



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Medicina Veterinaria

Tema:

**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE ACEITES ESENCIALES EN
COMPARACIÓN CON UN PROMOTOR DE CRECIMIENTO EN CERDOS**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Médico Veterinario. Otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Medicina Veterinaria.

Autores:

Edwin Alexander Ocampo Rivera

Roxana Elizabeth Rea Cando

Tutor:

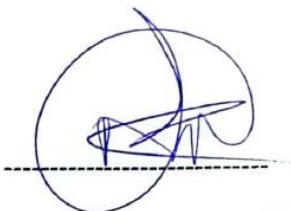
Dr. Edison Rivieliño Ramón Curay MSc.

Guaranda – Ecuador

2025

DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE ACEITES ESENCIALES EN
COMPARACIÓN CON UN PROMOTOR DE CRECIMIENTO EN CERDOS

REVISADO Y APROBADO POR:

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large circle and several horizontal strokes, positioned above a dashed horizontal line.

Dr. Edison Riviño Ramón Curay M.Sc.

TUTOR

A handwritten signature in black ink, featuring a large circle and several horizontal strokes, positioned above a dashed horizontal line.

Dr. Isidro Favián Bayas Morejón PhD.

PAR LECTOR

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large circle and several horizontal strokes, positioned above a dashed horizontal line.

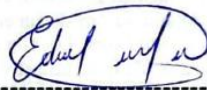
Dr. Franklin Antonio Román Cárdenas M.Sc.

PAR LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Yo, Edwin Alexander Ocampo Rivera, con CI.0202277315 y Roxana Elizabeth Rea Cando, con CI. 0202236048, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



Edwin Alexander Ocampo Rivera

CI: 0202277315

AUTOR



Roxana Elizabeth Rea Cando

CI: 9292236048

AUTORA



Dr. Edison Rivelino Ramón Curay M.Sc.

TUTOR





DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION
Notaria Cuarta del Cantón Guaranda.

ESCRITURA N°20250201004P00707

DECLARACIÓN JURAMENTADA

OTORGAN:
EDWIN ALEXANDER OCAMPO RIVERA Y
ROXANA ELIZABETH REA CANDO
CUANTÍA: INDETERMINADA
Di 2 COPIA

P.A.

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy viernes a un día del mes de agosto del año dos mil veinticinco, ante mi DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA, comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, los señores EDWIN ALEXANDER OCAMPO RIVERA, de estado civil soltero y ROXANA ELIZABETH REA CANDO, de estado civil soltera, tes por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación estudiantes ambas partes, domiciliados en la parroquia Echeandía, cantón Echeandía y de paso por este cantón Guaranda, provincia Bolívar, el primero en comparecer con celular número cero nueve siete nueve seis cinco seis siete uno nueve; y, con correo electrónico edocampo@mailes.ueb.edu.ec; y, la segunda, en comparecer, con celular número cero nueve seis siete seis siete cero ocho cuatro; y, con correo electrónico rorea@mailes.ueb.edu.ec; hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocerles doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agrego a esta escritura, además a petición expresa de los comparecientes se adjunta sus documentos personales como son las cédulas de ciudadanía y certificados de votación, como documentos habilitantes. Los comparecientes me autorizan de conformidad con el artículo setenta y cinco de la Ley Orgánica de Gestión de la Identidad y Datos Civiles, a la obtención e impresión del Registro Personal Único cuyo custodio es la Dirección General de Registro Civil, Identificación y Cedulación, que incorporo a la presente escritura. Además, me facultan de conformidad con el artículo sesenta y seis, numeral diecinueve de la Constitución de la República del Ecuador, en concordancia con el artículo ocho, de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, a declarar y dar un tratamiento legítimo a sus datos personales en el presente instrumento público y además a petición expresa de las partes adjunto sus documentos personales como son cédulas de ciudadanía y certificados de votación, mismos que agrego a esta escritura como habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinadas que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada. Nosotros: EDWIN ALEXANDER OCAMPO RIVERA, de estado civil soltero y ROXANA ELIZABETH REA CANDO, de estado civil soltera, declaramos bajo juramento que los criterios e ideas emitidos en el presente proyecto de investigación, es de nuestra absoluta autoria, titulado: "DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE ACEITES ESENCIALES EN COMPARACIÓN CON UN PROMOTOR DE CRECIMIENTO EN CERDOS". Previo a la obtención del título de Médico Veterinario, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Medicina Veterinaria. - Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad. - Para su celebración y otorgamiento se observaron los preceptos de ley que el caso requiere y leída que les fue íntegramente a los comparecientes por mí la Notaria, aquellos se afirman y ratifican en la aceptación de su total contenido y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo lo cual doy Fe.-----

SR. EDWIN ALEXANDER OCAMPO RIVERA.
C.C. 0202247315


SRTA. ROXANA ELIZABETH REA CANDO.
C.C. 0202236048


DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA



Edwin Ocampo, Roxana Rea

Determinación del efecto de aceites esenciales en comparación con un promotor de crecimiento en cerdos

 My Files

 My Files

 Universidad Estatal de Bolívar

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::3117:477433595

93 Páginas

Fecha de entrega
30 jul 2025, 7:19 p.m. GMT-5

19.257 Palabras

Fecha de descarga
30 jul 2025, 7:36 p.m. GMT-5

99.224 Caracteres

Nombre de archivo
Tesis Oleo 31.pdf

Tamaño de archivo
2.3 MB



Dr. Edison Riveñaño Ramón Curay MSc.

TUTOR

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 3%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

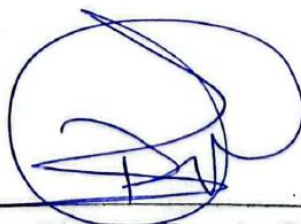
Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Dr. Edison Rivelino Ramón Curay MSc.
TUTOR

DEDICATORIA

Llena de regocijo, de amor, y esperanza dedico este proyecto, a cada uno de mis seres queridos, quienes han ido mi pilare para seguir adelante. También se lo dedico a mi hijo Jeremy, quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para él.

Roxana Elizabeth Rea Cando

Dedico esta tesis a mi amado hijo Jeremy Ocampo, quien es mi mayor inspiración y la razón por la que siempre busco superarme. A mis padres, por su amor y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. Gracias por creer en mí y enseñarme a luchar por mis sueños. A mi hermano, por su constante ánimo y compañía, siendo siempre un pilar fundamental en mi camino.

Edwin Alexander Ocampo Rivera

AGRADECIMEINTO

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Con más profunda estima y agradecimiento, extendo mi más sincera gratitud a mi directo de tesis, el Dr. Edison Rivelíño Ramón Curay M.Sc. por su invaluable guía, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso, sus consejos no solo me han ayudado a superar los grandes desafíos de esta investigación, sino también a mejorar y crecer tanto académica como personalmente. Su rigor y profesionalismo han sido una fuente de inspiración para mí.

A mis padres, por su trabajo, sacrificio y amor han sido la base sobre el cual se construyó este logro, gracias por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles, a ustedes no solo les debo el éxito de esta tesis, sino también la formación de valores y principios que me guían cada día.

A mis queridas hermanas y hermanos, por creer en mí cuando más lo necesitaba y por brindarme su apoyo incondicional y cariño, gracias a todos, los llevo siempre en mi corazón.

Roxana Elizabeth Rea Cando

AGRADECIMEINTO

A Dios Todopoderoso, quien con su infinita sabiduría y fortaleza ha sido mi guía y acompañante en mi vida, otorgándome el vigor necesario para superar cada obstáculo que se presentó a lo largo de este proyecto.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto.

A mi tutor, el Dr. Edison Riviño Ramón Curay M.Sc. por su orientación, paciencia y sabios consejos durante todo el proceso de investigación. A mis compañeros de estudio, por su apoyo y amistad, y a mi familia, especialmente a mis padres, por su amor, comprensión y motivación constante. Sin su apoyo incondicional, este trabajo no habría sido posible.

Agradezco de manera especial a mi madre, Carlina Rivera, por darme la vida y ser uno de mis pilares fundamentales, siempre brindándome su mano amiga y sus valiosos consejos que me guiaron por el buen camino.

Finalmente, extendiendo mi especial gratitud al tribunal de tesis conformado por el Dr. Danilo Yáñez, Dra. Jenny Martínez, Dr. Fabián Bayas y el Dr. Franklin Román, por su apertura, sugerencias y apoyo, que fueron esenciales para la culminación de este trabajo de titulación.

Edwin Alexander Ocampo Rivera

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PÁG.
CAPÍTULO I.	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. HIPÓTESIS	5
CAPÍTULO II.	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Generalidades del cerdo	6
2.2. Alimentación de cerdos	8
2.2.1. Alimentación de los lechones.	9
2.2.2. Alimentación en otras etapas del cerdo	10
2.3. Promotores de crecimiento en cerdos.	11
2.3.1. Generalidades de los promotores de crecimiento.	11
2.3.2. Medidas regulatorias de los promotores de crecimiento	12
2.3.3. Mecanismo de acción de los promotores de crecimiento.	14
2.3.4. Dosis usadas en cerdos de los promotores de crecimiento.	15
2.3.5. Pharmopharm (promotor de crecimiento)	16
2.3.6. Impacto económico de los promotores de crecimiento en cerdos.	17
2.4. Aceites esenciales.	18
2.5. Aceite esencial Óleo 31	20
2.6. Cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC-MS)	21

CAPÍTULO III	23
3. MARCO METODOLOGÍCO.	23
3.1. Ubicación y características de la investigación	23
• Localización del experimento	23
• Situación geográfica y edafoclimática	23
3.2. Metodología	23
3.2.1. Material en estudio	23
3.2.2. Factores en estudio	24
3.2.3. Tratamientos.	24
3.2.4. Tipo de diseño experimental	24
3.2.5. Manejo de la investigación.	25
3.2.6. Métodos de evaluación.	28
3.2.7. Análisis de datos.	29
CAPÍTULO IV.	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	30
4.1. Interpretación de resultados	30
4.1.1. Peso inicial	30
4.1.2. Peso semanal	32
4.1.3. Ganancia de peso.	35
4.1.4. Consumo alimenticio.	38
4.1.5. Conversión alimenticia.	39
4.1.6. Compuestos volátiles.	41
4.1.7. Digestibilidad aparente.	45
4.1.8. Puntuación fecal	47
4.1.9. Análisis de beneficio/costo.	49

4.2. Comprobación de hipótesis	51
CAPITULO V	52
5.1. Conclusiones	52
5.2. Recomendaciones..	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	

ÍDICE DE TABLAS

Nº	DETALLES	PÁG.
1.	Clase taxonómica del cerdo doméstico	6
2.	Los diez mayores productores de cerdo	8
3.	Dosis recomendadas del promotor de crecimiento (Pharmopharm)	17
4.	Aceite esenciales utilizados en la producción animal	19
5.	Componentes del ÓLEO 31	20
6.	Tratamientos en estudio de la interacción de los factores A x B	24
7.	Características numéricas del diseño	24
8.	Fuentes de variación DCA con la interacción de los factores	25
9.	Dosificación de los tratamientos	26
10.	ADEVA del peso inicial de los lechones	30
11.	Promedios del peso inicial de los lechones en los tratamientos	30
12.	ADEVA del peso semanal	32
13.	Promedios del peso semanal de los lechones	32
14.	ADEVA de la ganancia de peso de los lechones	35
15.	Promedios de la ganancia de peso de los lechones	35
16.	ADEVA del consumo alimenticio (Kg) de los lechones	38
17.	ADEVA de la conversión alimenticia de los lechones	39
18.	Promedios de la conversión alimenticia de los lechones	39
19.	Determinación de los compuestos volátiles mediante GC-MS	42
20.	Análisis de la digestibilidad aparente de la proteína	45
21.	Análisis de la puntuación fecal de los lechones	47
22.	Análisis del costo beneficio de los tratamientos planteados	49

ÍDICE DE FIGURAS

Nº	DETALLES	PÁG.
1.	Promedios del peso inicial de los lechones en los tratamientos	31
2.	Promedios de la variable peso semanal inicial de los lechones	33
3.	Promedios de la variable ganancia de peso de los lechones	36
4.	Promedios de la conversión alimenticia de los lechones	40
5.	Cromatograma del compilado de 31 aceites esenciales	41
6.	Compuestos volátiles del compilado de 31 aceites esenciales	43
7.	Análisis de la digestibilidad aparente de la proteína	45
8.	Porcentaje de la puntuación fecal de los lechones	47
9.	Análisis del costo beneficio de los tratamientos planteados	50

ÍDICE DE ANEXOS

Nº

DETALLES

1. Lugar de la investigación
2. Croquis del ensayo
3. Resultados de la determinación de proteínas en heces
4. Base de datos
5. Fotografías de la investigación
6. Glosario de términos

RESUMEN

La fase de destete representa un evento crítico en la producción porcina, durante el cual los lechones son altamente susceptibles debido a los cambios fisiológicos, inmunológicos y nutricionales asociados a la transición hacia el consumo de alimento sólido. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de una combinación de aceites esenciales en comparación con un promotor de crecimiento sobre variables productivas y fisiológicas en lechones destetados. Se utilizaron 21 lechones distribuidos aleatoriamente en tres tratamientos (n = 7 por grupo): T0 (control negativo), T1 (mezcla de 31 aceites esenciales a 500 mg/kg de alimento) y T2 (antibiótico promotor de crecimiento: Bambermycin a 20 ppm). Los aditivos se incorporaron directamente al alimento balanceado. Se evaluaron semanalmente parámetros productivos como peso vivo, ganancia de peso, consumo alimenticio, conversión alimenticia, además de compuestos volátiles por GC-MS, puntuación fecal, digestibilidad aparente de la proteína y relación beneficio/costo (B/C). Los resultados indicaron que el tratamiento T1 presentó el mejor desempeño productivo, con una ganancia de peso acumulada de 26,75 kg y una conversión alimenticia de 1,58. El análisis cromatográfico (GC-MS) reveló que los principales compuestos bioactivos de la mezcla de aceites esenciales fueron el D-limoneno (19,98% del área bajo la curva) y el β -himachaleno (11,78%). En cuanto a la digestibilidad aparente de la proteína, el mayor valor fue observado en el grupo control (T0) con 78,55%, seguido por T2 (77,44%) y T1 (77,06%). A nivel económico, T1 obtuvo el mayor índice de rentabilidad con una relación B/C de 1,15, lo que representa un retorno neto de \$0,15 por cada dólar invertido. Se concluye que la suplementación con la mezcla de 31 aceites esenciales constituye una alternativa viable y eficaz como promotor de crecimiento, mejorando el rendimiento productivo y sanitario de los lechones durante el destete, y contribuyendo potencialmente a la reducción del uso indiscriminado de antibióticos en esta etapa crítica.

Palabras claves: Destetes, Aceite Esencial, GC-MS, Promotor de crecimiento, B/C.

SUMMARY

Weaning is a critical phase in swine production, during which piglets are highly vulnerable due to the physiological, immunological, and nutritional changes associated with the transition to solid feed intake. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of a blend of essential oils compared to a conventional growth promoter on productive and physiological parameters in weaned piglets. A total of 21 piglets were randomly assigned to three treatment groups (n = 7 per group): T0 (negative control), T1 (a blend of 31 essential oils at 500 mg/kg of feed), and T2 (growth-promoting antibiotic: Bambermycin at 20 ppm). The respective additives were incorporated directly into the balanced diet. Productive performance variables—including body weight, weight gain, feed intake, and feed conversion ratio—were monitored weekly. Additionally, volatile compounds were analyzed via gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS), and fecal score, apparent protein digestibility, and the benefit–cost ratio (B/C) were assessed. Results demonstrated that T1 achieved the best productive performance, with a total weight gain of 26,75 kg and a feed conversion ratio of 1,58. GC-MS analysis identified D-limonene (19,98% of peak area) and β -himachalene (11,78%) as the major bioactive components in the essential oil blend. Regarding apparent protein digestibility, the highest value was observed in the control group (T0: 78,55%), followed by T2 (77,44%) and T1 (77,06%). Economically, T1 yielded the highest profitability, with a B/C ratio of 1,15—equivalent to a net return of \$0,15 per dollar invested. In conclusion, dietary supplementation with a blend of 31 essential oils appears to be a viable and effective alternative to antibiotic growth promoters, enhancing both the productive and health performance of weaned piglets and potentially contributing to a reduction in the indiscriminate use of antibiotics during this vulnerable stage.

Keywords: Weaning, Essential Oil, GC-MS, Growth promoter, B/C.

CAPÍTULO I.

1.1. INTRODUCCIÓN

En la producción porcina, el proceso de destete provoca alteraciones morfológicas y funcionales en el intestino delgado de los cerdos, área crítica para la digestión y absorción de nutrientes. La transición abrupta de la leche a alimentos sólidos representa uno de los desafíos más notables y estresantes para los lechones, contribuyendo a una disminución del crecimiento post-destete. De tal modo, la inclusión de aditivos alimentarios funcionales emerge como una estrategia viable. Estos aditivos buscan potenciar el crecimiento de los lechones al mejorar aspectos como la digestión de nutrientes, la morfología intestinal, el estado inmunológico y la restauración del equilibrio en el sistema intestinal (Zheng *et al.*, 2021).

La gestión eficiente y rentable de las explotaciones porcinas comerciales se enfrenta comúnmente a desafíos como la elevada mortalidad, morbilidad y un rendimiento subóptimo durante la fase de destete. La investigación ha destacado que la incorporación de productos antimicrobianos en la dieta durante el destete demuestra ser particularmente eficaz, logrando mejoras consistentes en las tasas de crecimiento y en la eficiencia de conversión alimenticia, con incrementos que pueden alcanzar hasta un 16 % y un 6 %, respectivamente. En las últimas décadas, se ha observado un uso extensivo de antibióticos en las industrias porcina y avícola con el objetivo de mejorar la tasa de crecimiento, optimizar la eficiencia en la utilización del alimento y reducir los índices de morbilidad y mortalidad. Sin embargo, la administración continuada o en dosis excesivas de antibióticos no solo conlleva el riesgo de generar resistencia a los medicamentos, sino que también contribuye al aumento de los niveles de residuos de medicamentos en los productos pecuarios. En consecuencia, existe un creciente interés orientado al desarrollo de nuevas y diferentes alternativas a los antibióticos convencionales motivando la búsqueda de soluciones innovadoras para promover la salud animal sin comprometer la eficacia terapéutica ni generar problemas medioambientales y productivos (Su *et al.*, 2019).

En 2006, la Unión Europea instauró una prohibición total de los antibióticos como promotores del crecimiento animal, lo que impulsó la exploración de alternativas.

