y, Liu M, Xu B, Péron A, Shi X. 2012.*** The effect of essential oils on performance, immunity and gut microbial population in weaner pigs. Livestock Science. Sci 145: 119-123.

83. ***Loeza H, Salgado S, Ávila F, Gutiérrez R, Domínguez A, Ayala M, Escalera F. 2020.*** Revisión del aceite de orégano *spp*. en salud y producción animal. Abanico Agroforestal. 2. 10 p.

84. ***Marinkovic J, Boskovic M, Tasic G, Vasilijevic B, Markovic D, Markovic T, Nikolic B. 2022.*** *Cymbopogon martinii* essential oil nanoemulsions: Physico-chemical characterization, antibacterial and antibiofilm potential against *Enterococcus faecalis*. Industrial Crops & Products. 187: 1-9. doi: 10.1016/j.indcrop.2022.115478.

85. ***Markowiak P. Ślizewska K. 2018.*** The role of probiotics, prebiotics and synbiotics inanimal nutrition. Gut Pathogens. 10(1). 1-20 p.

86. ***Martinez R, Ortega M, Herrera J, Kawas J, Zarate J, Robles R. 2015.*** Uso de aceites esenciales en animales de granja. Interciencia. 40(11). 744-745 p.

87. ***Martínez R, Mera R. 2024.*** La nanotecnología como método de diagnóstico y tratamiento de mastitis bovina. Ciencia Latina Rev. Científica Multidisciplinar. 8(3). 7724-7725 p.

88. ***Martínez V, Pereira-Rojas J, Martínez L, Pereira J. 2020.*** Estado del arte sobre el escalamiento de nanoemulsiones: aspectos fisicoquímicos y de ingeniería del proceso. Rev. Ciencia e Ingeniería. 41 (3). 301-314 p.

89. ***Mayer, J., & Donnelly, T. M. 2012.*** Guinea pigs. In Clinical Veterinary Advisor (pp. 253–285.e1). https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-3969-3.00139-6

90. ***Mayta J. 2018.*** Uso de la homogeneización por ultra alta presión (UHPH) para la mejora de quesos con contenido reducido en grasa. Tesis de Doctor en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Barcelona: Univ. Autónoma de Barcelona. 24 - 25 p.

91. ***Mazo L. 2013.*** Utilización del forraje de camote en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento-engorde y gestación- lactancia en el canton baños de agua Santa. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Pecuarias Escuela de Ingeniería Zootécnica. 5 - 6 p.

92. ***Mendoza G, Costilla N, Salirrosas N, Loyaga B, Fernández A. 2023.*** Efecto de la suplementación de microencapsulados de aceites esenciales de *Stachys arvensis* "Pedorra", Eugenia punicifolia "Unquia" y Salvia sagittata "Salvia Azul" sobre los parámetros productivos y morfología intestinal en pollos de engorde. Rev. Científica. 33(2). Doi: https://doi.org/10.52973/rcfcv-e33277

93. ***Meza G, Cabrera R, Morán J, Meza F, Cabrera C, Meza J, Dicado J. 2014.*** Mejora

de engorde de cuyes (*Cavia porcellus* L.) a base de gramíneas y forrajeras arbustivas tropicales en la zona de Quevedo. Ecuador: IDESIA 32(3) 75-80. doi: 10.4067/S0718-3429201400030001

94. ***Midagri. 2020.*** En el 2020 se elevarán las ventas y consumo de cuy. [Internet], [22 febrero Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/76440-en-el-2020-se-elevaran-las-ventas- y-consumo-de-cuy
95. ***[Midagri] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. 2023.*** Cadena productiva de Cuy. Lima: Midagri. 4 p.
96. ***[Midagri] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. 2024.*** Boletín estadístico mensual. El Agro en cifras. Lima: Midagri. 10-14 p.
97. ***[Minagri] Ministerios de Agricultura y Riego. 2020.*** Análisis de Mercado de Orégano del 2015-2019. Lima: Minagri. 7-9 p.
98. ***Mendoza G, Costilla N, Salirrosas N, Loyaga B, Fernández A. 2023.*** Efecto de la suplementación de microencapsulados de aceites esenciales de *Stachys arvensis* "Pedorra", *Eugenia punicifolia* "Unquia" y *Salvia sagittata* "Salvia Azul" sobre los parámetros productivos y morfología intestinal en pollos de engorde. Rev. Científica. 33(2). Doi: https://doi.org/10.52973/rcfcv-e33277
99. ***Meza G, Cabrera R, Morán J, Meza F, Cabrera C, Meza J, Dicado J. 2014.*** Mejora de engorde de cuyes (*Cavia porcellus* L.) a base de gramíneas y forrajeras arbustivas tropicales en la zona de Quevedo. Ecuador: *IDESIA 32*(3) 75-80. doi: 10.4067/S0718-3429201400030001
100. ***Minaya F. 2019.*** Efecto de la inclusión del orevitol sobre los parámetros productivos en cuyes machos de engorde. Tesis de Ingeniero Agropecuario. Cusco: Univ. Nac. de San Antonio Abad del Cusco.
101. ***Mohamed AE, Mohamed E, Ahmed S, Heba S, Noha A, Mahmoud AG, Mustafa S, Ayman S, Ayman T, Amira E, Synan A, Khaled E. 2021.*** Essential oils anda their