En este escenario, los productos naturales, entre ellos las plantas medicinales, los aceites esenciales (AE) y los extractos de hierbas, han surgido como prometedores sustitutos. Los AE, derivados de plantas, destacan como compuestos económicamente relevantes, reconocidos por sus propiedades saludables en diversas especies. Extraídos principalmente de plantas en áreas templadas a cálidas, como los países mediterráneos y tropicales, constituyen una parte esencial de la farmacopea tradicional. Los AE, compuestos por terpenos (monoterpenos y sesquiterpenos), alcoholes, aldehídos y cetonas, no solo contienen moléculas bioactivas, sino que también brindan fragancias aromáticas características. Actualmente, se conocen más de 3000 AE, siendo el 10 % de ellos relevantes comercial y económicamente. Estos productos representan valiosos almacenes de compuestos bioactivos con diversas propiedades beneficiosas, en línea con la preferencia actual de los consumidores por productos naturales. Además, ofrecen la ventaja de ser mejor tolerados en el organismo y presentar menos efectos secundarios en comparación con los antibióticos (Simitzis, 2017).

Estas sustancias son consideradas aditivos sensoriales, pudiendo mejorar tanto el aroma como la palatabilidad del alimento. Recientemente, los aceites esenciales de plantas (AE) han sido identificados como una fuente emergente de compuestos bioactivos con propiedades antimicrobianas y promotoras del crecimiento. Diversos estudios respaldan la noción de que ciertos aceites esenciales tienen la capacidad de mejorar el rendimiento y el estado de salud de los animales al estimular las secreciones digestivas y poseer propiedades antimicrobianas, coccidiostáticas, antihelmínticas, antiinflamatorias y antioxidantes (Omonijo *et al.*, 2018).

Los aceites esenciales (AE) comúnmente contienen componentes como cinamaldehído, timol, citral, carvacrol, entre otros compuestos volátiles. Investigaciones previas han señalado que el cinamaldehído y el timol exhiben propiedades antibacterianas *in vitro*. Por ejemplo, se ha observado que tanto el cinamaldehído como el timol tienen la capacidad de inhibir directamente el crecimiento de *Salmonella*, lo que los califica como agentes antimicrobianos con potencial como promotores alternativos del crecimiento (Omonijo *et al.*, 2018).

1.2. PROBLEMA

El proceso de destete en lechones conlleva desafíos sustanciales a nivel morfológico y funcional en el intestino delgado, sección del tubo digestivo considerada como vital para la absorción de nutrientes esenciales. El destete conlleva alteraciones citoarquitectónicas intestinales significativas, estudios han revelado que, dentro de las primeras 24 horas post-destete, se observa una disminución del 75% en la altura de las vellosidades en comparación con el estado pre-destete. Esta reducción en las vellosidades es atribuible a una mayor pérdida de células, la atrofia vellositaria y la reducción en la producción celular criptal durante el periodo post-destete resultan en la pérdida de enterocitos maduros, sugiriendo una disminución potencial en la capacidad de absorción de nutrientes.

Estos factores de estrés celular a nivel intestinal asociados al destete provocan una serie de respuestas a nivel molecular, incluyendo cambios en la expresión génica, liberación de mediadores inflamatorios y alteraciones en la microbiota intestinal. Estos eventos contribuyen a la presentación de diarreas, disminución del crecimiento, comprometen la homeostasis intestinal, lo que aumenta la vulnerabilidad a patógenos.

Adicionalmente, el uso convencional de promotores de crecimiento tipo antibiótico, aunque ha demostrado mejorar el rendimiento, plantea desafíos significativos, ya que existe el riesgo de desarrollar resistencia antimicrobiana debido a la presión selectiva ejercida por estos compuestos. Además, la presencia de residuos de antibióticos en productos pecuarios plantea preocupaciones en términos de seguridad alimentaria y salud pública, destacando la necesidad de alternativas más seguras y sostenibles en el ámbito de la producción porcina.

Por lo tanto, en la presente investigación se plantea suplementar en la dieta una combinación de aceites esenciales en cerdos en la fase de destete en comparación con un antibiótico promotor de crecimiento, ya que los fitógenos ofrecen múltiples beneficios en la alimentación animal, mejorando la palatabilidad y estimulando la producción de enzimas digestivas hasta la modulación de la microbiota, además de exhibir propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Determinar el efecto de aceites esenciales en comparación con un promotor de crecimiento en cerdos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Comparar el efecto de un compilado de 31 aceites esenciales y el promotor de crecimiento sobre los principales indicadores zootécnicos en cerdos en la fase de destete.
- Analizar los compuestos volátiles presentes en la combinación de aceites esenciales mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).
- Determinar la diferencia en la digestibilidad aparente, en base a la proteína cruda de las dietas con la combinación de aceites esenciales y el promotor de crecimiento.
- Efectuar un análisis económico en función del índice beneficio/costo de los tratamientos propuestos.

1.4. HIPÓTESIS

H₀: No existen diferencias significativas en la productividad al comparar la suplementación dietética de un combinado de aceites esenciales y un promotor de crecimiento en cerdos en la fase de destete.

H_a: Existen diferencias significativas en la productividad al comparar la suplementación dietética de un combinado de aceites esenciales y un promotor de crecimiento en cerdos en la fase de destete.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades del cerdo

La crianza de cerdos presenta un considerable potencial y perspectivas favorables gracias a sus destacadas características, tales como una elevada capacidad reproductiva (capacidad para producir una mayor cantidad de óvulos). Ya sea que se fertilicen o no, una marcada prolificidad (habilidad para generar una mayor cantidad de crías vivas en cada parto), un corto intervalo generacional, un rápido aumento en el peso corporal, una eficiencia notable en la conversión de alimentos y un excelente porcentaje de rendimiento sacrificio (Abraham, 2020).

Dentro del ganado, el cerdo se distingue como la única especie criada exclusivamente con propósitos cárnicos, y se integra de manera efectiva en sistemas de explotación mixta, complementando las operaciones de producción agrícola intensiva. Su capacidad única para transformar de manera eficiente desperdicios, tales como residuos de alimentos y subproductos agrícolas, junto con desechos de matanza, en una valiosa fuente de alimento rica en proteína (Abraham, 2020).

Tabla 1.

Clase taxonómica del cerdo doméstico

Taxonomía	
Reino	Animal
Filo	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Artiodactyla
Familia	Suidae
Género	<i>Sus</i>
Especie	<i>scrofa</i>
Subespecie	<i>domesticus</i>

Fuente: Abraham, (2020).

La carne de cerdo se destaca como una fuente completa de proteínas, suministrando todos los aminoácidos esenciales, como lisina y metionina, además de minerales y

vitaminas. La digestibilidad humana alcanza el 97 % para la proteína y el 96 % para las grasas presentes en la carne de cerdo. Esta carne satisface dos tercios de las necesidades de vitamina B-12, una vitamina exclusiva de productos animales y alimentos fermentados. La concentración de hierro en la carne es el doble en comparación con las fuentes vegetales, lo que constituye otra característica destacada. No obstante, es importante señalar que la carne de cerdo presenta deficiencias en calcio, vitamina A y vitamina D (Aparicio *et al.*, 2022).

La carne de cerdo presenta una mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados en comparación con la carne de res, cordero y leche. Además, su contenido de colesterol es inferior al encontrado en productos como la mantequilla, el queso, los huevos y varios tipos de mariscos (Velasco, 2022).

Gómez *et al.*, (2020) menciona algunas ventajas de la producción de cerdos en relación con otras especies:

- Los cerdos demuestran ser convertidores altamente eficientes de piensos en carne de cerdo y productos porcinos, aportando un elevado valor nutricional a la dieta humana.
- Los cerdos exhiben características prolíficas, experimentan un rápido crecimiento y maduración, permitiendo la producción de más de dos camadas al año, cada una con 8 a 12 lechones.
- El período de gestación es más corto (114 días o 3 meses, 3 semanas, 3 días).
- Los cerdos aprovechan de manera eficiente los productos de desecho, siendo capaces de alimentarse con basura de mesa, residuos de panadería, desechos de hoteles y cocinas, así como frutas y verduras no comercializables.

La carne de cerdo es, en la actualidad, la variedad de carne más consumida a nivel global, alcanzando los 15,9 kg por persona, superando a la carne de aves (14,6 kg por persona) y a la de bovinos (9,4 kg por persona). En el año 2016, la producción mundial de carne de cerdo totalizó 118,168 millones de toneladas, siendo Asia responsable del 56 % de esta cifra. Europa se sitúa en segundo lugar con un 25 %, seguido por Estados Unidos con un 17 %. Los cuatro principales productores a nivel

mundial son China con 52,75 millones de toneladas, la Unión Europea (UE-25) con 23,45 millones de toneladas, Estados Unidos con aproximadamente 11,84 millones de toneladas, y Brasil, con 3,82 millones de toneladas. En conjunto, estos cuatro líderes representan el 80 % de la producción mundial de cerdo (García, 2018).

Tabla 2.

Los diez mayores productores de cerdo.

Países	Producción (millones de tonelada)
China	52,75
Unión Europea	23,45
Estados Unidos	11,84
Brasil	3,81
Rusia	3,00
Vietnam	2,75
Canadá	1,95
Filipinas	1,61
México	1,42
Corea del sur	1,31

Fuente: Zhang *et al.* (2021).

2.2. Alimentación de cerdos

La alimentación constituye más del 75 % del gasto total en la crianza de cerdos, si bien esta proporción puede variar. Un análisis de costos y beneficios realizado por la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Arkansas, abarcando a 91 productores con 4059 cerdos de engorde, reveló que el costo del alimento representaba el 67,2 %. Los costos fijos alcanzaban el 17,2 %, mientras que las restantes variables suponían el 15,6 % (Sagaró & Ferrer, 2021).

Los cerdos consumen más alimento por unidad de peso corporal en comparación con corderos, pollos o terneros, pero demuestran ser más eficientes en la conversión alimenticia que otras especies, lo que se traduce en un aumento más rápido por unidad de peso corporal. Dado que los cerdos son monogástricos omnívoros, su capacidad para digerir fibra cruda es limitada en comparación con los rumiantes.

Sin embargo, esto no significa que prescindan completamente de forraje, al contrario, proporcionar pasto de calidad o heno de buena calidad es esencial desde el punto de vista nutricional y puede significativamente reducir los costos de alimentación (Serrano *et al.*, 2020).

2.2.1. Alimentación de los lechones

La primera leche de la cerda es muy importante para la supervivencia y rendimiento futuro de los lechones. El calostro es rico en anticuerpos, vitaminas y proteínas, lo que ayudará a que el cerdo tenga un buen comienzo. Hay que garantizar que los lechones reciban su primera alimentación dentro de la hora siguiente al parto para mejorar la inmunidad pasiva (Portillo *et al.*, 2021).

La alimentación de cerdos pre-iniciadores, es el primer pienso para los lechones destetados antes de las 3 semanas de edad y se supone que sustituye a la leche, conocida como sustituto de leche. Se descubrió que alimentar a los lechones con raciones previas era materialmente beneficioso porque aumentaba la tasa de crecimiento de los cerdos y reducía la mortalidad entre ellos. La alimentación suplementaria redujo la demanda de leche de la cerda y en consecuencia la cerda experimenta menos pérdida de peso que cuando no se alimenta con pasto. Los lechones empiezan a mordisquear la comida cuando tienen aproximadamente una semana de edad y cuando tienen dos o tres semanas empezarán a consumir pienso (González *et al.*, 2020).

La producción de leche de la cerda comienza a disminuir a partir de la tercera semana de lactancia. Por lo tanto, es necesario que los lechones comiencen con un alimento sólido en ese momento para satisfacer sus necesidades nutricionales. Esto es tanto más necesario cuando el tamaño de la camada es grande y cuando las cerdas están en malas condiciones (Maya *et al.*, 2021).

La ración inicial debe ser rica en proteínas y vitaminas y baja en fibra, también se ha demostrado que es beneficioso añadir una mayor proporción de antibióticos, esta ración suele tener un 24% de proteína. Esta alimentación suele comenzar cuando los lechones tienen una semana de edad y pesan entre 2 y 2,2 kg, esto se extiende normalmente a un período de dos semanas durante el cual cada cerdo consume de 1,5 a 2 kg de ración inicial y gana alrededor de 3 kg (Botaya *et al.*, 2022).

La ración inicial, también conocida como pienso, debe contener entre un 20 y un 22 por ciento de proteína. El rápido crecimiento de los lechones con el concomitante aumento de las necesidades diarias de nutrientes, combinado con la disminución de la producción de leche, requiere de una ración inicial (Botaya *et al.*, 2022).

2.2.2. Alimentación en otras etapas del cerdo

Cuando el peso medio del cerdo es de 15 kg, la ración inicial se sustituye por una ración de crecimiento, que tiene sólo un 18% de proteína. Si son destetados, los cerdos se alojan en pequeños grupos. Los cerdos consumen entre 50 y 60 kg de ración de crecimiento para pesar unos 35 kg al final (Martín *et al.*, 2020).

La etapa de crecimiento a engorde empieza cuando los lechones destetados pasan de 35 kg a 60 kg de peso corporal. Es posible obtener ganancias rápidas y económicas si los cerdos tienen acceso a buena alimentación y se les proporciona alimentación suplementaria vitamínico mineral correcta ya que pasan del 18 al 14% de proteína, los cerdos que pesen más de 60 kg de peso y hasta su comercialización se denominan cerdos de engorde, la única diferencia importante en el requerimiento de nutrientes de este grupo es la proteínas, ya que necesitan raciones que contengan sólo un 13% (Cisneros *et al.*, 2020).

El verraco reproductor requiere de 2 a 2,5 kg de concentrado por cada 100 kg de peso corporal, dependiendo de la edad, la condición y las necesidades de cría, el contenido de proteína bruta de la ración del verraco debe ser del 14%. Los verracos deben ser alimentados para mantenerlos en condiciones de ahorro evitando engordar. Al verraco se le puede dar casi el mismo tipo de ración que a las primerizas durante el período de reproducción (Sevilla *et al.*, 2023).

Las cerdas no reproductoras pueden ser alimentadas de manera similar a las primerizas para mantenerlas en condiciones medias. Por lo general, sus necesidades son menores que las de las primerizas, ya que estas últimas necesitan nutrientes para crecer. La cantidad o composición real de la ración dependerá del estado de la cerda. Las cerdas que reciben una ración adecuada producen de 2,5 a 3,6 kg de leche al día. Pero las cerdas que amamantan a más de diez lechones deben producir al máximo de su capacidad para satisfacer las necesidades nutricionales de los lechones (Martín *et al.*, 2020).

2.3. Promotores de crecimiento en cerdos

La industria de la alimentación animal ha experimentado cambios significativos para adecuarse a las nuevas demandas del mercado. Los consumidores expresan preferencia por la cría de cerdos sin la utilización de aditivos químicos en los piensos, y los promotores del crecimiento antibióticos se encuentran bajo presión debido a la opinión pública. La creciente presión para prohibir estos aditivos en la alimentación animal como promotores del crecimiento se basa en la preocupación por posibles reacciones alérgicas y la inducción de resistencia cruzada de cepas bacterianas patógenas en los seres humanos. Algunos países, como la Unión Europea, han establecido normativas que prohíben específicamente el uso de antibióticos como aditivos para el fomento del crecimiento (Cardinal *et al.*, 2020).

2.3.1. Generalidades de los promotores de crecimiento

La Organización Mundial de la Salud define a los antibióticos como sustancias, ya sean de origen natural, sintético o semisintético, que, en concentraciones bajas, destruyen o inhiben el crecimiento de microorganismos, causando mínimo o ningún daño al organismo huésped. En cuanto a los antibióticos promotores del crecimiento, se refieren a agentes antibióticos empleados con el propósito de mejorar la ganancia de peso diaria o la eficiencia alimentaria en animales destinados a la producción de alimentos (Rahman *et al.*, 2022).

La historia de los antibióticos tiene su inicio en 1935 con las sulfonamidas sintéticas, cuando Gerhard Domagk presentó Prontosil (sulfocrisoidina) en una breve publicación. En 1948, la sulfaquinoxalina se convirtió en el primer antibiótico autorizado oficialmente para su incorporación en la alimentación de aves para combatir la coccidiosis. Hacia mediados de la década de 1950, los antibióticos encontraron nuevos usos y soluciones de estreptomicina se emplearon para tratar y prevenir infecciones bacterianas, mientras que los conservantes de tetraciclina contribuyeron a retrasar la descomposición de los alimentos de origen animal en los Estados Unidos (Tugnoli *et al.*, 2020).

Al examinar los subproductos resultantes de la fermentación de antibióticos como una opción de suplementos dietéticos enriquecidos con vitamina B12, los investigadores observaron que estos residuos podrían contribuir al incremento de

peso en los animales. Se consideraba que el consumo de antibióticos en cantidades reducidas proporcionaría una protección contra bacterianas (Cuenca *et al.*, 2022).

El uso de los promotores de crecimiento obtuvo su licencia oficial en 1951 y rápidamente se introdujo en la producción animal, en el sector avícola se adoptaron piensos con antibióticos promotores del crecimiento y se desarrollaron instalaciones de producción integradas a gran escala, facilitadas por el uso rutinario de antibióticos. Los criadores de cerdos se resistieron más al uso de antibióticos promotores de crecimiento porque las estructuras de cría eran más pequeñas y el manejo más variado, sin embargo, la situación cambió con los años y en 1958 se estimaba que hasta el 50% de los cerdos en Europa recibían antibióticos promotores de crecimiento (AGP) y que la mayoría de los lechones destetados tenían acceso a piensos que contenían tetraciclina (Iglesias *et al.*, 2019).

La percepción sobre el uso de antibióticos y promotores del crecimiento ha experimentado cambios graduales y fragmentados, impulsados por la creciente inquietud acerca de los residuos de antibióticos y la resistencia bacteriana. En respuesta a esta presión, en 1960, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) implementó el primer programa nacional de monitoreo de residuos de penicilina en la leche. Seis años después, las inquietudes públicas y las detecciones de desperdicios condujeron al establecimiento del primer programa nacional de monitoreo de antibióticos en la carne. Simultáneamente, en 1960, el Servicio de Laboratorio de Salud Pública de Gran Bretaña compartió datos sobre el aumento de la resistencia bacteriana en entornos agrícolas, dando lugar a la formación del Comité Netherthorpe. El informe de este comité en 1962 sugirió la continuidad del uso de los antibióticos existentes, pero recomendó restricciones para los nuevos antibióticos (Iglesias *et al.*, 2019).

2.3.2. Medidas regulatorias de los promotores de crecimiento

Durante más de medio siglo, los antibióticos han desempeñado un papel crucial en el avance y desarrollo de la industria porcina. Se ha demostrado ampliamente su eficacia en incrementar la tasa de crecimiento, mejorar la eficiencia en la utilización del alimento y reducir la mortalidad causada por enfermedades clínicas. Sin embargo, la creciente inquietud de los consumidores respecto a los residuos de

medicamentos en los productos cárnicos ha llevado a una reconsideración de su uso. Además, se ha planteado la posibilidad de que la administración continua de antibióticos contribuya a la formación de una reserva de bacterias resistentes a los medicamentos, con el potencial de transferir esta resistencia a bacterias patógenas, tanto en animales como en seres humanos. En consecuencia, varios países han implementado o están en proceso de implementar prohibiciones para la inclusión rutinaria de antibióticos en las dietas de cerdos con el propósito de promover el crecimiento (Briz, 2006).

Después de descubrir las formas de transferencia de resistencia bacteriana, los británicos llevaron a cabo una revisión completa de los antibióticos en 1968. En noviembre de 1969, el Comité Swann propuso una serie de cambios, siendo la restricción de los antibióticos de importancia médica y de uso veterinario la medida más rigurosa y destacada (Xu *et al.*, 2020).

Después, en 1971, Gran Bretaña, en 1976 los Estados miembros de la Comunidad Europea y en 1973 Suiza implementaron limitaciones sobre determinados promotores del crecimiento, tales como la penicilina y las tetraciclinas. En Suecia, las restricciones a estos promotores del crecimiento se instauraron en 1977. A diferencia de otros países, los agricultores suecos adoptaron una postura proactiva al solicitar la prohibición total del uso de estos promotores, la cual se llevó a cabo en 1986 (Liang *et al.*, 2023).

La aparición del gen *mcr-1* en 2015, que confiere resistencia, condujo a la prohibición de la colistina en Brasil y China. Vietnam ha anunciado su intención de vetar el uso de promotores del crecimiento para el año 2020. En la India, se ha implementado un plan de acción para reducir el empleo de antibióticos, introduciendo períodos de retiro en la producción ganadera. En respuesta a las iniciativas de la Organización Mundial de la Salud, países como Bangladesh, Bután, la República Popular Democrática de Corea, Indonesia, Maldivas, Myanmar, Nepal, Sri Lanka, Tailandia y Timor-Leste están adoptando medidas para disminuir el uso de promotores del crecimiento. Estas medidas incluyen la implementación de vigilancia, la capacitación de profesionales y agricultores, así como la creación de autoridades nacionales (Lin *et al.*, 2022).

2.3.3. Mecanismo de acción de los promotores de crecimiento

Es evidente que la restricción en el uso de promotores del crecimiento en la producción animal está en aumento, y es crucial comprender el mecanismo de acción de estos aditivos para explorar alternativas potenciales como posibles sustitutos. En una revisión, se analizaron un total de 12153 estudios en los que se alimentaron animales con promotores del crecimiento, concluyendo que el 72% de estos aditivos generaba una respuesta positiva en el rendimiento animal. La magnitud de estas respuestas estaba vinculada al manejo de los animales, los procedimientos de desinfección de las granjas, la antigüedad de las estructuras de las granjas y la calidad de los piensos (Etesami & Adl, 2020).

Existen dos posibles formas de acción directa de los antibióticos contra bacterias y/u hongos susceptibles: la eliminación del agente o la detención de su crecimiento. En principio, aumentar la concentración de cualquier antibiótico podría lograr un efecto bactericida en un microorganismo susceptible. Para que un antibiótico tenga un efecto como promotor del crecimiento, es necesario incorporar el promotor en el pienso a dosis por debajo de la concentración mínima inhibidora, pero, aun así, lo suficientemente eficaz para mejorar los índices zootécnicos (Sivagami *et al.*, 2020).

A pesar de haberse esclarecido la acción directa sobre los microorganismos, aún no se comprende completamente el efecto de los promotores del crecimiento en pollos y cerdos in vivo. Los mecanismos de acción de estos promotores son complejos y operan de diversas maneras. Se han propuesto cuatro mecanismos principales para explicar el efecto beneficioso en el crecimiento animal: la inhibición de infecciones subclínicas, la reducción de metabolitos microbiológicos que limitan el crecimiento animal, la disminución del uso de nutrientes por parte de microorganismos no deseados y la mejora en la absorción y utilización de nutrientes por parte de los animales con un intestino de paredes más delgadas (Etesami & Adl, 2020).

El manejo de enfermedades subclínicas es generalmente aceptado, aunque resulta complicado de evidenciar. Los promotores del crecimiento actúan sobre bacterias que afectan negativamente el crecimiento animal, aunque no originan enfermedades clínicas identificables. Es probable que la estimulación constante del sistema

inmunológico en respuesta a estas enfermedades conduzca a la producción de compuestos como intermediarios reactivos de oxígeno, óxido nítrico, lisozimas y radicales libres. Estas moléculas generadas pueden resultar perjudiciales para las células del organismo, desencadenando estrés oxidativo, aumentando la demanda de nutrientes de la dieta y obstaculizando la expresión completa del potencial genético de crecimiento del animal (Etesami & Adl, 2020).

El impacto de los promotores del crecimiento se correlaciona con una reducción en la actividad de la enzima hidrolasa de sales biliares (BSH). La BSH, generada por las bacterias intestinales, cataliza la conjugación de ácidos biliares conjugados (CBA) en el intestino. Estos CBA constan de un núcleo esteroide hidrófobo que se asocia con glicina o taurina. Por lo tanto, el CBA exhibe propiedades anfipáticas y funciona como un agente detergente más eficiente que los ácidos biliares no conjugados para emulsionar y solubilizar los lípidos durante la digestión de las grasas. En consecuencia, la actividad de BSH tiene un impacto sustancial en la nutrición animal al alterar el metabolismo de las grasas y las funciones endocrinas reguladas por los CBA (Etesami & Adl, 2020).

2.3.4. Dosis usadas en cerdos de los promotores de crecimiento

Los promotores del crecimiento son administrados en concentraciones relativamente bajas, oscilando entre 2,5 mg/kg y 125 mg/kg (ppm), dependiendo del tipo de medicamento y la especie animal. Se calcula que el consumo anual mundial promedio de antimicrobianos por kilogramo de animal producido fue de 172 mg/kg para cerdos. Los datos recopilados de 25 sistemas de producción porcina indican que el consumo promedio de antimicrobianos es de 358 mg/kg en cerdos producidos. Asimismo, el mismo estudio estimó que los cerdos estuvieron expuestos, en promedio, al 66,3% de su vida útil a los antimicrobianos en estos sistemas (Van *et al.*, 2020).

Los cerdos que no enfrentan desafíos de salud y reciben promotores del crecimiento experimentaron una ganancia de peso igual o superior a la de los cerdos que no reciben estos promotores. En situaciones donde los lechones enfrentaron problemas de salud, la inclusión de promotores del crecimiento en la dieta condujo a un aumento de peso y una conversión alimenticia más favorables. Un metaanálisis que

evaluó 81 experimentos sin problemas de salud indicó que los cerdos exhiben tasas de aumento de peso superiores cuando los promotores del crecimiento están presentes en las dietas postdestete y en el rendimiento general. No se observó un efecto similar durante las fases de crecimiento y finalización. Además, la conversión alimenticia es más eficiente en cerdos alimentados con dietas que contienen promotores del crecimiento en comparación con aquellas sin estos aditivos en todas las etapas de crianza (Tugnoli *et al.*, 2020).

2.3.5. Pharmopharm (promotor de crecimiento)

Pharmopharm es la denominación registrada de sintofarm para el antibiótico promotor de crecimiento Bambermycin, conocido también como Flavophospholipol. Este se obtiene mediante el proceso de biosíntesis a partir de *Streptomyces bambergiensis*. Su aplicación se limita estrictamente como promotor del crecimiento y no como un agente terapéutico. En la administración oral, en las dosis recomendadas, se ha observado que no se produce absorción en el intestino (Sintofarm, 2024).

Incluso al emplear Pharmopharm en dosis bajas como promotor de crecimiento, ejerce un fuerte efecto antibacteriano contra los numerosos microorganismos gram-positivos presentes en el tracto digestivo. Pharmopharm impide su reproducción al intervenir en la biosíntesis de la mureína, que es una sustancia estructural clave en la pared celular de las bacterias. Los daños en la capa de mureína ocasionan la ruptura celular (Sintofarm, 2024).

Pharmopharm impacta el desarrollo de la bacteria que coloniza el tracto intestinal, lo que provoca una alteración favorable en la actividad metabólica de la flora intestinal. Este cambio, de manera indirecta, conduce a una mejora en la digestibilidad de los nutrientes y su posterior utilización. Asimismo, contribuye a un índice de crecimiento óptimo en la avicultura, conejos y cerdos, y favorece la producción mejorada de gallinas ponedoras (Sintofarm, 2024).

Un microbioma intestinal equilibrado es crucial para el desarrollo saludable del animal, ya que impide la entrada de microorganismos externos, especialmente aquellos de naturaleza patógena. La aplicación de Pharmopharm disminuye la tasa de mortalidad y prepara a los animales para enfrentar de manera más efectiva

situaciones de estrés. La totalidad de Pharmopharm administrado se elimina a través de las heces en forma de una molécula activa que permanece microbiológicamente intacta. Su vida media en las heces es de 21 días, y en combinación con la tierra, queda completamente inactivado (Sintofarm, 2024).

Tabla 3.

Dosis recomendadas del promotor de crecimiento (Pharmopharm)

Especie	Dosis (gramos/tonelada)
Lechones	2000-500 ppm
Cerdos en crecimiento	500-125

Fuente: Sintofarm (2024).

2.3.6. Impacto económico de los promotores de crecimiento en cerdos

Diversas investigaciones han calculado el posible impacto económico derivado de la prohibición de los promotores del crecimiento en la industria porcina de EE. UU., y se observan notables disparidades en las estimaciones del aumento de costos por cerdo: 0,59 USD/cerdo, 1,37 USD/cerdo, 2,33 USD/cerdo y 4,50 USD/cerdo. Esta variabilidad significativa también se evidenció en estudios realizados en Dinamarca, donde se estimó incluso un incremento de 1.04 euros por cerdo producido. Al llevar a cabo una evaluación del impacto económico utilizando datos de rendimiento y ajustes en la dieta en cerdos que no enfrentan desafíos de salud, se deduce que el incremento mínimo en el costo de producción será de \$1,83 durante el período completo de crianza (Cardinal *et al.*, 2020).

Los hallazgos sobre el impacto económico de la prohibición de promotores del crecimiento (AGP) en los estudios pueden no ser generalizables a todos los países o a todas las explotaciones dentro de un país. Según la descripción de algunos autores, la prohibición de AGP afectaría a los productores de maneras diversas, generando variaciones en los resultados del impacto según la ubicación, el tamaño de la propiedad, los acuerdos contractuales y las prácticas de producción. De

manera análoga, en estudios que describieron la prohibición de AGP en Suecia en 1986, se resaltaron distintas variables de gestión y prácticas (Cardinal *et al.*, 2020).

2.4. Aceites esenciales

Los aceites esenciales consisten en complejas combinaciones de compuestos volátiles generados por organismos vivos y obtenidos exclusivamente mediante métodos físicos, como el prensado y la destilación, de una planta completa o de una parte de una planta de origen taxonómico identificado. La denominación "aceites esenciales" se originó debido a la creencia de que estos "aceites" eran "esenciales" para la vida, y tienen una larga historia de aplicación en actividades cosméticas y medicinales por parte de los seres humanos. A pesar de que el desarrollo de los aceites esenciales se vio ralentizado con la llegada de los antibióticos a mediados del siglo XX, recientemente ha experimentado un renacimiento. Se estima que, de los 3,000 aceites esenciales conocidos, aproximadamente 300 han sido identificados como comercialmente relevantes y se emplean principalmente en el ámbito de sabores y fragancias (Zhai *et al.*, 2018).

Los aceites esenciales se componen de elementos volátiles, y, por lo tanto, sus efectos deben considerarse como la suma total de los efectos de todos los componentes y sus interacciones. A pesar de esto, dos o tres componentes podrían representar hasta el 85% de la mezcla total, en comparación con los componentes menos abundantes, y contribuir de manera significativa a la propiedad principal de la mezcla. Tomemos como ejemplo los fenoles, como el timol y el carvacrol, que constituyen alrededor del 80% de los aceites esenciales de orégano, la especie más común en la familia *Lamiaceae*. Estos fenoles son los principales responsables de las propiedades antibacterianas y antioxidantes del orégano. Además del timol y el carvacrol, se ha identificado que el ρ -cimeno es otro componente dominante del orégano. Aunque el ρ -cimeno no posee una eficacia significativa como agente antimicrobiano por sí solo, podría facilitar el transporte de carvacrol a través de la membrana citoplasmática (Zhai *et al.*, 2018).

La composición de los aceites esenciales se determina por la homogeneidad de los materiales iniciales, influida por varios factores. En el caso del tomillo, los hidrocarburos monoterpénicos y terpenos fenólicos representan entre el 57,3% y el

62,5% de los aceites esenciales. Este contenido varía poco entre distintas épocas de cosecha, pero el nivel de fenoles aumenta al inicio de la floración y alcanza su punto máximo durante la plena floración (Zhai *et al.*, 2018).

Entre las familias de plantas reconocidas por producir aceites esenciales con propiedades medicinales e industriales se incluyen *Alliaceae*, *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae*, *Myrtaceae*, *Poaceae* y *Rutaceae*. Ejemplos de aceites esenciales representativos son el anís (*Apiaceae*), el orégano (*Lamiaceae*), la canela (*Lauraceae*), el ajo (*Liliaceae*), el tomillo (*Myrtaceae*), la pimienta negra (*Piperaceae*) y la cúrcuma (*Zingiberaceae*), entre otros (Zhai *et al.*, 2018).

2.4.1. Uso de los aceites esenciales en la producción animal

Tabla 4.

Aceites esenciales utilizados en la producción animal

Aceite esencial	Resultados	Especie
Alforfón, tomillo, cúrcuma, pimienta negra, jengibre	Los aceites esenciales mejoran la absorción de nutrientes de alta densidad	Cerdos
Mentol, cinamaldehído	Al usar con aceite esencial mejoro la ganancia de peso y la conversión alimenticia	Cerdos
Alcaravea, hinojo	A una razón de 100 mg/Kg de alimento balanceado mejoro la conversión alimenticia	Cerdos
Canela, tomillo, orégano	Mejora el performance productivo	Cerdos
Anís, cítricos, aromas	Promotor eritropoyético en el sistema hematológico	Cerdos

Fuente: Zhai *et al.*, (2018).

Recientes revisiones publicadas indicaron que la introducción de aceites esenciales en la dieta de los pollitos resultó en una falta de variación o en una ligera disminución en el consumo de alimento. Una posible razón de este menor consumo podría atribuirse al hecho de que los aceites esenciales, debido a su aroma irritante, hacen que la dieta sea menos apetecible para los cerdos. La cantidad de alimento consumida diariamente por los cerdos de engorde disminuyó en términos numéricos cuando se incrementó el nivel en la dieta de una combinación de tomillo, anís estrellado y hojas de orégano, junto con sus aceites esenciales correspondientes, en comparación con el grupo de control (Zhai *et al.*, 2018).

2.5. Aceite esencial Óleo 31

Tabla 5.

Componentes del ÓLEO 31

Componentes		
1. Artemisa	11. Cilantro	21. Resina Benjuí
2. Mirra	12. Anís pimpinela	22. Árbol de te
3. Orégano	13. Ciprés	23. Salvia
4. Camomila romana	14. Laurel	24. Limón
5. Eneldo	15. Pino enano	25. Menta arvensis
6. Nuez moscada	16. Pimienta negra	26. Citronela
7. Albahaca	17. Menta	27. Mejorana
8. Hinojo	18. Jengibre	28. Romero
9. Bayas de enebro	19. Naranja agria	29. Cedro virginia
10. Canela	20. Estragón	30. Eucalipto
	31. Lavanda	

Fuente: Aromalab (2024).

Es un compilado de aceite esenciales naturales puros extraídos de plantas medicinales, contiene 31 aceites esenciales, posee muchas propiedades curativas, los usos y los beneficios que este producto puede aportar a nuestra salud son tantos y tales que se convierte en una de las fórmulas más populares y utilizadas, de hecho, las plantas medicinales que lo componen tienen ingredientes activos beneficiosos y propiedades sorprendentes que hacen que el Óleo 31 sea una auténtica panacea para una variedad de perturbaciones. Tiene estudios que mejora la amigdalitis, artritis, bronquitis, calambres, cervicalgia, ciática, cólicos, gripa, etc. (Aromalab, 2024).

2.6. Cromatografía de gases acoplada espectrometría de masas (GC-MS)

La cromatografía es un proceso físico mediante el cual los componentes (solutos/analitos) de una mezcla de muestra se separan como resultado de la distribución diferencial entre las fases estacionarias y móviles, los solutos con mayor afinidad por la fase estacionaria residen en la fase estacionaria y migran más lentamente que aquellos con menos afinidad, aquellos con menos afinidad residen principalmente en la fase móvil y migran más rápido, así, los solutos de menor afinidad se separan de los solutos que tienen mayores afinidades por la fase estacionaria, posteriormente, los solutos fuertemente unidos son desplazados de la fase estacionaria cambiando la naturaleza física o química (Burtis & Bruns, 2015).

En la cromatografía de gases (GC) y cromatografía líquida (LC) analítica, la fase móvil, o eluyente, sale de la columna y pasa a través de un detector que produce una señal electrónica que se traza como función de tiempo, distancia o volumen. La visualización gráfica resultante es un cromatograma (Burtis & Bruns, 2015).

En GC, se utiliza una fase móvil gaseosa, o gas portador, para transportar una mezcla de solutos volátiles a través de una columna que contiene la fase estacionaria, que generalmente es un líquido no volátil recubierto o unido a partículas o a la superficie interna de un capilar (Burtis & Bruns, 2015).

Con menos frecuencia, la cromatografía de gases se realiza utilizando una fase estacionaria sólida, que adsorbe directamente los analitos en su superficie. La fase móvil, o gas portador, suele ser un gas inerte, como nitrógeno, helio o argón. En

general, los componentes más volátiles tienen una presión de vapor más alta y pasan más tiempo residentes en la fase gaseosa (Burtis & Bruns, 2015).