Nanoemulsions as green alternatives to antibiotics in poultry nutrition: a comprehensive review. Poultry Science; 101 (2): 3-7.

102. ***Monroy R, Pereira J. 2020.*** Estado del arte. Avances recientes en el diseño de nanoemulsiones: conceptos y tendencias sobre nanos cosméticos. Rev. Ingeniería UC; 27

(3): 249 - 272 p.

103. ***Morten H, Mygind T, Meyer R. 2012.*** Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. Frontiers in Microbiology, 3(12).

104. ***Movahedi F, Nirmal N, Wang P, Jin H, Grondahl L, Li L. 2024.*** Recent advances in essential oils and their nanoformulations for poultry feed. Journal of Animal Science and Biotechnology; 15 (110): 1703.

105. ***Muaz K, Riaz M, Akhtar S, Park S, Ismail A. 2018.*** Antibiotic residues in chicken meat: Global prevalence, threats, and decontamination strategies: A Review. J Food Prot. 2018 Apr;81(4):619-627. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-17-086.

106. ***National Research Council (U.S.). 1978.*** Nutrient Requirements of Laboratory Animals (3.a ed.). Washington, DC: National Academies Press. https://doi.org/10.17226/20047.

107. ***National Research Council (U.S.). 1995.*** Nutrient Requirements of Laboratory Animals (4th rev. ed.). Washington, DC: National Academies Press. https://doi.org/10.17226/4758

108. ***Nazzaro F, Fratianni F, De Martino L, Coppola R, De Feo V. 2013.*** Effect of essential oils on pathogenic bacteria. Pharmaceuticals (Basel), 6 (12). Doi: 10.3390/ph6121451

109. ***O´Bryan C, Pendleton S, Crandall P, Ricke S. 2015.*** Potential of plant essential oils

and their components in animal agriculture- in vitro studies on antibacterial mode of action. Frontiers in Veterinary Science, 14(2). Doi: 10.3389/fvets.2015.00035

110. ***Ocsa G. 2023.*** Determinación de la calidad microbiológica del alimento de consumo para cuyes (*Cavia porcellus*) tomados de los comederos - y del fabricante (A, B, C) en la irrigación Majes, Arequipa - 2020. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Arequipa: Univ. Católica de Santa María. 8 - 9p.

111. ***Padalia H, Moteriya P, Baravalia Y, Chanda S. 2015.*** Antimicrobial and synergistic effects of some essential oils to fight against microbial pathogens-a review. The Battle Against Microbial Pathogens: Basic Science. Technological Advances and Educational Programs, Edition A. 34-35 p.

112. ***Paillacho W. 2017.*** Evaluación de una dieta a base de harina de yuca (*Manihot esculenta*) y de alfalfa (*Medicago sativa*) en un balanceado para la alimentación de cuyes *(Cavia aperea porcellus*, L) en la etapa de engorde. Tesis de Ingeniero Agropecuario. Tulcán: Univ. Politécnica Estatal del Carchi. 31 p.

113. ***Pajuelo F. 2024.*** Efecto del orégano (*Origanum vulgar*e) como aditivo natural sobre la respuesta productiva, morfometría intestinal y calidad de la carne de cuyes. Tesis de Maestro en Ciencias: Producción y Sanidad animal. Trujillo: Univ. Nac. Trujillo. 10-11p.

114. ***Patel S, Wellington M, Shah R, Ferreira M. 2020.*** Antibiotic stewardship in food-producing animals: Challenges, progress and opportunities. Clinical Therapeutics, 42(9): 1649 – 1658. https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2020.07.004

115. ***Patra A, Saxena J. 2010.*** A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. Phytochemistry 71: 1198-1222 p.

116. ***Pejsak Z. 2024.*** Sanidad. Aplicación de nanopartículas en la práctica veterinaria. [Internet], [17 marzo 2025]. Disponible en: https://www.3tres3.com/latam/articulos/aplicacion-de-nanoparticulas-en-la-

practica-veteri naria_16572/

117. ***Pérez F. 2022.*** Efecto del aceite esencial de orégano (*origanum vulgare*) en células de carcinoma oral de células escamosas y de queratinocitos orales displásicos in vitro. Tesis de Cirujano dentista. Santiago: Univ. de Chile. 10 - 11p.