Algunos Detectores se han utilizado una variedad de detectores para GC; uno de ellos es la espectrometría de masas (MS). Es una poderosa técnica analítica cualitativa y cuantitativa que se utiliza para medir una amplia variedad de analitos clínicamente relevantes, cuando la MS se combina con cromatógrafos de gases o líquidos, los analizadores resultantes tienen capacidades analíticas ampliadas y aplicaciones clínicas (Burtis & Bruns, 2015). Un espectrómetro de masas es un instrumento analítico que primero ioniza una molécula objetivo y luego separa y mide la relación masa-carga (m/z) de la molécula. Cuando se interactúa con un cromatógrafo de gases con el espectrómetro de masas proporciona información estructural y/o detección altamente específica de analitos individuales a medida que eluyen de una columna de cromatografía (Burtis & Bruns, 2015).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLOGÍCO

3.1. Ubicación y características de la investigación

- **Localización del experimento**

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Granja Porcina “Jeriel”, la misma que se encuentra ubicada en el recinto Purhuhay, perteneciente al cantón Echeandía de la provincia Bolívar. Los análisis de la cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC-MS) se realizaron en el Laboratorio de Investigación, perteneciente a la Universidad Estatal de Bolívar.

- **Situación geográfica y edafoclimática**

Parámetros Geográficos de Echeandía

Descripción	Valores
Altitud	320 msnm
Latitud	-1°40'98”
Longitud	-79°21'51”
Temperatura máxima	32° C
Temperatura mínima	16° C
Temperatura media	23° C
Precipitación media anual	573 mm ³
Humedad relativa (%)	80%

Fuente: INAMHI, (2019).

3.2. Metodología

3.2.1. Material en estudio

- 21 lechones
- Aceites compilados de 31 matrices vegetales
- Bambermycin (Promotor de crecimiento)

3.2.2. Factores en estudio

Factor A: Promotor de crecimiento suplementado en la dieta alimenticia

A1: Aceite esencial (500 mg/Kg: 0,5 mL/Kg)

A2: Bambermycin 8%: 250 g/T

Factor B: Índices zootécnicos en lechones destetados

3.2.3. Tratamientos

Tabla 6.

Tratamientos en estudio de la interacción de los factores A x B.

Trata.	Descripción
T0	Alimento balanceado + Índices zootécnicos en lechones destetados
T1	Aceite esencial (500 mg/Kg: 0,5 mL/Kg) + Índices zootécnicos en lechones destetados.
T2	Bambermycin al 8%, 250 g/T + Índices zootécnicos en lechones destetados.

Tabla 7.

Características numéricas del diseño

Número de tratamientos	3
Número de repeticiones	7
Tamaño de la unidad experimental	5 kg
Número de animales por repetición	7
Número total de lechones	21

3.2.4. Tipo de diseño experimental

- El análisis de los datos en la presente investigación se desarrolló mediante el procedimiento de un diseño completamente al azar (DCA).
- Comparación múltiple de promedios de Duncan al 5%.

Tabla 8.

Fuentes de variación DCA con la interacción de los factores.

Fuente de variación	G. L Fórmula	G. L
Tratamiento	t-1	2
Error	t (r-1)	18
Total	rt (-1)	20

3.2.5. Manejo de la investigación

- **Limpieza y desinfección**

Se realizó la limpieza y desinfección de las instalaciones, las cuales fueron previamente divididas de acuerdo con el número de tratamientos experimentales. La desinfección se llevó a cabo utilizando yodo industrial diluido a una concentración del 20%.

- **Selección de los animales**

Los animales fueron seleccionados in situ mediante la observación directa de los lechones pre-destetados, realizando una evaluación general de su estado físico para garantizar la conformación de grupos experimentales homogéneos.

- **Distribución de las unidades experimentales**

A través del análisis del tamaño muestral, se determinó un requerimiento de 21 lechones, los cuales fueron distribuidos equitativamente en tres tratamientos, con 7 animales por grupo.

- **Manejo alimentario y suministro de agua**

La estimación se realizó utilizando tablas de consumo diario de cerdos, ajustadas según el incremento correspondiente a cada fase productiva, tomando en cuenta tanto los contenidos nutricionales del alimento como los requerimientos diarios de los animales.

- **Dosificación de los tratamientos:**

Los tratamientos evaluados fueron estandarizados siguiendo las recomendaciones de Su *et al.* (2019). La mezcla de 31 aceites esenciales se incorporó al alimento balanceado previamente humedecido con agua, logrando una consistencia tipo papilla que favoreció la distribución homogénea del aditivo. De manera similar, el promotor de crecimiento se añadió al alimento bajo las mismas condiciones, asegurando así una administración uniforme de los tratamientos. A continuación, se detalla la cantidad de alimento y aditivos utilizados en cada tratamiento:

Tabla 9.

Dosificación de los tratamientos

Alimento	Cantidad	T1	T2
Balanceado pre-inicial	500 g/animal/día	500 mg/kg = 0,5 mL/kg	250 mg/kg = 20 ppm
	3,5 kg para 7 lechones	Se mezclaron 1,8 mL de aceite esencial en 3,5 kg	Se adicionaron 0,875 g de Bambermycin en 3,5 kg
Balanceado inicial	1 kg/animal/día	500 mg/kg = 0,5 mL/kg	250 mg/kg = 20 ppm
	7 kg para 7 lechones	Se adicionaron 3,5 mL de aceite esencial en 7 kg	Se adicionaron 1,8 g de Bambermycin en 7 kg

- **Estudio de la digestibilidad aparente de la proteína**

El estudio de digestibilidad se llevó a cabo en la octava semana de investigación. Para ello, se recolectaron aleatoriamente muestras de 100 g de heces por corral, las cuales fueron analizadas para determinar el contenido de proteína mediante el método de Kjeldahl.

- **Cromatografía de gases acoplada espectrometría de masas (GC-MS).**

La GC-MS se realizó con la ayuda de un equipo GC (Agilent Technologies 7890 A) y un detector (Agilent Technologies 5977A MSD) con una columna capilar (HP-5MS (30m x 0,250mm x 0,25µm).

- **Se utilizó el siguiente método cromatográfico:**

Temperatura de inyector: 220 °C.

Modo de inyección: Split 50:1.

Gas portador: Helio puro con high-flow de 1 mL/min.

Programa térmico: temperatura del horno 60 °C con una rampa de temperatura de 3 °C/min hasta 240 °C.

Temperatura del detector: 300 °C.

Tiempo total de corrida: 60 minutos.

- **Toma del peso**

Los lechones bajo estudio fueron pesados desde su llegada hasta la finalización del experimento, con una duración total de ocho semanas. Además, el peso corporal se registró semanalmente, realizándose estas mediciones los domingos de cada semana utilizando una báscula para obtener el peso.

- **Consumo alimenticio:**

El consumo alimenticio se determinó mediante la diferencia entre la cantidad de alimento balanceado suministrado y el residuo dejado en el comedero, contabilizándose esta medida para cada grupo o tratamiento evaluado.

- **Puntuación fecal:**

La puntuación fecal se determinó mediante la observación diaria de las heces durante las horas de alimentación de los lechones en cada tratamiento. Se evaluaron características como la consistencia, aspecto, color de las heces y el estado del periné. Estas observaciones se realizaron a lo largo de 49 días de investigación, evaluando 7 lechones por tratamiento, lo que permitió un total de 343 evaluaciones.

- **Análisis económico:**

El análisis económico se llevó a cabo mediante el registro detallado de los gastos incurridos durante el proceso de investigación, así como de los ingresos generados por la venta de los cerdos al finalizar la fase de crecimiento y engorde.

3.2.6. Métodos de evaluación

Peso inicial: valor que se registró mediante el peso de los lechones a la llegada a la granja, los cuales tenían una edad aproximada 21 días (3 semanas), se realizó con la ayuda una báscula y su valor fue expresado en kilogramos.

Peso semanal: dato que registro el peso de los lechones durante las 8 semanas de investigación, se efectuó con la ayuda de una báscula, su valor fue expresado en kilogramos.

Ganancia de peso: variable que se desarrolló mediante el cálculo de las diferencias del peso, se consideró el peso final menos el peso inicial y su valor se registró en kilogramos.

Consumo alimenticio: valor que se desarrolló a partir del registro de alimento suministrado en la primera ración del día menos la cantidad de alimento residual encontrado por la tarde, su valor fue expresado en kilogramos.

Conversión alimenticia: dato que se estimó a partir de los datos registrados de la variable de la ganancia de peso y consumo alimenticio y su valor fue estimado a partir de la aplicación de la siguiente fórmula;

$$CA = \frac{\text{Consumo alimenticio}}{\text{Ganancia de peso}}$$

Concentración de compuestos volátiles: valor que se realizó por medio de la técnica cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) con la ayuda de un cromatógrafo y se obtuvo el porcentaje de compuestos volátiles presente en la combinación de 31 aceites esencial. Sus valores fueron interpretados a partir de los picos del cromatograma, los mismos que se identificaron mediante la librería NIST (National Institute of Standards & Technology).

Digestibilidad aparente de la proteína: valor que se determinó mediante la determinación de la proteína bruta en las heces de los cerditos después de 7 semanas de experimentación en cada tratamiento respectivamente, se desarrolló mediante el método Kjeldahl dicho análisis permitió estimar el coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína para lo cual se empleó la siguiente fórmula:

$$CDA = \frac{AC - NC}{AC} * 100$$

Donde:

CDA: Coeficiente de digestibilidad aparente.

AC: Cantidad de alimento consumido.

NC: Cantidad de heces.

Puntuación fecal: dato que se realizó por medio de la observación de la consistencia de las heces diariamente en las primeras horas de la mañana, a las que se le asignó una categoría, siendo; 1: heces sólidas y bien formadas, 2: suaves y bien formadas, 3: suaves, pastosas y sin forma y 4: sueltas y acuosas, esta estimación se realizó en base a lo sugerido por Shao *et al*, (2023), y se estimó por cada tratamiento, con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$\text{Puntuación fecal} = \frac{\text{Número de cerdos con la puntuación}}{\text{número total de cerdos} * \text{número de día de investigación}} * 100$$

Análisis económico: se desarrolló mediante la estimación del índice beneficio costo, en donde los ingresos fueron divididos por los egresos netos en cada uno de los cerditos desde la fase donde son destetados.

3.2.7. Análisis de datos

Los resultados fueron tabulados y analizados utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.4. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre los índices zootécnicos en lechones destetados, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, seguido de pruebas múltiples de comparación de medias mediante la prueba de Duncan con un nivel de significancia de $p < 0,05$.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Interpretación de resultados

4.1.1. Peso inicial

Tabla 10.

ADEVA del peso inicial de los lechones.

Fuente Var.	GL	SC	CM	F-Valor	Pr F	Sig.
Tratamiento	2	0,86547	0,43273	1,18	0,3325	No Sig.
Error	18	6,25690	0,36805	Var. Coef.: 8,30%		
Total	20	7,12237				

Tabla 11.

Promedios del peso inicial de los lechones en los tratamientos.

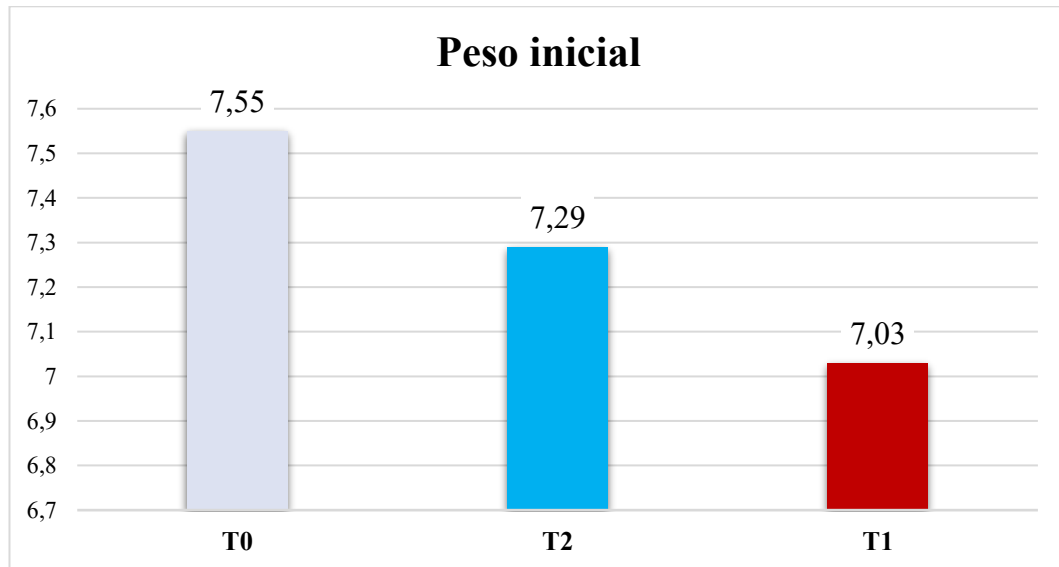
Tratamientos	Promedios
0 (testigo)	7,55 ^A
2 (Bambermycin)	7,29 ^A
1 (Aceite esencial)	7,03 ^A

El análisis estadístico determinó que, en función del peso de llegada de los lechones, la distribución de los animales en los corrales asignados a cada tratamiento no mostró un efecto significativo ($P > 0.05$) sobre dicha variable. El coeficiente de variación fue de 8,30%, considerado aceptable y demostrando poca variación entre los grupos de investigación en el peso inicial, de igual manera el análisis de Duncan sugiere que los promedios son estadísticamente iguales ya que comparten el mismo rango de agrupación.

Se evidenció una diferencia numérica entre los grupos, ya que los mayores pesos al inicio de la investigación se encontraban en los animales del grupo testigo con 7,44 kg, siguiéndole el grupo de Bambermycin con 7,29 kg, y el menor peso en promedio lo exhibió el grupo del aceite esencial con 7,03 kg.

Figura 1.

Promedios del peso inicial de los lechones en los tratamientos.



Li *et al.* (2022) demostraron el efecto del aceite esencial sobre el rendimiento productivo, la inmunidad y población microbiana intestinal en lechones destetados, los autores utilizaron 240 lechones cruzados (Duroc x Landrace x Yorkshire) de 28 días de edad, encontrando que el peso inicial de los lechones no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$), con pesos de 11,08 kg, 10,86 kg y 11,12 kg, con un nivel de suplementación de 50, 100 y 150 g/tonelada de aceite esencial respectivamente, comparados con 10,50 kg de los animales del tratamiento control.

El autor citado proporcionó un esquema de pre-adaptación al alimento balanceado durante el final de la lactancia de los lechones lo que influyó en un mayor consumo alimenticio, mayor peso y menos efectos adversos en el destete, resultando en pesos iniciales mayores a los evidenciados en la presente investigación.

4.1.2. Peso semanal

Tabla 12.

ADEVA del peso semanal.

Ítem	Sem. 1	Sem 2.	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem 6	Sem 7
F-Valor	0,07	0,10	0,07	1,28	2,67	8,92	22,08
Pr. F	0,9333	0,9019	0,9341	0,3021	0,0962	0,0020	<,0001
Sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	**	**
Var. Coef.	14,51%	13,15%	13,59%	15,24%	12,48%	9,30%	6,96%

Tabla 13.

Promedios del peso semanal de los lechones

Semanas	Tratamientos		
	T0 (testigo)	T1 (Aceite esencial)	T2 (Bambermycin)
1	9,26 ^A	9,10 ^A	9,35 ^A
2	11,30 ^A	11,60 ^A	11,64 ^A
3	13,84 ^A	14,20 ^A	14,13 ^A
4	15,29 ^A	17,30 ^A	15,77 ^A
5	18,18 ^A	20,97 ^A	18,67 ^A
6	22,38 ^{BF}	27,03 ^A	22,96 ^B
7	27,11 ^B	33,85 ^A	27,96 ^B

El análisis estadístico del peso durante 7 semanas de investigación reveló que, desde la semana 1 hasta la semana 5, no existió diferencias significativas ($P > 0,05$) en la variable en cuestión entre los tratamientos, sin embargo, en las semanas 6 y semana 7 los tratamientos expresaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,05$), además, en dicho análisis se apreciaron coeficientes de variación aceptable

en los análisis en cada semana respectivamente, interpretando que los valores registrados del peso no expresaron una dispersión significativa en dicha variable.

Los promedios del peso en la semana 1 son estadísticamente iguales, siendo agrupados en el mismo rango de significancia, aunque numéricamente, el T2 demostró mayores pesos con una media de 9,35 kg, continuando el T0 con 9,26 kg, y los menores pesos se evidenciaron en los animales del T1 con 9,10 kg.

En la semana 2 se obtuvo similitud entre los promedios, siendo el T2 donde se registró el mayor promedio del peso con una media de 11,64 kg, siguiéndole el T1 con 11,60 kg y los menores pesos en promedio lo obtuvo el T0 con 11,30 kg.

Al finalizar la semana 3 de investigación, se demostró igualdad estadística entre los promedios en el peso de los lechones de los tratamientos probados, aunque numéricamente, el mayor promedio en el peso fue determinado en los animales del T1 con 14,20 kg, siguiéndole el T2 con 14,14 kg, y finalmente el menor promedio en el peso a la tercera semana lo obtuvo el T0 con una media de 13,84 kg.

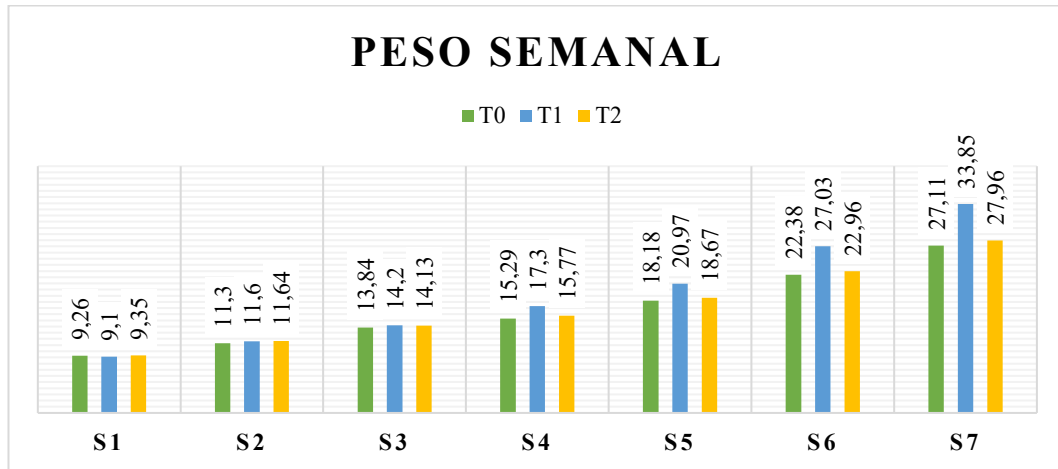
Los resultados de la semana 4 en cuanto al peso semanal sugieren igualdades estadísticas en este parámetro, si bien, el mayor promedio en el peso se observó en el T1 con 17,30 kg, siguiéndole el T2 con 15,77 kg y el menor promedio se determinó en el T0 con 15,29 kg de peso.

En la semana 5 de igual manera se observó diferencias no significativas en los promedios del peso entre los tratamientos investigados, siendo el T1 el que expresó el mayor promedio con 20,97 kg, continuando el T2 con 18,67 kg y el menor promedio del peso se observó en el T0 con una media de 18,18 kg.

Los resultados de las semanas 6 y 7 difieren del resto de semanas antes mencionadas, ya que se observó diferencias significativas entre los promedios de los pesos entre los tratamientos, siendo así, en la semana 6 el T1 obtuvo el mayor promedio con 27,03 kg, siguiéndole el T2 con 22,96 kg y el menor promedio el T0 con 22,38 kg, finalmente en la semana 7, el T1 expresó el mayor promedio con 33,85 kg, continuando el T2 con 27,96 kg, mientras que el menor promedio en el peso se determinó con los animales del T0 con 27,11 kg.

Figura 2.

Promedios de la variable peso semanal inicial de los lechones en cada uno de los tratamientos propuestos.



Zhang *et al.* (2020) evaluaron el efecto de la suplementación dietética con una combinación de tributirina y aceite esencial sobre la salud intestinal y la microbiota de los lechones destetados, utilizando un total de 48 lechones de 21 días de edad, los cuales fueron asignados aleatoriamente en los tratamientos, recibiendo el T1 una dieta basal, el T2 una suplementación con oxitetraciclina a razón de 120 mg/kg, el T3 aceite esencial de orégano a razón de 600 mg/kg, y el T4 recibió una dosis de tributirina a razón de 1400 mg/kg, con un régimen de alimentación de cuatro semanas, estadísticamente se evidenció un efecto no significativo ($P > 0,05$) en los pesos al final de la investigación; en promedio el peso fue de 15,85 kg para el T1, 17,44 kg para el T2, 16,88 kg para el T3 y 16,78 kg para el T4, siendo relativamente significativa la suplementación con el aceite esencial de orégano sobre la salud y productividad de los lechones.

Moita *et al.* (2021) investigaron el efecto de la suplementación de una mezcla de 15 aceites esenciales sobre la modulación de la microbiota asociada a la mucosa intestinal, la salud del intestino y el crecimiento de los lechones, donde usaron 40 cerdos destetados de 25 días de edad, con un peso inicial de 7,0 kg alojados individualmente a los que se les asignaron aleatoriamente cinco tratamientos dietéticos con suplementación de aceite esencial a razón de 0,00, 500 mg/kg, 750 mg/kg, 1000 mg/kg y 1500 mg/kg, los autores determinaron que los resultados del peso final se encontraban influenciados por la creciente dosis de aceite esencial

usada, ya que obtuvieron pesos desde 21,5 kg, 22 kg, 23,1 kg, 22 kg y 23,6 kg respectivamente, concluyendo que la suplementación con aceites esenciales mejora el rendimiento nutritivo de la dieta y la salud intestinal de los lechones al aumentar las bacterias beneficiosas y disminuir la población de patógenas en la mucosa intestinal, reduciendo potencialmente el estrés oxidativo en el intestino.

En conformidad con lo postulado por los autores antes citados, se expresan diferencias a lo determinado en la presente investigación, ya que el tiempo de suplementación del aceite esencial de investigación a investigación fue diferente, sin embargo, se comparte el criterio de que la suplementación dietética con un aceite esencial puede determinar igualdad o superioridad en los resultados del rendimiento productivo al compararse con un promotor de crecimiento en lechones.

4.1.3. Ganancia de peso

Tabla 14.

ADEVA de la ganancia de peso de los lechones.

Fuente Var.	GL	SC	CM	F-Valor	Pr F	Sig.
Tratamiento	2	209,46	104,73	29,02	<,0001	**
Error	18	64,970	3,609	Var. Coef.: 8,50%		
Total	20	274,43				

Tabla 15.

Promedios de la ganancia de peso de los lechones.

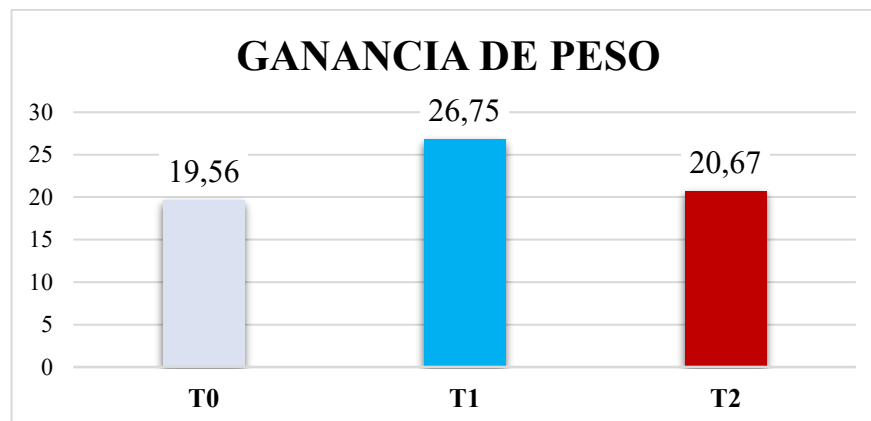
Tratamientos	Promedios
1 (Aceite esencial)	26,75 ^A
2 (Bambermycin)	20,67 ^B
0 (testigo)	19,56 ^B

El análisis estadístico expresó diferencias altamente significativas ($P < 0.05$) en la ganancia de peso acumulada entre los tratamientos, con un coeficiente de variación del 8,50%, siendo este un valor aceptable, ya que demuestra poca variabilidad en dicha variable.

El análisis de Duncan demostró que los promedios son estadísticamente diferentes ya que no comparten el mismo rango de agrupación, siendo destacable el valor promedio del T1 con 26,75 Kg en comparación de los promedios de los otros tratamientos, mientras que a nivel de T2 y T0 son estadísticamente iguales, interpretando que numéricamente el T2 expresó en promedio una ganancia de peso de 20,67 kg, y finalmente el T0 determinó la menor ganancia de peso con 19,56 kg, durante la investigación.

Figura 3.

Promedios de la variable ganancia de peso de los lechones



Wang *et al.* (2021) investigaron el efecto del aceite de árbol de té encapsulado sobre el crecimiento, la capacidad antioxidante y la microbiota intestinal en cerdos, donde se utilizaron 144 cerdos destetados con una edad de 28 días, los cuales expresaban un peso inicial en promedio de 8,5 kg, en dicha investigación se establecieron 4 tratamientos por un periodo de 28 días, donde el T0 recibió una dieta sin suplementación, el T1 se suplementó con 75 mg/kg de aureomicina, el T2 con 400 mg/kg de aceite esencial no encapsulado y el T3 con 400 mg/kg de aceite esencial encapsulado, los autores encontraron una ganancia de peso de 13,4 Kg para el T0, 11,8 kg para el T1, 12,6 kg para el T2 y para el T3 encontraron 13,3 kg,

estableciendo que la encapsulación del aceite esencial puede mejorar significativamente el rendimiento en la ganancia de peso al compararse con un promotor de crecimiento (aureomicina).

Dávila *et al.* (2020) investigaron la adición de una mezcla de extractos de plantas a las dietas para cerdos en crecimiento y engorde. El experimento se desarrolló con 60 cerdos de cruces terminales, donde probaron un aceite esencial con una mezcla de 9 plantas medicinales, de los cuales establecieron tres tratamientos, el T0 o control sin suplemento, el T1 suplementado con aceite esencial a razón de 100 mg/kg y el T2 con 150 mg/kg de suplementación de aceite esencial en la dieta durante 35 días de investigación, donde el T0 obtuvo una ganancia de 33,35 kg, el T1 una ganancia de 36,1 kg y el T2 una ganancia de peso de 35,1 kg, concluyendo que el aceite esencial mejora la ganancia de peso de los lechones.

Zhao *et al.* (2023) evaluaron el efecto de la suplementación dietética con una mezcla de carvacrol, cinamaldehído y timol sobre el crecimiento y la salud intestinal de los cerdos en fase de crecimiento, donde se utilizaron 100 lechones cruzados (Landrace x Large White) destetados a los 28 días, con un peso promedio de 8 kg, los autores establecieron dos tratamientos, el T0 que consistió en una dieta basal, mientras que la ración dietética del T1 recibió una suplementación de aceite esencial con 5% de cinamaldehído, 5% de carvacrol y 0,7% de timol, los resultados después de 42 días de investigación determinaron una ganancia acumulada en promedio de 20,96 kg para el tratamiento control y 22,73 kg para el T1.

Los resultados de las investigaciones citadas son diferentes a los encontrados en la presente investigación, sin embargo, se comparte el criterio nutricional de que los aceites esenciales pueden mejorar la ganancia de peso en lechones destetados.

4.1.4. Consumo alimenticio

Tabla 16.

ADEVA del consumo alimenticio (Kg) de los lechones.

Tratamiento	Consumo alimenticio total
T0 (testigo)	42
T1 (Aceite esencial)	42
T2 (Bambermycin)	42

Los resultados del consumo alimenticio mostraron que todos los tratamientos obtuvieron un consumo de 42 kg de alimento durante los 49 días de investigación, considerando un promedio de 857 gramos por día por cada lechón en la investigación.

Zhao *et al.* (2023) evaluaron el efecto de la suplementación dietética con una mezcla de carvacrol, cinamaldehído y timol sobre el crecimiento y la salud intestinal de lechones en fase de crecimiento. Para el desarrollo de la experimentación utilizaron 100 lechones destetados, cruzados de Landrace x Large White, con edad de 28 días, y un peso promedio de 8 kg, los autores establecieron dos tratamientos, el T0 que consistió en una dieta basal, mientras que la ración dietética del T1 recibió una suplementación de aceite esencial con 5% de cinamaldehído, 5% de carvacrol y 0,7% de timol, los resultados después de 42 días de investigación determinaron un consumo alimenticio de 740,26 g (31 kg) diario para el tratamiento control y de 811,39 g (34 kg) para el T1.

Los resultados de la presente investigación fueron superiores debido a las condiciones de manejo, sin embargo, es coincidente que el aceite esencial en la dieta alimenticia proporcionó un aumento en el consumo alimenticio, impactando de manera positiva el aumento de peso.

4.1.5. Conversión alimenticia

Tabla 17.

ADEVA de la conversión alimenticia de los lechones.

Fuente Var.	GL	SC	CM	F- Valor	Pr F	Sig.
Tratamiento	2	1,344	0,672	21,85	<,0001	**
Error	18	0,553	0,030	Var. Coef.: 9,09%		
Total	20	1,898				

Tabla 18.

Promedios de la conversión alimenticia de los lechones.

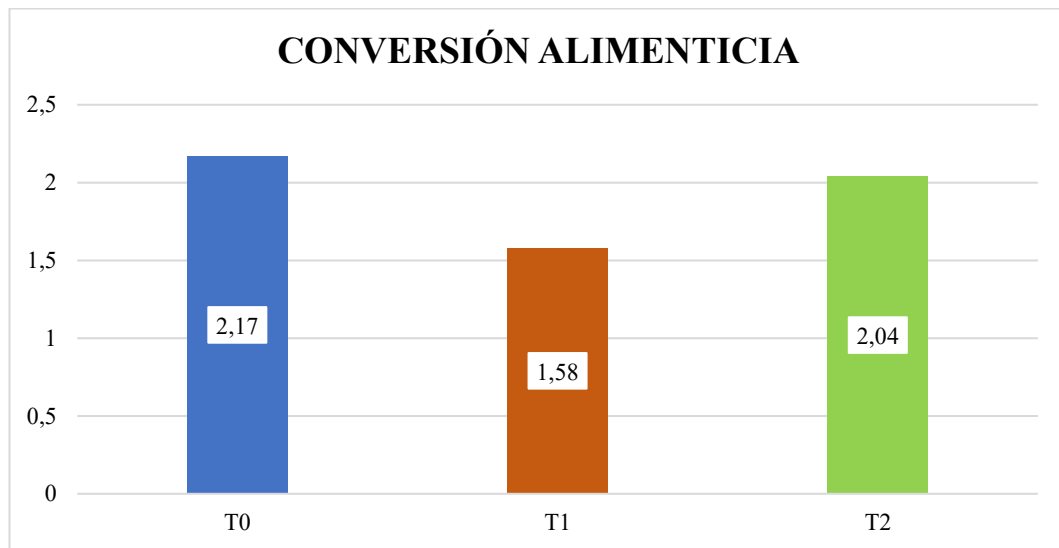
Tratamientos	Promedios
0 (testigo)	2,17 ^A
2 (Bambermycin)	2,04 ^A
1 (Aceite esencial)	1,58 ^B

El análisis estadístico expresó diferencias altamente significativas ($P < 0.05$) en la conversión alimenticia entre los tratamientos, con un coeficiente de variación aceptable del 9,09% que demuestra poca variabilidad en dicha variable.

El análisis de Duncan demostró que los promedios del T0 y T2 son estadísticamente iguales ya que comparten el mismo agrupamiento estadístico, mientras que el T1 expresó un promedio estadísticamente diferente. Siendo numéricamente el T0 el que expresó el mayor índice de conversión alimenticia con un promedio de 2,17, siguiéndole el T2 con un índice de 2,04 y finalmente la mejor eficiencia alimenticia la consiguió el T1 con un promedio de 1,58, es decir que el requerimiento de consumo fue de 1,58 kg de alimento balanceado para producir 1 kg de peso.

Figura 4.

Promedios de la conversión alimenticia de los lechones.



Maciel *et al.* (2021) investigaron el efecto de los aceites esenciales y probióticos sobre el rendimiento productivo y el perfil de la microbiota en lechones recién destetados, con una población en estudio de 225 lechones (Landrace x Large White), destetados a los 28 días de edad, con un peso de 8,54 kg al destete, donde el T1 fue el grupo control, T2 grupo con inclusión de probióticos a razón de 0,6% y el T3 grupo de mezclas de aceite esenciales con una inclusión de 0,35%, encontrando que existió diferencias estadísticas significativas entre los promedios durante la investigación, ya que se determinó que el grupo control logró un índice de conversión alimenticia de 2,28, el T2 1,85 y el grupo que recibió los aceites esenciales obtuvo una mejor eficiencia con conversión alimenticia en promedio de 1,73.

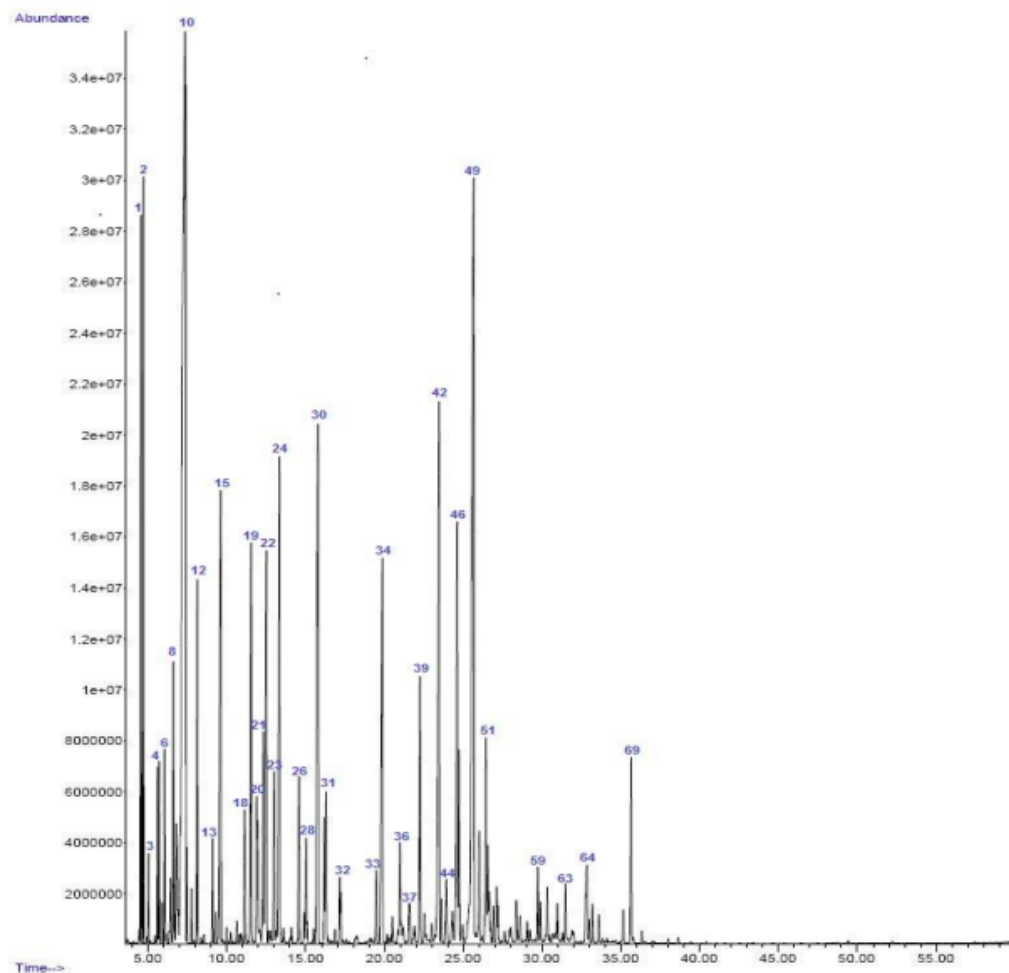
Los resultados son similares entre la investigación citada con los de la presente investigación, ya que en ambos casos se observó que la suplementación de aceites esenciales en la dieta provoca una mejora en la eficiencia alimentaria expresando bajos índices de conversión alimenticia, esto al compararse con los resultados de la suplementación con productos alternativos como probióticos y promotores de crecimiento.

4.1.6. Compuestos volátiles

En el procesamiento del combinado de 31 aceites esenciales durante 60 minutos, utilizando el equipo de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), se obtuvo el siguiente cromatograma de los compuestos volátiles.

Figura 5.

Cromatograma del compilado de 31 aceites esenciales



Por medio de la metodología de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) se logró identificar un total de 69 compuestos volátiles, identificados por el tiempo de retención y la abundancia de los componentes bioactivos de carácter volátil presentes en el combinado de 31 aceite esenciales considerado en la presente investigación.

Tabla 19.