118. ***Pineda C, Camiloaga S, Zuñiga M. 2007***. Actividad antimicrobiana del extracto de hojas de chincho (*Tagetes elliptica L*) contra *Salmonella typhimurium* en cobayos (*Cavia porcellus L.*). Investigación Valdizana 1(1). 10-13 p.

119. ***Quinde C. 2023.*** Perú alberga una población de cuyes que supera los 20 millones. Agropress. [Internet], [11 enero 2023]. Disponible en: https://agropress.pe/2023/peru-alberga-una-poblacion-de-cuyes-que-supera-los-20-millone s-13-10-23/

120. ***Quiñones T. 2022.*** Actividad antimicrobiana *in vitro* del aceite esencial de *Dalea carthagenensis* (Jacq.) J.F. Macbr. "Pata de Perdiz" contra *Escherichia coli* y *Salmonella choleraesuis*. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Trujillo: Univ. Nac. de Trujillo. 3-5 p.

121. ***Quispe E, Rentería G. 2019.*** Uso del ácido láctico y aceite esencial de orégano (*Origanum Vulgare*) en la conservación de carne precocida de cuy, suplementada con probióticos. Tesis de Ingeniería Agroindustrial. Lima: Univ. Nac. Mayor de San Marcos, 54 - 55 p. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/96071eeb-68aa-4d43-9edd-5777347d3da1

122. **R Core Team. 2021.** *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/

123. ***Redondo I, Santos Y. 2009.*** Efecto de los aceites esenciales en la alimentación de pollos de carne. Archivos de Zootecnia, 58(1), 597-600.

124. ***Reyes F, López A, Palou E. 2016.*** Antimicrobial Activity of Individual and Combined Essential Oils against Foodborne Pathogenic Bacteria. Journal of Food Protection, 79

(2): 309 - 315.

125. ***Reyes S. 2019.*** Efecto antiinflamatorio del extracto etanólico de las hojas de *Tagetes elliptica* (chincho) en *Rattus rattus var. albinus*. Tesis de Farmacia y Bioquímica. Chimbote: Univ. Católica los Ángeles Chimbote. 5-6 p.

126. ***Ríos J. 2017.*** Madrid: EFEAGRO. [Internet], [27 junio 2024]. Disponible en: https://efeagro.com/resistencias-antibioticos-reto-sanidad-animal-siglo-xxi/

127. ***Robles K, Pinedo R, Morales S, Chávez A. 2014.*** Parasitosis externa en cuyes (*Cavia porcellus*) de crianza familiar-comercial en las épocas de lluvia y seca en Oxapampa, Perú. *Rev Inv Vet Perú, 25*(1), 51-57. Doi: 10.15381/rivep.v25i1.846.

128. ***Rodríguez M, Alcaraz L, Real S. 2012.*** Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. 1ra ed. México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 8-9p.

129. ***Rodríguez E. 2020.*** Día Nacional del Cuy: Importancia nutritiva y productiva. [Internet]. [15 enero 2024]. Disponible en: http://www.lamolina.edu.pe/gaceta/edicion2020/notas/nota104.htm

130. ***Ruiz J. 2022.*** Actividad antibacteriana y anti-biopelícula de los aceites esenciales de *Citrus paradisi, Juglans neotropica Diels, Schinus molle* L. y *Tagetes elliptica* Smith. Tesis de Doctor en Farmacia y Bioquímica. Lima: Univ. Nac. Mayor de San Marcos. 7-8 p.

131. ***Ruiz J, Salazar M. 2021.*** Composición química y actividad antibacteriana de los aceites esenciales de *Citrus paradisi*, *Juglans neotropica* Diels, *Schinus moll*e y *Tagetes elliptic*a Smith. Rev. Soc Quím Perú, 87 (3): 237 - 238 p.

132. ***Saavedra D. 2019.*** Rendimiento de cuyes mejorados en crecimiento con orégano y un complejo enzimático en la dieta. Tesis de Ingeniera Zootecnista. Lambayeque: Univ. Nac. Pedro Ruiz Gallo, 10-16p.

133. ***Salehi B, Valussi M, Bezerra M, Pereira J, Alves A, Melo H, Vitalini S, Kregiel D,***

Antolak H, Sharifi-Rad M, Cirone N, Yousaf Z, Martorell M, Iriti M, Carradori S, Sharifi-Rad J. 2018. Tagetes spp. Essential oils and other extracts: chemical characterization and biological activity. Molecules, 23 (11): 18-21 p.