Determinación de los compuestos volátiles mediante cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC-MS)

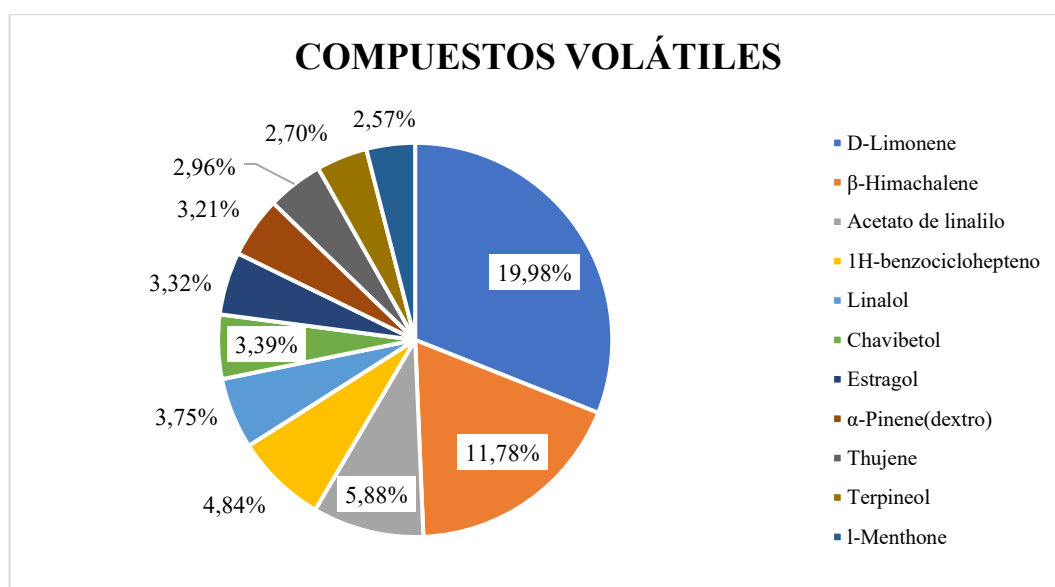
Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
10	D-Limonene	7,326	19,98
49	β -Himachalene	25,647	11,78
30	Acetato de linalilo	15,778	5,88
42	1H-benzociclohepteno	23,456	4,84
15	Linalol	9,584	3,75
34	Chavibetol	19,848	3,39
24	Estragol	13,317	3,32
2	α -Pinene(dextro)	4,699	3,21
1	Thujene	4,535	2,96
22	Terpineol	12,489	2,70
19	l-Menthone	11,527	2,57
21	dl-Mentol	12,320	1,72
39	Cariofileno	22,249	1,65
20	Benzofuran	11,884	1,54
12	Gamma.-Terpinene	8,111	1,48
31	Citral	16,284	1,47
4	Beta.-Pinene	5,693	1,24
8	Carene	6,596	1,36
51	Cadineno	26,437	1,31
69	(E)-Atlantone	35,653	1,22
26	Citronelol	14,571	1,08
47	Cubenene	24,719	1,01

Nota. Los compuesto fueron identificados con la librería NIST14.L.

El D-Limonene es el compuesto orgánico con mayor área identificada dentro del óleo 31 con un 19,98%, siguiéndole β -Himachalene con un 11,78% de área. Además, se distinguió compuestos bioactivos como el Acetato de linalilo en un 5,88%, 1H-benzociclohepteno con un 4,84%, Linalol con un 3,75%, Chavibetol con un 3,39%, Estragol con un 3,32%, α -Pinene(dextro) con un 3,21%, Thujene con un 2,96%, Terpeneol con un 2,70%, l-Menthone con un 2,57%, y otros compuestos en menor proporción, a los cuales son atribuibles los beneficiosos observados en los lechones suplementados con el aceite esencial en cuestión en la presente investigación.

Figura 6.

Compuestos volátiles del compilado de 31 aceites esenciales



Anandakumar *et al.* (2020) investigaron el D-Limonene: un compuesto multifuncional con potentes efectos terapéuticos, mencionan que es un monoterpeneo que se encuentra en las frutas cítricas, aceites esenciales y se utiliza con frecuencia como complemento dietético, su propiedad lipofílica distintiva le proporciona una mayor absorción celular a nivel intestinal, entre otras propiedades es antioxidante, ya que inhibe la peroxidación lipídica y combate el daño celular inducido por radicales libres, además, estudiaron el efecto antiinflamatorio y demostraron que reduce los niveles de nitrito y prostaglandinas, algunas citocinas

inflamatorias, posee también un efecto gastroprotector donde evidenciaron que el D-Limonene controló en un 100% las úlceras gástricas, en cuanto al efecto inmunomodulador posee un fuerte efecto inhibidor de citocinas proinflamatorias producidas por los linfocitos T.

Abdoul *et al.* (2021) estudió el efecto del aceite esencial de cedro contra cepas de bacterias patógenas, y encontró que los compuestos mayoritarios fue β -Himachalene en un 29,20%, al cual le otorgaron la actividad antimicrobiana contra seis patógenos. Elias *et al.* (2019) identificó que el β -Himachalene posee una potente actividad citotóxica contra bacterias, además, demostró un efecto antiinflamatorio significativo en estudio *in vitro* en ratas, al inhibir la COX-2 inducida por LPS en monocitos.

Shin & Seol (2023) investigaron el efecto del acetato de linalilo sobre el estrés oxidativo, la inflamación y la disfunción endotelial, demostrando que este componente tiene una alta capacidad de eliminación de radicales peróxido *in vitro* promoviendo un efecto antioxidante, además, se ha demostrado que dicho componente reduce los niveles de IL-1 β y TNF (factor de necrosis tumoral), e inhibe la activación de la caspasa-1 y el factor nuclear-kB.

Al comprar los resultados de los compuestos fitoactivos identificados en la combinación de 31 aceites esencial con otras investigaciones, se difiere de las concentraciones o porcentajes de cada uno de estos compuestos, sin embargo, concordamos en que dicho compuestos tiene efectos beneficiosos sobre la salud, adicionalmente, los compuestos en menor porcentaje desempeñan un papel importante dentro de los resultados que se obtuvieron.

Los resultados cromatográficos sugieren que combinar 31 aceites esenciales, puede ser una alternativa como promotor de crecimiento en lechones, ya que provocó una mayor competencia productiva, al disminuir el impacto negativo que ocasiona la adaptación al concentrado después del destete, además, estimula el desarrollo y la eficiencia en la conversión alimenticia, observándose una mayor ganancia de peso en relación con el tratamiento testigo.

4.1.7. Digestibilidad aparente

Tabla 20.

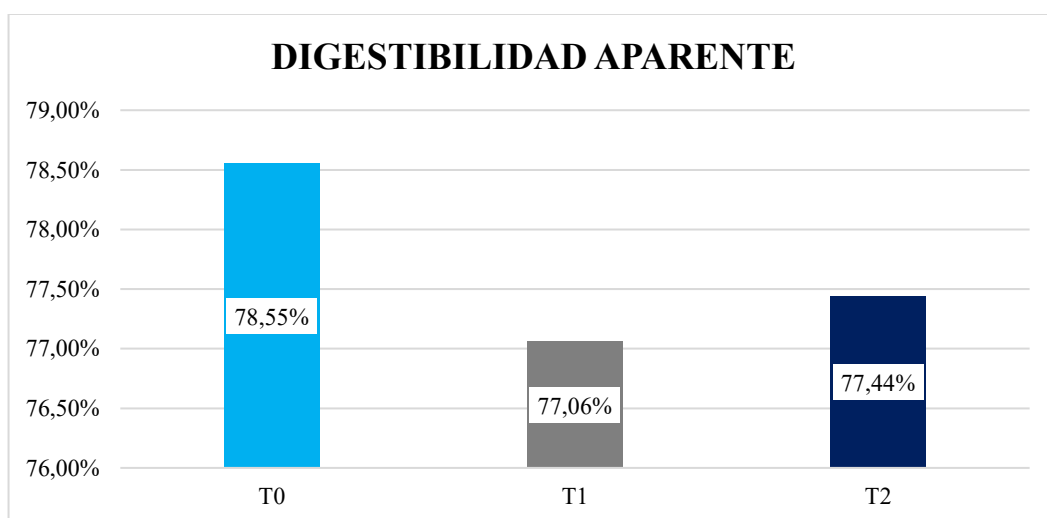
Análisis de la digestibilidad aparente de la proteína de cada uno de los tratamientos propuesto.

Tratamiento	Proteína en heces	Digestibilidad aparente (%)
T0 (testigo)	21,45	78,55
T1 (Aceite esencial)	22,94	77,06
T2 (Bambermycin)	22,56	77,44

La digestibilidad aparente de la proteína se determinó por medio de la estimación entre la cantidad de proteína consumida y la observada en las heces, los resultados sugieren que la mayor cantidad de este nutriente en heces se observó en las muestras tomadas del conjunto de animales del T1 con 22,94%, siguiéndole el T2 con 22,56% y la menor cantidad se evidenció en la muestra del T0 con 21,45%. La digestibilidad aparente de dicho nutriente permitió inferir que los lechones del T0 digieren en mayor proporción este nutriente con 78,55%, siguiéndole el T2 con 77,44% y finalmente la menor digestibilidad en los animales del T1 con 77,06%.

Figura 7.

Análisis de la digestibilidad aparente de la proteína de cada uno de los tratamientos propuesto.



Li *et al.* (2023) evaluaron el efecto de la suplementación de mixes de aceites esenciales sobre el crecimiento, la digestibilidad de nutrientes, el estado inmunológico y la comunidad microbiana en lechones destetados, con una población total de 240 cerdos de cinco semanas de edad con un peso corporal inicial de 8,85 kg en promedio distribuidos en tres grupos experimentales, donde el T1 recibió una dieta control, el T2 recibió dieta con 400 mg/kg de la mezcla de aceites esenciales, el T3 recibió diete control con ZnO a razón de 1600 mg/kg. Los resultados de dicha investigación en cuanto a la digestibilidad aparente de proteína cruda fueron para el T1 de 76,16%, para el T2 de 73,44% y para el T3 de 69,50%, concluyendo que la suplementación dietética de mezclas de aceite esenciales puede mejorar la digestibilidad de nutrientes, posiblemente por aumento en la secreción y actividad de enzimas endógenas, además, postulan que mejora la micromorfología intestinal.

Nhara *et al.* (2024) mencionan que la influencia en la digestibilidad de nutrientes y la eficiencia del crecimiento en cerdos suplementados con aceite esenciales o ácidos orgánicos, se debe a que pueden actuar como estimulantes digestivos al activar mecanismos de detección periférica, como la activación oronasal, la cual prepara al tracto gastrointestinal para la recepción del alimento al mismo tiempo que estimula la secreción digestiva y el motilidad intestinal, además, mencionan que estos aditivos puede modificar el pH gastrointestinal al acidificarlo lo que maximiza el crecimiento de bacterias beneficiosas como *Lactobacillus* sp. y otras acidolácticas.

Los reportes de Li *et al.*, poseen similitud con los obtenidos en la presente investigación, ya que, la mezcla de aceites esenciales redujo el coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína, evidenciado por un aumento de la proteínas en heces, además, los resultados obtenidos permiten coincidir con lo reportado por Nhara *et al.*, ya que la inclusión de aceite esencial en la dieta provocó un aumento en la cantidad de proteína en heces, postulando que esto es debido al aumento de nitrógeno no proteico proveniente de una fuente microbiana del sistema digestivo, lo que puede mejorar el rendimiento productivo de los lechones recién destetados, disminuyendo el impacto de los eventos adversos del producto del destete.

4.1.8. Puntuación fecal

Tabla 21.

Análisis de la puntuación fecal de los lechones en cada uno de los tratamientos propuestos.

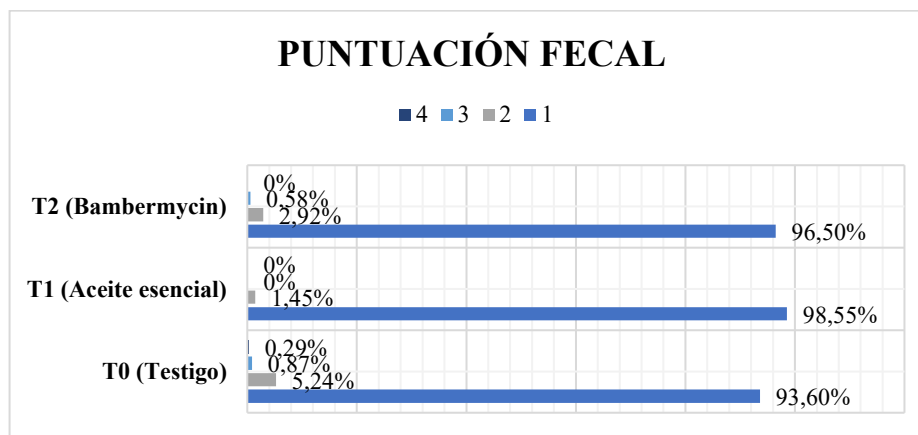
Tratamientos	Puntuación fecal en cerdos				Total
	1	2	3	4	
T0 (Testigo)	93,60%	5,24%	0,87%	0,29%	100%
T1 (Aceite esencial)	98,55%	1,45%	0%	0%	100%
T2 (Bambermycin)	96,50%	2,92%	0,58%	0%	100%

Nota. 1: heces sólidas y bien formadas, 2: suaves y bien formadas, 3: suaves, pastosas y sin forma y 4: suelto y acuoso

El estudio de la puntuación fecal reveló que, de un total de 343 observaciones por cada conjunto de lechones, en el T0 se obtuvo un 93,60% una puntuación de 1, el 5,24% una puntuación de 2, el 0,877% una puntuación de 3 y el 0,29% una puntuación de 4. Adicionalmente del conjunto de animales del T1 se determinó un 98,55% de eventos con una puntuación de 1, un 1,45% de evaluaciones restante presentaron una puntuación de 2. Finalmente, en la agrupación de lechones del T2 se observó un 96,50% de eventos con una puntuación de 1, el 2,92% de eventos presentaron una puntuación de 2 y el 0,58% restante presento una puntuación de 3.

Figura 8.

Porcentaje de la puntuación fecal de los lechones en cada uno de los tratamientos propuestos.



Li *et al.* (2023) investigaron los efectos de la suplementación de mezclas de aceite esenciales sobre el crecimiento, la digestibilidad de nutrientes, el estado inmunológico y la comunidad microbiana en lechones destetados, y obtuvieron en el tratamiento control un 12,77% de incidencia de diarreas, mientras que el tratamiento que recibió aceite esencial obtuvo un 5,43%.

Comparativamente los resultados reportados por Li *et al.*, son diferentes a los encontrados en la presente investigación, sin embargo, concordamos que la aplicación del combinado de 31 aceite esencial redujo significativamente la incidencia de diarreas, provocando heces sólidas y bien formadas.

4.1.9. Análisis de beneficio/costo

Tabla 22.

Análisis del beneficio/costo

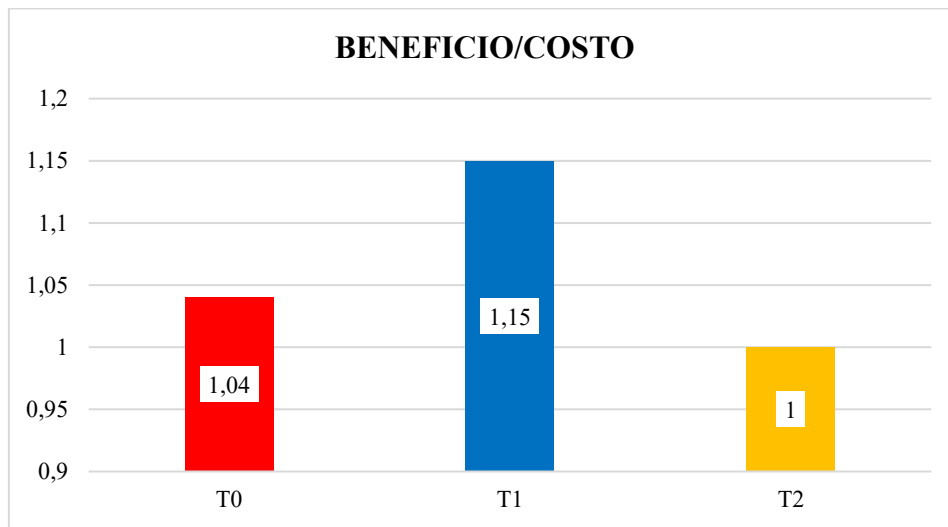
Ítem	T0 (testigo)	T1 (Aceite esencial)	T2 (Bambermycin)
Lechones	350	350	350
Balanceado	350	350	350
Vitaminas y desparasitante	14	14	14
Vacunas	7	7	7
Tratamientos	0	100	50
Total, de costos	721	814	771
Libras de carne	417,56	521,18	430,54
Valor de libra de carne	1,80	1,80	1,80
Total, de ingresos	751,61	938,12	774,97
Utilidad	30,61	124,12	3,97
Beneficio/Costo	1,04	1,15	1,00

Dentro de los costos de producción de cada tratamiento se definió que los grupos de ensayo conllevaron costos de \$721 en el T0, en el T1 \$814 y el T2 un costo de \$771, así mismo, los ingresos fueron determinados a partir de la venta de la libra de carne con un valor de \$1.80 por cada unidad, siendo el T0 el que obtuvo un ingreso neto de \$751,61, el T1 un ingreso de \$ 938,12 y el T2 \$774,97.

En base a estos resultados el beneficio/costo determinó que la mayor rentabilidad la consiguió el T1 con un índice de 1,15, es decir por cada dólar invertido se obtuvo un retorno de \$ 0,15, siguiéndole el T0 con un índice de 1,04 y el menor índice beneficio/costo lo consiguió el T2 con 1,00 manteniéndose en equilibrio, ya que por cada dólar invertido en la presente investigación no se obtuvieron pérdidas consideradas.

Figura 9.

Análisis del beneficio/costo de los tratamientos planteados.



Shao *et al.* (2023) investigaron el efecto de una mezcla de aceites esenciales sobre el crecimiento, la salud y la microbiota intestinal en lechones destetados tempranamente, y emplearon 2 tratamientos, T0 o grupo control que no recibió ningún tipo de aceite esencial y el T1 que recibió 50 mg de una mezcla de 8 aceite esenciales de plantas medicinales, los lechones fueron destetados a los 21 días de edad, de los cuales el T0 obtuvo una relación beneficio/costo de 1,04 y el T1 un índice de beneficio/costo 1,11, es decir que la suplementación de una mezcla de aceite esencial incrementa la rentabilidad.

Los resultados de Shao *et al.*, son similares a los obtenidos en la presente investigación, ya que la suplementación de la mezcla de aceite esenciales mejoró la relación beneficio/costos, ya que intervino directamente con una mejor ganancia de peso y conversión alimenticia provocando mayor rendimiento productivo y mayor rédito económico.

4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Los resultados relativos a las variables productivas indicaron que los tratamientos evaluados provocaron efectos estadísticamente significativos ($p < 0,05$) tanto en la ganancia de peso como en la conversión alimenticia. Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, la cual establece lo siguiente: Existe diferencias significativas en la productividad al comparar la suplementación dietética de un combinado de aceites esenciales y un promotor de crecimiento en cerdos en la fase de destete.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los tratamientos evaluados evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en las variables de ganancia de peso y conversión alimenticia. El grupo T1, suplementado con una mezcla de 31 aceites esenciales, mostró el mejor desempeño productivo, alcanzando una ganancia de peso de 26,75 kg y una conversión alimenticia de 1,58. En segundo lugar se ubicó el grupo T2, tratado con Bambermycin, con una ganancia de peso de 20,67 kg y una conversión de 2,04. Por último, el grupo T0 (control) presentó el menor rendimiento, con una ganancia de peso de 19,56 kg y una conversión alimenticia de 2,17.
- El análisis mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) permitió identificar los principales compuestos bioactivos presentes en la mezcla de 31 aceites esenciales. El D-limoneno fue el compuesto con mayor representación, con un área relativa del 19,98%, seguido por el β -himachaleno con un 11,78%. También se detectaron otros compuestos relevantes, como el acetato de linalilo (5,88%), 1H-benzociclohepteno (4,84%) y linalool (3,75%), entre otros en menor proporción. Estos metabolitos son potencialmente responsables de los efectos beneficiosos observados en los lechones suplementados con dicha mezcla durante el presente estudio.
- La estimación de la digestibilidad aparente de la proteína, calculada a partir de la diferencia entre la cantidad de proteína ingerida y la excretada en las heces, reveló que el mayor contenido de proteína fecal se registró en el grupo T1 con un 22,94%, seguido por T2 con un 22,56%, mientras que el menor valor correspondió al grupo T0 con un 21,45%. En consecuencia, la digestibilidad aparente fue más alta en el grupo T0 con un 78,55%, seguido por T2 con 77,44%, y la menor digestibilidad se observó en T1 con un 77,06%.

- El T1 obtuvo la mayor rentabilidad, con un índice beneficio/costo (B/C) de 1,15, lo que indica un retorno neto de \$0,15 por cada dólar invertido. Le siguió el tratamiento T0 con un índice de 1,04, mientras que el tratamiento T2 registró el menor rendimiento económico, con un índice B/C de 1,00.

5.2. Recomendaciones

- Implementar el T2 (combinado de 31 aceite esenciales) como aditivo nutricional dentro de los planes de alimentación en la transición al consumo de alimento sólido en la fase de destetes en lechones.
- Estudiar el impacto de la suplementación alimenticia de la combinación de aceite esenciales sobre el microbiota intestinal en lechones durante el destete.
- Medir el efecto del uso de aceites esenciales en otras especies de interés zootécnico.
- Investigar la mitigación en la producción de gas metano de los desechos de los animales suplementados con la combinación de 31 aceite esenciales.
- Establecer como alternativa el uso de aceites esenciales para reducir la incorporación indiscriminada de antibióticos promotores de crecimiento en los productores porcinos de la zona de Echeandía.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdoul, M., Ayoub, A., Khadija, O., Nabila, B., Jalludin, M., & Tarik, A. (2021). Effect Of Atlas Cedar Essential Oil Against Pathogenic Medical Bacterial Strains - In Vitro Test. *Pharmacologyonline*, 3(1), pag. 857-864.
- Abraham, J. (2020). *Swine Production And Management*. Editorial Taylor & Francis Group. pag. 30-120.
- Anandakumar, P., Kamaraj, S., & Vanitha, M. (2020). D-limonene: A multifunctional compound with potent therapeutic effects. *Journal Of Food Biochemistry*, 45(1), pag. e13566. Doi: <https://doi.org/10.1111/jfbc.13566>.
- Aparicio, G., Olvera, G., Aragón, B., & Torres, B. (2022). Parámetros De Calidad De Carne En Cerdos Bovinos Y Pollo En Base A Su Alimentacion. *Acta De Ciencia En Salud*, 20, pag. 1-4.
- Botaya, E., Delgado, S., Verde, P., Feringan, D., & Martínez, P. (2022). El Destete En Porcinos: Manejo Óptimo Y Nuevos Retos: Alimentacion Del Lechón Y La Cerda. *Suis*, 187(1), pag. 26 - 32.
- Briz, R. (2006). Retirada De Los Antibióticos Promotores De Crecimiento En La Unión Europea: Causas Y Consecuencias. *Tesis De Pregrado. Universidad De Zaragoza*.
- Burtis, C., & Bruns, D. (2015). *Tietz Fundamentals Of Clinical Chemistry And Molecular Diagnostics*. Editorial Elsevier. pag. 503-609
- Cardinal, K., Da Silva, P., & Machado, A. (2020). Growth Promoter In Broiler And Pig Production. *Pubvet*, 14(3), pag. A532- A543.
- Cisneros, P., Aniano, H., Martínez, R., Gómez, A., Maldonado, M., & Ayala, M. (2021). Forraje Verde Hidropónico En Dietas De Cerdos En Crecimiento En Pinotepa Nacional. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 11(24), pag. 247-254.
- Cuenca, M., Chauca, J., García, C., & Sigüencia, H. (2022). *Saccharomyces Cerevisiae* Como Alternativa De Reemplazo A Los Antibióticos

- Promotores De Crecimiento En Alimentación. *Archivos De Zootecnia*, 71(273), pag. 62-69.
- Dávila, J., Munguía, L., Morales, J., García, A., González, H., Celaya, H., Barrera, M. (2020). Addition of a Mixture of Plant Extracts to Diets for Growing-Finishing Pigs on Growth Performance, Blood Metabolites, Carcass Traits, Organ Weight as a Percentage of Live Weight, Quality and Sensorial Analysis of Meat. *Animals*, 10(7), pag. 1229. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani10071229>.
- Elias, A., Shebawy, W., Nehme, B., Faour, W., Bassil, B., Hakim, J., Taleb, R. (2019). In Vitro and In Vivo Evaluation of the Anticancer and Anti-inflammatory Activities of 2-Himachelen-7-ol isolated from Cedrus Libani. *Nature Research*, 9(12855), pag. 1-9. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49374-9>.
- Etesami, H., & Adl, S. (2020). *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (Pgpr) And Their Action Mechanisms In Availability Of Nutrients To Plants*. Editorial Phyto-Microbiome In Stress Regulation, pag. 147-203.
- García, M. (2018). Comercio México-Japón. Un Acercamiento A La Exportación Mexicana De Carne De Cerdo. *México Y La Cuenca Del Pacífico*, 7(20), pag. 117-148.
- Gómez, G., Rebollar, S., & Velázquez, H. (2020). Impacto Económico Del Libre Comercio De Carne De Cerdo En La Porcicultura Mexicana. *Aprendizajes Y Trayectoria Del Sector Agroalimentarios Mexicanos*, 1(1), pag. 107-119.
- González, P., Nuñez, F., García, M., Escalante, A., Rosales, P., & Carpena, J. (2020). Inclusión De Pasta De Aguacate En La Dieta De Lechones Destetados De Cerdo Pelón Mexicano. *Revista Mexicana De Agroecosistemas*, 8(1), pag. 11-13.
- Iglesias, B., Azcona, J., Charrière, M., Cabrera, A., Zamplile, T., & Paoletta, M. (2019). Efecto Del Uso De Un Probiótico Como Alternativa A Los Antibióticos: Promotor De Crecimiento En La Producción De Pollos Parrilleros. *Revista Agroindustria*, 175(6), pag. 1-7.

- Li, S., Ru, Y., Liu, M., Xu, B., Péron, A., & Shi, X. (2022). The effect of essential oils on performance, immunity and gut microbial population in weaner pigs. *Livestock Science*, 145, pag. 119-123.
- Li, Y., Cao, H., Zhang, S., Guo, P., Zhao, J., Zhang, D., & Zhang, S. (2023). Effects of the Supplementation of Essential Oil Mixtures on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Immune Status and Microbial Community in Weaned Piglets. *Animals*, 13(23), pag. 3697. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani13233697>.
- Liang, Z., Yan, Y., Zhang, W., Luo, H., Yao, B., Huang, H., & Tu, T. (2023). Review Of Glucose Oxidase As A Feed Additive: Production, Engineering, Applications, Growth-Promoting Mechanisms, And Outlook. *Critical Reviews In Biotechnology*, 43(5), pag. 698-715.
- Lin, H., Chen, W., Zhou, R., Yang, J., Wu, Y., Zheng, J., & Chen, X. (2022). Characteristics Of The Plasmid-Mediated Clistin-Resistance Gene Mcr-1 In Escherichia Coli Isolated From A Veterinary Hospital In Shanghai. *Frontiers In Microbiology*, 13, pag. 1002827.
- Maciel, A., Pires, A., Aparecida, T., da Silva, P., Cardinal, K., Wagner, G., Oliveira, P. (2021). Efect of functional oils or probiotics on performance and microbiota profile of newly weaned piglets. *Natureporfolio*, 11(19457), pag. 1-11. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98549-w>.
- Martín, L., Blasco, J., & Álvarez, J. (2020). Efecto del plan de alimentación de la cerda en el periparto sobre sus resultados productivos. *Suis*, 171, pag. 12-16.
- Maya, C., Ángel, J., Martínez, B., & Parra, J. (2021). Aceite Esencial De Orégano (*Lippia Origanoides*) Mejora Parámetros Productivos Y Metabólitos Sanguíneos En Lechones. *Bioteología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 19(2), pag. 82-94.
- Moita, V., Duarte, M., da Silva, S., & Kim, S. (2021). Supplemental Effects of Functional Oils on the Modulation of Mucosa-Associated Microbiota,

- Intestinal Health, and Growth Performance of Nursery Pigs. *Animals*, 11(6), pag. 1591. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani11061591>.
- Nhara, R., Marume, U., & Tawanda, C. (2024). Potential of Organic Acids, Essential Oils and Their Blends in Pig Diets as Alternatives to Antibiotic Growth Promoters. *Animals*, 14(5), pag. 762. Doi:<https://doi.org/10.3390/ani14050762> .
- Omonijo, F., Ni, L., Gong, J., Wang, Q., Lahaye, L., & Yang, C. (2018). Essential Oils As Alternatives To Antibiotics In Swine Production. *Animal Nutrition*, 4(2), pag. 126-136.
- Pardo, F. T., Aparco, R. H., Quispe, I. M., Pacheco, N. F. F., Cerna, H. W. A., & Chipana, S. Q. (2023). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de aceites esenciales en hojas de plantas medicinales. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 7(21), pag. 547-559.
- Portillo, G., Renaut, J., & Silva, E. (2021). Efectos De La Utilización De Enzimas A-Amilasa Y Lipasa Sobre El Desempeño Productivo De Lechones Recién Destetados. *Investigación Agraria*, 23(2), pag. 111-117.
- Rahman, M., Fliss, I., & Biron, E. (2022). Insights In The Development And Uses Of Alternatives To Antibiotic Growth Promoters In Poultry And Swine Production. *Antibiotics*, 11(6), pag. 766.
- Ruzauskas, M., Bratkiene, E., Stankevicius, A., Bernatoniene, J., Zavistanaviciute, P., Grigas, J., Jakstas, V. (2020). The Influence Of Essential Oils On Gut Microbial Profiles In Pigs. *Animals*, 10(10), pag. 1734.
- Sagaró, Z., & Ferrer, E. (2021). Alimentación Para Cerdos De Ceba En Condiciones Locales De Agricultura Familiar. *Ciencia En Su Pc*, 1(4), pag. 22-35.
- Serrano, M., Ruiz, N., Rey, A., & Rey, A. (2020). Nuevas Alternativas En La Alimentación Del Cerdo Ibérico: Uso De A Avellana Gevuína. *Información Técnica Económica Agraria*, 116(4), pag. 230.
- Sevilla, F., Calderón, J., & Barquero, V. (2023). Efecto De La Suplementación Con Vitaminas Liposolubles Sobre Los Patrones De Movilidad Y Cinética En Semen De Verraco. *Revista De Iniciación Científica*, 9(1), pag. 7-12.

- Shao Y, Peng Q, Wu Y, Peng C, Wang S, Zou L, Qi M, Peng C, Liu H, Li R, et al. (2023). The Effect of an Essential Oil Blend on Growth Performance, Intestinal Health, and Microbiota in Early-Weaned Piglets. *Nutrients*; 15(2): pag.450. <https://doi.org/10.3390/nu15020450>
- Shao, Y., Yunpeng, Q., Wu, Y., Changfeng, P., Wang, S., Zou, L., Yin, Y. (2023). El efecto de una mezcla de aceites esenciales sobre el crecimiento, la salud intestinal y la microbiota en lechones destetados precozmente. *Nutrientes*, 15(2), pag. 450.
- Shin, Y., & Seol, G. (2023). Effects of linalyl acetate on oxidative stress, inflammation and endothelial dysfunction: can linalyl acetate prevent mild cognitive impairment? *Front. Pharmacol.*, 14(1), pag. 1-10. Doi: <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1233977>.
- Simitzis, P. (2017). Enrichment Of Animal Diets With Essential Oils—A Great Perspective On Improving Animal Performance And Quality Characteristics Of The Derived Products. *Medicines*, 4(2), pag. 35.
- Sivagami, K., Jaya, V., Srinivasan, R., Divyapriya, G., & Nambi, I. (2020). Antibiotic Usage, Residues And Resistance Genes From Food Animals To Human And Environment: An Indian Scenario. *Journal Of Environmental Chemical Engineering*, 8(1), pag. 102221.
- Su, G., Zhou, X., Wang, Y., Chen, D., Chen, G., Li, Y., & He, J. (2019). Dietary Supplementation Of Plant Essential Oil Improves Growth Performance, Intestinal Morphology And Health In Weaned Pigs. *Journal Of Animal Physiology And Animal Nutrition*, 108(1), pag. 1-11.
- Tan, B., Lim, T., & Boontiam, W. (2020). Effect Of Dietary Supplementation With Essential Oils And A Bacillus Probiotic On Growth Performance, Diarrhoea And Blood Metabolites In Weaned Pigs. *Animal Production Science*, 61(1), pag. 64-71.
- Tugnoli, B., Giovagnoni, G., Piva, A., & Grilli, E. (2020). From Acidifiers To Intestinal Health Enhancers: How Organic Acids Can Improve Growth Efficiency Of Pigs. *Animals*, 10(1), pag. 134.

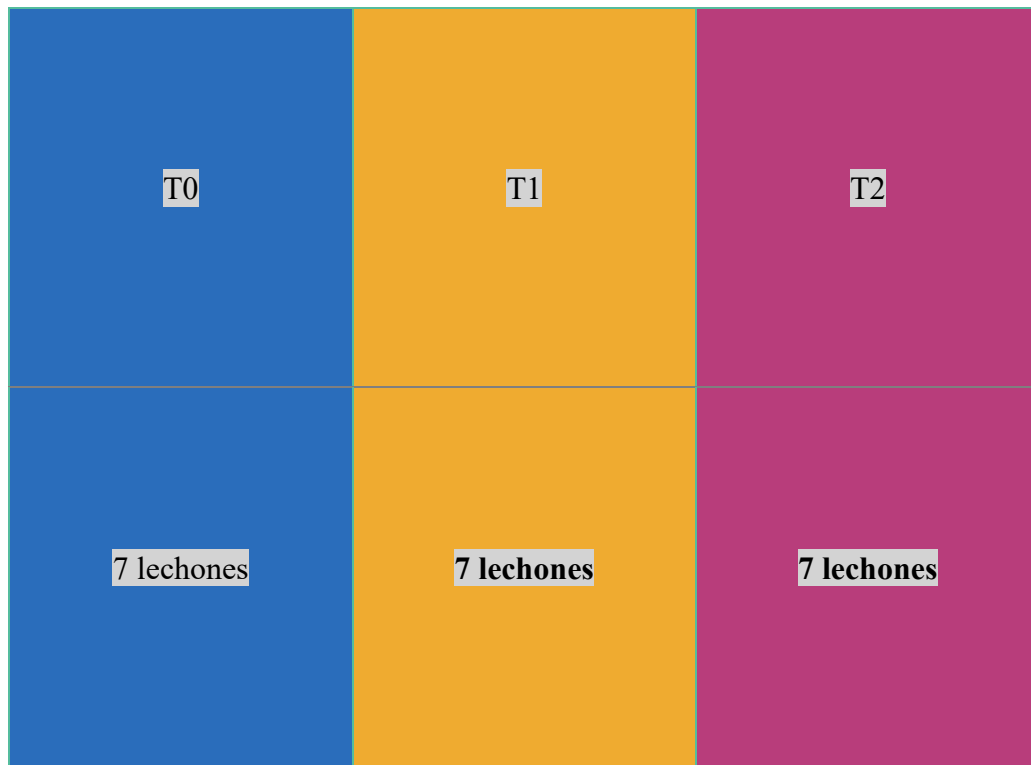
- Van, T., Yidana, Z., Smooker, P., & Coloe, P. (2020). Antibiotic Use In Food Animals Worldwide, With A Focus On Africa: Pluses And Minuses. *Journal Of Global Antimicrobial Resistance*, 20(2020), pag. 170-177.
- Velasco, J. (2022). Modificación lipídica de la carne de cerdo y su impacto en la salud humana. *Agrodivulgación*, 2(5), pag. 1-14.
- Wang, L., Zhang, Y., Liu, L., Huang, F., & Dong, B. (2021). Effects of Three-Layer Encapsulated Tea Tree Oil on Growth Performance, Antioxidant Capacity, and Intestinal Microbiota of Weaned Pigs. *Sec. Animal Nutrition and metabolism*, 8(789225), 1-14. Doi: 10.3389/fvets.2021.789225.
- Xi, B., Wang, C., Fu, J., Zhang, Y., Wang, Y., & Lu, Z. (2020). Effects Of Fermented Feed Supplementation On Pig Growth Performance: A Metaanalysis. *Animal Feed Science And Technology*, 259, pag. 114315.
- Zhai, H., Liu, H., Wang, S., Wu, J., & Kluentner, A. (2018). Potential Of Essential Oils For Poultry And Pigs. *Animal Nutrition*, 4(2), pag. 179-186.
- Zhang, S., Wu, X., Han, D., Hou, Y., Tan, J., Kim, S., . Wang, J. (2021). Pork Production Systems In China: A Review Of Their Development, Challenges And Prospects In Green Production. *Front. Agr. Sci. Eng.*, 8(1), pag. 15-24.
- Zhang, W., Zhang, Y., Zhang, X., Deng, Z., Liu, J., He, M., & Wang, H. (2020). Effects of Dietary Supplementation with Combination of Tributyrin and Essential Oil on Gut Health and Microbiota of Weaned Piglets. *Animals*, 10(2), pag. 180. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani10020180>.
- Zhao, B., Wang, T., Chen, J., Qiu, B., Zhang, Q., Li, J., Li, J. (2023). Effects of dietary supplementation with a carvacrol–cinnamaldehyde–thymol blend on growth performance and intestinal health of nursery pigs. *Porcine health management*, 9(24), pag. 1-10: Doi: <https://doi.org/10.1186/s40813-023-00317-x>.
- Zheng, L., Duarte , M., Loftus, A., & Kim, S. (2021). Intestinal Health Of Pigs Upon Weaning: Challenges And Nutritional Intervention. *Frontiers In Veterinary Science*, pag. 628258.