134. ***Salinas R. 2018.*** Actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Origanum vulgare* L. "Orégano peruano" frente a *Staphylococcus aureus*. Tesis de Químico Farmacéutico. Lima: Univ. Norbert Wiener. 73 p.

135. ***Salvia L, Soliva R, Rojas M, McClements D, Martín O. 2017.*** Edible nanoemulsions as carriers of active ingredients: a review. Annual Review of Food Science and Technology. 8 (1). 439-466 p.

136. ***Sandoval V, Cu T, Peraza G, Acereto P. 2016.*** Introducción en los procesos de encapsulación de moléculas nutracéuticas. En: Ramírez M, ed. 1ra ed. España: Propiedades Funcionales de hoy. 195-196 p.

137. ***Sarria JA, Cantaro JL, Cayetano JL. 2020.*** Crecimiento de 4 genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) bajo dos sistemas de alimentación. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 21 (3), e1437: 6.

138. ***Sánchez G, Rázuri R. 2017.*** Obtención de aceite esencial a partir de orégano (*Origanum vulgare L.*) cultivado en la costa ecuatoriana y su evaluación como fitofármaco.
[Internet], [17 septiembre 2024]. Disponible en:
https://biblioteca.semisud.org/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=285146

139. ***Schalk AM, Lavie A. 2014***. Structural and kinetic characterization of guinea pig L- asparaginase type III. Biochemistry. Apr 15;53(14):2318-28. doi: 10.1021/bi401692v. Epub 2014 Apr 7. PMID: 24669941; PMCID: PMC4004260.

140. ***Schalk AM, Nguyen HA, Rigouin C, Lavie A. 2014***. Identification and structural

analysis of an L-asparaginase enzyme from guinea pig with putative tumor cell killing properties. J Biol Chem. Nov 28;289(48):33175-86. doi: 10.1074/jbc.M114.609552. Epub 2014 Oct 15. PMID: 25320094; PMCID: PMC4246078.

141. ***Segovia I, Suárez L. 2010.*** Composición química del aceite esencial de *Tagetes elliptica* Smith "Chincho" y determinación de su actividad antioxidante, antibacteriana y antifúngica. Tesis de Químico Farmacéutico. Lima: Univ. Nac. Mayor de San Marcos. 65 p.

142. ***Senteno S. 2013.*** Alimentación del cuy. [Internet], [19 abril 2024]. Disponible en: https://issuu.com/arenitasenteno/docs/alimentacion_cuyes.pptx

143. ***Shimada A. 2015.*** Nutrición Animal 3a ed. México: Editorial Trillas.

144. ***Siccha L. 2019.*** Efecto del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) sobre los parámetros productivos y calidad de carne de cuy (*Cavia porcellus*). Tesis de Ingeniero Zootecnista. Trujillo: Univ. Nac. de Trujillo. 25-27 p.

145. ***Silva F, Guimarães A, Silva E, Sousa B, Machado F, Quintans L, Oliveira R. 2012.*** Antiinflammatory and anti-ulcer activities of carvacrol, a monoterpene present in the essential oil of oregano. Journal of medicinal food. 15(1): 984-991.

146. ***Silva F, Oyarzún A. 2021.*** Una visión actualizada sobre la síntesis, escalado y aplicaciones de las nanoemulsiones dobles. Entre Ciencia e Ingeniería. 15 (30): Doi: https://doi.org/10.31908/19098367.2095

147. ***Solarte A. 2017***. Uso de aceites esenciales para el control de la infección por *Salmonella spp.* en sanidad animal. Tesis de doctorado en Medicina veterinaria. Córdoba: Univ. de Córdoba. 35-39 p.

148. ***Solorzano J, Sarria J. 2014.*** Crianza, producción y comercialización de cuyes. En: Macro ed. Lima. 192 p.

149. ***Stevanović Z, Bošnjak-Neumüller J, Pajić-Lijaković I, Raj J, Vasiljević M. 2018.***

Essential oils as feed additives-future perspectives. Molecules, 23(7). Doi:10.3390/molecules23071717

150. ***Suel F. 2022.*** Efecto del pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) a diferentes niveles sobre algunas características productivas en cuyes mejorados, etapa de recría II, centro poblado de Limapata Abancay. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Univ. Nac. Micaela Bastidas de Apurímac. 27 - 28 p.

151. ***Svilenova T. 2024.*** Utilización de emulsiones gelificadas elaboradas con productos andinos (harina de maca, aceite de soja y aceite esencial de chincho) como fuente de grasa y su aplicación a productos cárnicos. Tesis de Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Univ. Miguel Hernández de Elche. 11-12 p.

152. ***Talebzadeh R, Alipour D, Saharkhiz M, Azarfar A, Malecky M. 2012.*** Effect of essential oils of Zataria multiflora on in vitro rumen fermentation, protozoal population, growth and enzyme activity of anaerobic fungus isolated from Mehraban sheep. Animal feed science and technology. 172 (3): 115-124 p.

153. ***Tapia N. 2023.*** Evaluación productiva de cuyes (*Cavia porcellus*) en la etapa de crecimiento y engorde alimentados a base de maralfalfa (*pennisetum sp.*) con diferentes niveles de harina de maní forrajero (*arachis pintoi*) en el Cantón Morona. Tesis de Médico Ingeniera Zootecnista. Macas: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 19 p.

154. ***Tekippe J, Hristov A, Heyler K, Cassidy T, Zheljazkov V, Ferreira J, Karnati S, Varga. G. 2011.*** Rumen fermentation and production effects of Origanum vulgare L. leaves in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science. Sci: 94: 5065-5079 p.

155. ***Téllez L, Arévalo F, Juárez H, Altamirano P, Ccapa K, Chávez J, Visitación L. 2014.*** Determinación de timol y carvacrol en hojas de orégano por HPLC FL. Rev. Soc. Quím. Perú, 80 (4), 279-280 p.

156. ***Tiano J, Amanto F, Martínez G. 2021.*** Efectos de los aceites esenciales del orégano sobre la salud intestinal y parámetros zootécnicos en lechones destetados. Tesis de Médico Veterinario. Tandil: Univ. Nac. del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 27-28 p.

157. ***Tonconi J. 2017.*** Las exportaciones de orégano (*Origanum vulgare*) y sus determinantes de la región de Tacna hacia Brasil, período 1993-2015. Univ. Nac. Jorge Basadre Grohmann

158. ***Torre R, Nolazco D, Tellez L. 2022.*** Effect of the conditioning and ultrasound-microwave sequential technique on the yield, chemical and functional properties of the essential oils and hydrolats extracted from the leaves of *Tagetes elliptica* Smith. Scientia Agropecuaria. 13(4): 315-325.

159. ***Trujillo N. 2024.*** Obtención del aceite esencial de culén (*Psoralea glandulosa*) a través de métodos convencionales de extracción. Tesis de Ingeniero Químico. Huacho: Univ. Nac. José Faustino Sánchez Carrión. 28 p

160. ***Valdizán C, Carcelén F, Ara M, Bezada S, Jiménez R, Asencios A, Guevara J. 2019.*** Efecto de la inclusión de probiótico, prebiótico y simbiótico en la dieta sobre los parámetros productivos del cuy (*Cavia porcellus*). Rev. Investig. Vet. Perú, 30(2), 590-597. doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16071

161. ***Vergara R. 2008.*** Avances en nutrición y alimentación de cuyes. Programa de Investigación y Proyección Social de Alimentos. En: XXXI Reunión APPA. Lima: Reunión científica Anual de la Producción Peruana de Producción Animal.

162. ***Villalva W. 2023.*** Análisis del comportamiento de los precios del orégano en la región de Tacna, período 1995-2022. Tesis de Ingeniero en Economía Agraria. Univ. Nac. Jorge Basadre Grohmann. 3-4 p.

163. ***Vilchez A. 2014.*** Evaluación de diferentes densidades de nutrientes en dietas con exclusión de forraje para cuyes en crecimiento en condiciones de verano de la costa

central del Perú. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima: Univ. Nac. Agraria la Molina. 89 p.

164. ***Yang C, Chowdhury M, Hou Y, Gong J. 2015.*** Phytogenic compounds as alternatives to in- feed antibiotics: Potentials and challenges in application. Pathogens 4(1). 137- 156 p.

165. ***Zhu L, Dai J, Yang L, Qiu J. 2013.*** *In vitro* ovicidal and larvicidal activity of the essential oil of *Artemisia lancea against Haemonchus contortus* (Strongylida). Veterinary Parasitology. Sci 195: 112-117 p.

IX. ANEXOS

ANEXO 1: INSUMOS Y PORCENTAJES UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA DIETA BASE

Insumos	Porcentaje (%)
Subproducto de trigo molido	69.495
Harina integral de soya	12.384
Torta de soya	8.000
Maíz nacional	8.000
Carbonato de calcio	0.981
Fosfato bicálcico dihidratado	0.676
Sal común	0.500
Total	100.000

Fuente: Quezada, Nel. 2023. Inclusión de Cushuro (*Nostoc sphaericum*) microencapsulado en la alimentación de cuyes y su efecto sobre los parámetros productivos. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 70 p.

ANEXO 2: ANALISIS DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS DE LA NANOEMULSION

Size Distribution Report by Intensity

v2.2

Malvern

Sample Details

Sample Name: muestra unmsm
SOP Name: mansettings.nano
General Notes: 1960:40

File Name: Tuesday, April 5, 2022.dts
Record Number: 3
Material RI: 1.59
Material Absorbtion: 0.010
Dispersant Name: Water
Dispersant RI: 1.330
Viscosity (cP): 0.8872
Measurement Date and Time: Tuesday, April 5, 2022

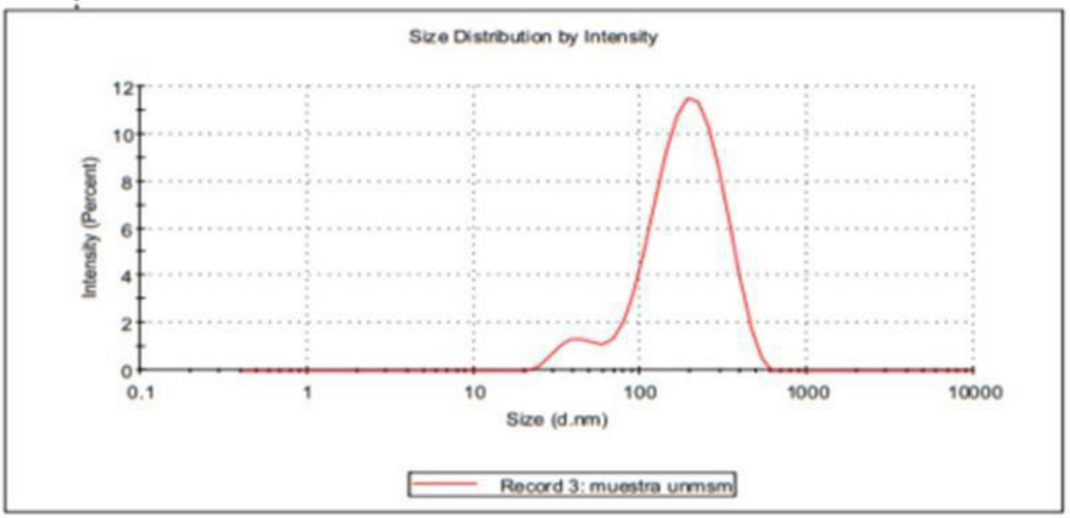
System

Temperature (°C): 25.0
Count Rate (kcps): 263.5
Cell Description: Disposable sizing cuvette
Duration Used (s): 60
Measurement Position (mm): 4.65
Attenuator: 9

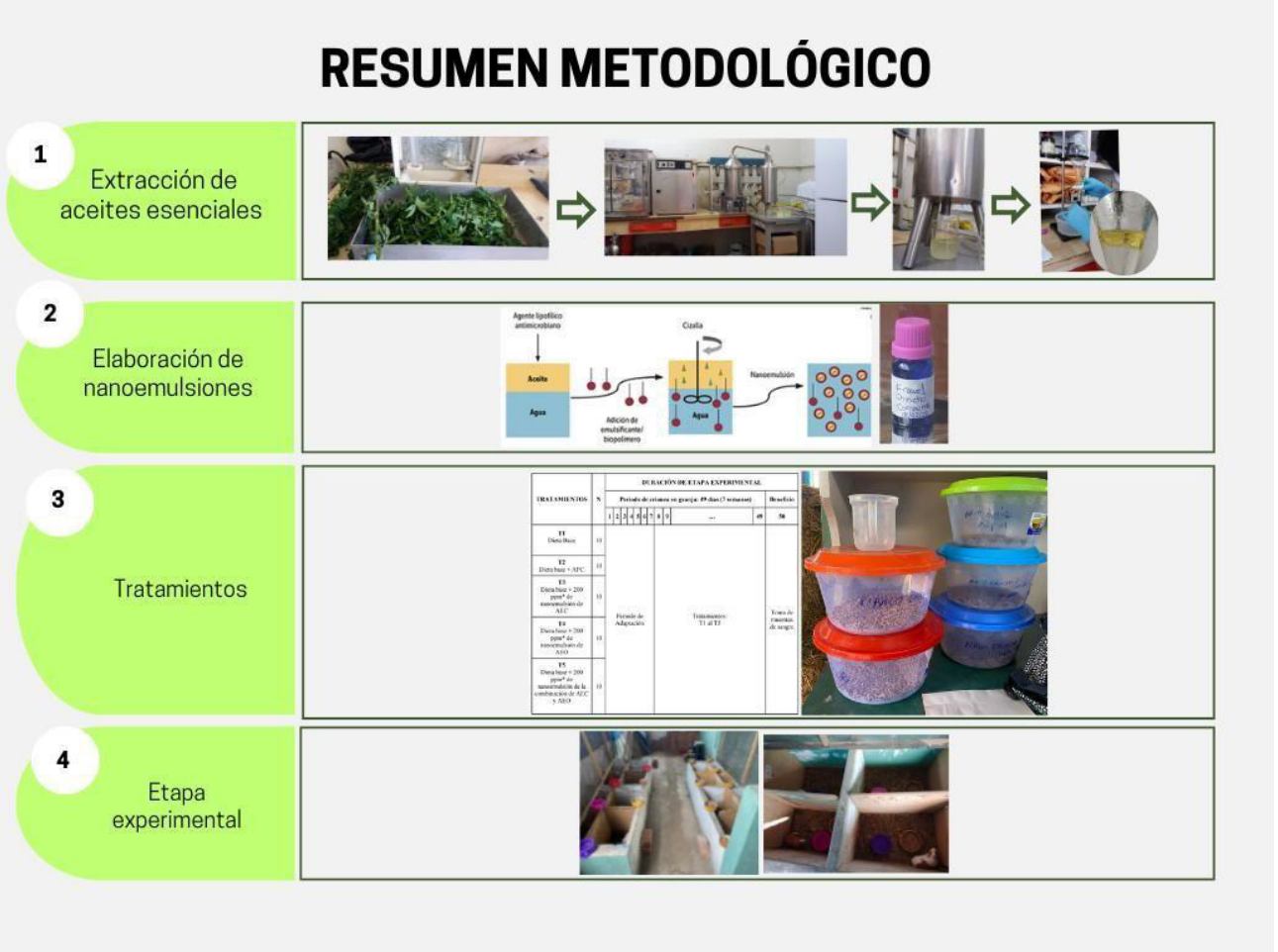
Results

			Size (d.nm...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm):	145.2	**Peak 1:**	208.6	93.2	92.58
PdI:	0.273	**Peak 2:**	42.76	6.8	10.07
Intercept:	0.946	**Peak 3:**	0.000	0.0	0.000

Result quality : Good



ANEXO 3: RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO DEL TRABAJO EXPERIMENTAL



ANEXO 4: CONSTANCIA DE AUTORIZACION ETICA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Comité de Ética y Bienestar Animal (CEBA)

Constancia de Autorización Ética Nº. 2022-09

El Comité de Ética y de Bienestar Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, expide la presente **Constancia de Autorización Ética** al proyecto: "Evaluación del efecto de nanoemulsiones de aceites esenciales de chincho (*Tagetes elliptica*) y orégano (*Origanum vulgare*) como promotores de crecimiento en cuyes sobre los parámetros productivos, bioquímica sanguínea, integridad intestinal y carcasa" presentado por la investigadora Sandra G. Bezada Quintana. con código CEBA 2022-09

Atentamente

UNMSM
Firmado digitalmente por DELGADO CASTRO Alfredo FAU 20148092282 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 28.04.2022 10:04:47 -05:00

Presidente del Comité de Etica y de Bienestar Animal

ANEXO 5: ANALISIS ESTADISTICO DE LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS

1. Resultados del ANOVA

1.1 Parámetro: PI

Fuente	gl	SC	CM (SC/gl)	F	p-valor
C(Tratamiento)	4.0	243.32	60.83	0.5063	0.7313
Residual	45.0	5406.6	120.1467	nan	nan

1.2. Parámetro: GP

Fuente	gl	SC	CM (SC/gl)	F	p-valor
C(Tratamiento)	4.0	23165.97	5791.49	33.2	0.0
Residual	45.0	7850.63	174.46	nan	nan

1.3. Parámetro: CMS

Fuente	gl	SC	CM (SC/gl)	F	p-valor
C(Tratamiento)	4.0	99966.15	24991.54	8.81	0.0
Residual	45.0	127631.08	2836.25	nan	nan

1.4. Parámetro: ICA

Fuente	gl	SC	CM (SC/gl)	F	p-valor
C(Tratamiento)	4.0	0.65	0.16	9.53	0.0
Residual	45.0	0.77	0.02	nan	nan

1.5. Parámetro: PC

Fuente	gl	SC	CM (SC/gl)	F	p-valor
C(Tratamiento)	4.0	28607.0	7151.75	75.13	0.0
Residual	45.0	4283.69	95.19	nan	nan

1.6. Parámetro: RC

Fuente	gl	SC	CM (SC/gl)	F	p-valor
C(Tratamiento)	4.0	26.62	6.66	9.24	0.0
Residual	45.0	32.41	0.72	nan	nan

2. Comparaciones múltiples de Tukey HSD

Parámetro: PI

Grupo 1	Grupo 2	Diferencia media	p-ajustado	Límite inferior	Límite superior	¿Diferente?
T1	T2	1.5	0.998	-12.43	15.43	No
T1	T3	1.5	0.998	-12.43	15.43	No
T1	T4	-4.5	0.8885	-18.43	9.43	No
T1	T5	-0.8	0.9998	-14.73	13.13	No
T2	T3	0.0	1.0	-13.93	13.93	No
T2	T4	-6.0	0.7376	-19.93	7.93	No
T2	T5	-2.3	0.9897	-16.23	11.63	No
T3	T4	-6.0	0.7376	-19.93	7.93	No
T3	T5	-2.3	0.9897	-16.23	11.63	No
T4	T5	3.7	0.942	-10.23	17.63	No

Parámetro: GP

Grupo 1	Grupo 2	Diferencia media	p-ajustado	Límite inferior	Límite superior	¿Diferente?
T1	T2	10.45	0.4036	-6.33	27.24	No
T1	T3	29.82	0.0001	13.04	46.61	Sí
T1	T4	12.41	0.2379	-4.38	29.19	No
T1	T5	61.36	0.0	44.58	78.15	Sí
T2	T3	19.37	0.0164	2.58	36.15	Sí
T2	T4	1.95	0.9973	-14.83	18.74	No
T2	T5	50.91	0.0	34.12	67.69	Sí
T3	T4	-17.42	0.0385	-34.2	-0.63	Sí
T3	T5	31.54	0.0	14.76	48.32	Sí
T4	T5	48.96	0.0	32.17	65.74	Sí

Parámetro: CMS

Grupo 1	Grupo 2	Diferencia media	p-ajustado	Límite inferior	Límite superior	¿Diferente?
T1	T2	95.44	0.002	27.76	163.11	Sí
T1	T3	88.37	0.0049	20.7	156.05	Sí
T1	T4	49.69	0.2438	-17.99	117.36	No
T1	T5	131.18	0.0	63.5	198.85	Sí
T2	T3	-7.07	0.9982	-74.74	60.61	No
T2	T4	-45.75	0.0214	-113.43	21.92	Si
T2	T5	35.74	0.4975	-31.94	103.41	Sí
T3	T4	-38.69	0.4902	-106.36	28.99	Sí
T3	T5	42.8	0.4387	-24.87	110.48	Sí
T4	T5	81.49	0.0111	13.82	149.16	Sí

Parámetro: ICA

Grupo 1	Grupo 2	Diferencia media	p-ajustado	Límite inferior	Límite superior	¿Diferente?
T1	T2	-0.05	0.9261	-0.21	0.12	No
T1	T3	-0.17	0.0500	-0.33	-0.0	No
T1	T4	-0.07	0.7361	-0.24	0.09	No
T1	T5	-0.32	0.0	-0.49	-0.16	Sí
T2	T3	-0.12	0.2553	-0.29	0.05	No
T2	T4	-0.02	0.9935	-0.19	0.14	No
T2	T5	-0.28	0.0002	-0.44	-0.11	Sí
T3	T4	0.1	0.4783	-0.07	0.26	No
T3	T5	-0.15	0.0401	-0.32	0.01	Sí
T4	T5	-0.25	0.0009	-0.42	-0.08	Sí

Parámetro: PC

Grupo 1	Grupo 2	Diferencia media	p-ajustado	Límite inferior	Límite superior	¿Diferente?
T1	T2	9.47	0.2097	-2.93	21.87	No
T1	T3	22.65	0.0	10.25	35.05	Sí
T1	T4	4.83	0.8023	-7.57	17.23	No
T1	T5	65.98	0.0	53.58	78.38	Sí
T2	T3	13.18	0.0322	0.78	25.58	Sí
T2	T4	-4.64	0.824	-17.04	7.76	No
T2	T5	56.51	0.0	44.12	68.91	Sí
T3	T4	-17.82	0.0016	-30.22	-5.42	Sí
T3	T5	43.33	0.0	30.94	55.73	Sí
T4	T5	61.15	0.0	48.76	73.55	Sí

Parámetro: RC

Grupo 1	Grupo 2	Diferencia media	p-ajustado	Límite inferior	Límite superior	¿Diferente?
T1	T2	0.15	0.9951	-0.93	1.23	No
T1	T3	1.48	0.0028	0.4	2.56	Sí
T1	T4	0.9	0.1418	-0.18	1.98	No
T1	T5	1.88	0.0001	0.8	2.95	Sí
T2	T3	1.33	0.0086	0.25	2.41	Sí
T2	T4	0.75	0.2892	-0.32	1.83	No
T2	T5	1.73	0.0004	0.65	2.81	Sí
T3	T4	-0.58	0.4518	-1.66	0.5	Sí
T3	T5	0.4	0.8338	-0.68	1.47	No
T4	T5	0.97	0.0436	-0.1	2.05	Sí