ANEXOS

Anexo 1. Lugar de la investigación



Anexo 2. Croquis del ensayo



Anexo 3. Resultados de la determinación de proteínas en heces

INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE

Cliente: Ocampo Rivera Edwin Atención :
Dirección: Guaranda Teléfono:
Provincia: Bolívar Cantón: Guaranda

INFORMACION DE LA MUESTRA

Tipo de Muestra: eses de cerdo Fecha de ensayo: del 06 al 16 de septiembre
Fecha de toma de muestra: 5/9/2024 Dirección de la muestra: Guaranda
Fecha de recepción en lab: 6/9/2024 Cod. Lab 492024
Observaciones: Muestra tomada por el cliente y recibida en el laboratorio

RESULTADOS

Id. Cliente	ID. Lab	Método de referencia
		Proteína %
tratamiento 0	49,1	22,45
tratamiento 1	49,2	22,94
tratamiento 2	49,3	22,56

Resultados expresados en base seca




TOTALCHEM

Química. Marcia Buenaño Mgs.
Tif 0980622817 / 0985458514

TotalChem Se responsabiliza únicamente de los análisis mas no de la toma de muestra

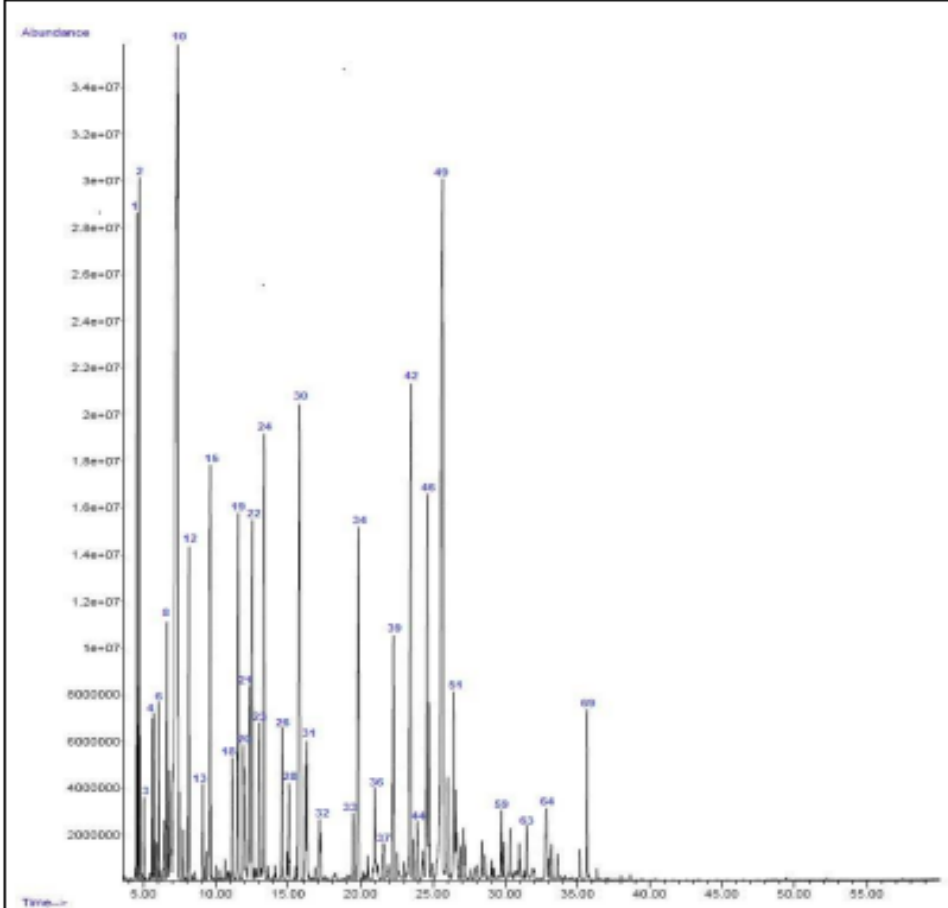
Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basado en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este Informe en forma exclusiva y confidencial


	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Lagunasto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	FPG12-01
		Versión	1
		Año	2025
		Página	Página 1 de 5
INFORME DE RESULTADOS			

INFORME DE ENSAYOS N°015-2025

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Edwin Alexander Ocampo Rivera - Roxana Elizabeth Rea Cando
Muestra	Compilado de 31 aceite esenciales
Código asignado UEB	INV 357
Estado de la muestra	Líquido
Envase de recepción	Frasco de vidrio color ámbar con 10mL aprox de muestra
Análisis requerido(s)	Identificación de compuestos volátiles por GC-MS
Fecha de recepción	11 de noviembre de 2024
Fecha de análisis	17 al 21 de enero de 2025
Fecha de informe	22 de enero de 2025
Técnico asignado	ECCR

RESULTADOS OBTENIDOS



 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacato II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2025
		Página	Página 2 de 5

EQUIPO		GC AGILENT TECHNOLOGIES 7890 A	
DETECTOR		AGILENT TECHNOLOGIES 5977A MSD	
COLUMNA		Columna HP-5MS (30m x 0.250mm x 0.25µm)	
MÉTODO CROMATOGRÁFICO		Temperatura del inyector: 220°C. Modo de inyección: Split 50:1. Gas portador: Helio a un flujo de 1 mL/min. Programa térmico: Temperatura del horno 60°C con una rampa de temperatura de 3 °C/min hasta 240 °C. Temperatura del detector: 300 °C. Tiempo total de corrida: 60 minutos	
Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	4.535	2.96
2	(1R)-2,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene	4.699	3.21
3	Camphene	5.016	0.34
4	.beta.-Pinene	5.693	1.24
5	3-Octanone	5.908	0.17
6	.beta.-Myrcene	6.038	0.81
7	.alpha.-Phellandrene	6.423	0.36
8	(+)-3-Carene	6.596	1.36
9	(+)-4-Carene	6.789	1.00
10	D-Limonene	7.326	19.98
11	1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	7.758	0.19
12	.gamma.-Terpinene	8.111	1.48
13	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	9.091	0.44

	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01
		Versión	1
		Año	2025
		Página	Página 3 de 5
INFORME DE RESULTADOS			

14	Benzoic acid, methyl ester	9.305	0.14
15	Linalool	9.584	3.75
16	1-Octen-3-yl-acetate	9.981	0.09
17	4-Acetyl-1-methylcyclohexene	10.623	0.11
18	Camphor	11.118	0.74
19	l-Menthone	11.527	2.57
20	Benzofuran, 4,5,6,7-tetrahydro-3,6-dimethyl-	11.884	1.54
21	dl-Menthol	12.320	1.72
22	Terpinen-4-ol	12.489	2.70
23	.alpha.-Terpineol	12.987	0.98
24	Estragole	13.317	3.32
25	2-Cyclohexen-1-ol, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, cis	14.089	0.14
26	Citronellol	14.571	1.08
27	Pulegone	14.902	0.16
28	2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	15.027	0.66
29	2-Cyclohexen-1-one, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-	15.508	0.09
30	Linalyl acetate	15.778	5.88
31	Citral	16.284	1.47
32	Lavandulyl propionate	17.157	0.59
33	.alpha.-Terpinyl acetate	19.473	0.44
34	3-Allyl-6-methoxyphenol	19.848	3.39
35	.alfa.-Copaene	20.498	0.15

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacito II, Km 1 1/2, vía a San Andrés, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2025
		Página	Página 4 de 5

36	Geranyl acetate	20.973	0.82
37	.gamma.-Muurolene	21.580	0.40
38	1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	21.909	0.17
39	Caryophyllene	22.249	1.65
40	Himachala-2,4-diene	22.533	0.21
41	Aromandendrene	23.005	0.14
42	1H-Benzocycloheptene, 2,4a,5,6,7,8,9,9a-octahydro-3,5,5-trimethyl-9-methylene-, (4aS-cis)-	23.456	4.84
43	1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-, Z,Z,Z	23.596	0.24
44	cis-β-Farnesene	23.917	0.48
45	.gamma.-HIMACHALENE	24.313	0.29
46	5-Hydroxy-6-methoxy-8-[(4-amino-1-methylbutyl)amino]quinoline trihydrobromide	24.609	3.24
47	Cubenene	24.719	1.01
48	p-Butyrophenetidine	24.965	0.18
49	1H-Benzocycloheptene, 2,4a,5,6,7,8-hexahydro-3,5,5,9-tetramethyl-, (R)-	25.647	11.78
50	.alpha.-Dehydro-ar-himachalene	26.015	0.79
51	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	26.437	1.31
52	.gamma.-Dehydro-ar-himachalene	26.551	0.93
53	aR-Himachalene	26.912	0.21
54	.alpha.-Calacorene	27.114	0.53
55	Azulene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4-dimethyl-7-(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,7.alpha.,8a.beta.)]-	28.021	0.19
56	(4aS)-3,5,5,9-Tetramethyl-1,2,5,6,7,8-hexahydro-4a,8-epoxybenzo[7]annulene	28.369	0.29

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	Código	FPG12-01
	Lagunaco II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2025
		Página	Página 5 de 5

57	Caryophyllene oxide	28.597	0.23
58	1,4-Methanoazulen-9-ol, decahydro-1,5,5,8a-tetramethyl-, [1R-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,8a.beta.,9S*)]-	29.057	0.16
59	(+)-.beta.-Himachalene oxide	29.726	0.43
60	Benzenemethanol, 4-methoxy-	29.902	0.24
61	Di-epi-1,10-cubenol	30.334	0.43
62	(1R,3aR,4aR,8aR)-1,4,4,6-Tetramethyl-1,2,3,3a,4,4a,7,8-octahydrocyclopenta[1,4]cyclobuta[1,2]benzen	30.968	0.27
63	(4aR,5R,9aR)-1,1,4a,8-Tetramethyl-2,3,4,4a,5,6,7,9a-octahydro-1H-benzo[7]annulen-5-ol	31.487	0.37
64	2,2,6-Trimethyl-6-(4-methylcyclohex-3-en-1-yl)dihydro-2H-pyran-4(3H)-one	32.835	0.96
65	1-(2-Methoxyphenyl)-2,5-dihydro-1H-pyrrole-2,5-dione	32.986	0.12
66	(E)-.gamma.-Atlantone	33.194	0.23
67	(Z)-.alpha.-Atlantone	33.604	0.17
68	Benzyl Benzoate	35.156	0.21
69	(E)-Atlantone	35.653	1.22

Los compuestos fueron identificados con la Librería NIST14.L.

Nota de No Responsabilidad

Por la presente, se deja constancia de que el laboratorio de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar, no se hace responsable de la preparación, manipulación ni del tratamiento previo de la muestra "Compilado de 31 aceites esenciales", antes de su recepción en nuestras instalaciones. Cualquier alteración o modificación que haya sufrido la muestra antes de llegar al laboratorio es ajena a nuestra responsabilidad y podría afectar los resultados de los análisis realizados.

El laboratorio asume responsabilidad únicamente por las actividades llevadas a cabo en sus instalaciones, comenzando a partir del momento en que la muestra es recibida y registrada.

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 4. Base de datos

Peso semanal (kg)							
Referencia	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 5	sem 6	sem 7
T0R1	10,6	13,3	16,7	19,7	22,9	26,5	30
T0R2	9,4	11,2	13,3	17	20,3	24,1	29,15
T0R3	8,5	10,2	12,3	13,4	16,1	20,35	25,3
T0R4	10,1	12,4	16,1	15,5	18,9	22,6	27,35
T0R5	9,6	11,4	13,6	13,5	16,4	21	26,1
T0R6	7,5	9,6	11,9	13	16,4	21,4	27,3
T0R7	9,14	11	13	14,9	16,3	20,7	24,6
T1R1	9,2	11,6	12,5	14,6	18,3	24,7	32,7
T1R2	9,2	10,6	13,6	19,5	23,4	29,3	34,3
T1R3	8,4	10,8	12,7	14	18	23,8	29,4
T1R4	11,6	15,1	17,8	20,7	24,3	30,2	35,6
T1R5	9,7	11,8	14	16,3	20,1	26,5	34,8
T1R6	7,4	10,3	12,9	17,5	21,3	27,3	35,5
T1R7	8,2	11	15,9	18,5	21,4	27,4	34,6
T2R1	9,3	11,4	13,9	14,6	17,3	22,1	27,3
T2R2	9,9	11,9	14,9	16,7	19,5	24,3	29,1
T2R3	10	12,35	15,4	17,8	20,1	24,4	28,9
T2R4	12,1	14,6	17,3	19,6	22,3	26,3	31,4
T2R5	8,1	11,5	13,5	15,4	18,5	22,1	27,3
T2R6	7,6	9,7	11,9	12,1	15,6	19,5	25,1
T2R7	8,5	10	12	14,2	17,4	22	26,6

Guanacia de peso semanal (kg)								Acumulado
Referencia	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 5	sem 6	sem 7	
T0R1	2,5	2,7	3,4	3	3,2	3,6	3,5	21,9
T0R2	1,8	1,8	2,1	3,7	3,3	3,8	5,05	21,55
T0R3	1,1	1,7	2,1	1,1	2,7	4,25	4,95	17,9
T0R4	2,15	2,3	3,7	-0,6	3,4	3,7	4,75	19,4
T0R5	2,2	1,8	2,2	-0,1	2,9	4,6	5,1	18,7
T0R6	0,9	2,1	2,3	1,1	3,4	5	5,9	20,7
T0R7	1,34	1,86	2	1,9	1,4	4,4	3,9	16,8
T1R1	3,2	2,4	0,9	2,1	3,7	6,4	8	26,7
T1R2	1,74	1,4	3	5,9	3,9	5,9	5	26,84
T1R3	1,5	2,4	1,9	1,3	4	5,8	5,6	22,5
T1R4	3,8	3,5	2,7	2,9	3,6	5,9	5,4	27,8
T1R5	2,2	2,1	2,2	2,3	3,8	6,4	8,3	27,3
T1R6	1,2	2,9	2,6	4,6	3,8	6	8,2	29,3
T1R7	0,4	2,8	4,9	2,6	2,9	6	7,2	26,8
T2R1	1,6	2,1	2,5	0,7	2,7	4,8	5,2	19,6
T2R2	2,5	2	3	1,8	2,8	4,8	4,8	21,7
T2R3	2,9	2,35	3,05	2,4	2,3	4,3	4,5	21,8
T2R4	4,1	2,5	2,7	2,3	2,7	4	5,1	23,4
T2R5	1,1	3,4	2	1,9	3,1	3,6	5,2	20,3
T2R6	1,2	2,1	2,2	0,2	3,5	3,9	5,6	18,7
T2R7	1,1	1,5	2	2,2	3,2	4,6	4,6	19,2

Consumo alimenticio (gramos)								
Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Total
T0	3500	3500	4200	5600	7000	8400	9800	42000
T1	3500	3500	4200	5600	7000	8400	9800	42000
T2	3500	3500	4200	5600	7000	8400	9800	42000

Puntuación fecal	Días							Observación	Días							Observación
	CODIGO	1	2	3	4	5	6		7	1	2	3	4	5	6	
T0R1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
T0R2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T0R3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T0R4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T0R5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
T0R6	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T0R7	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	
T1R1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T1R2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T1R3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T1R4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T1R5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T1R6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T1R7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T2R1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T2R2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	
T2R3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T2R4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T2R5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	
T2R6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T2R7	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	

Puntuación fecal	SEMANA 5							SEMANA 6								
	Días							Observación	Días							Observación
	CODIGO	1	2	3	4	5	6		7	1	2	3	4	5	6	
T0R1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T0R2	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T0R3	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T0R4	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T0R5	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T0R6	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T0R7	1	2	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T1R1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T1R2	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T1R3	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T1R4	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T1R5	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T1R6	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T1R7	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T2R1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T2R2	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T2R3	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T2R4	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T2R5	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T2R6	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
T2R7	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	

Anexo 5. Fotografías de la investigación



Foto 1. Adición del aceite esencial al balanceado



Foto 2. Homogenización del balanceado con el aceite esencial.



Foto 3. Alimentación a los lechones



Foto 4. Alimentación a los lechones



Foto 5. Planes sanitarios de los lechones



Foto 6. Planes sanitarios de los lechones



Foto 7. pesaje de los lechones



Foto 8. pesaje de los lechones



Foto 9. pesaje de los lechones del T1



Foto 10. pesaje de los lechones del T0



Foto 11. Alimentación de los lechones



Foto 12. Evaluación de la puntuación fecal

Anexo 6. Glosario de términos

Ahijamiento: Acción de poner a cada cría con su propia madre o con otra para que lo críe. Acogimiento por parte de un animal de la cría de otro

Bienestar animal: Es el completo estado de bienestar físico; es la realidad que considera al animal en un estado de armonía en su ambiente y la forma por la cual reacciona frente a los problemas del medio, tomando en cuenta su confort.

Castración: Hecho de extirpar o de inutilizar los órganos genitales. En los cerdos se realiza entre los 14 – 21 días. La razón principal es evitar el efecto del “olor macho” en las carnes cuando estas son cocinadas y consumidas.

Cerdo de recria: Denominación que reciben los animales porcinos del segmento productivo que transcurre entre el final del periodo lactante y el inicio de la fase de cebo.

Cuarentena: Periodo durante el cual se aísla físicamente un animal o grupo de animales en la granja receptora antes de permitir el contacto directo o indirecto con los demás animales de la misma, con el fin de asegurarse que no hay incubación de ninguna enfermedad que se desea controlar.

Descolmillado: Corte o Lima de los colmillos, sin deteriorar las encías de los lechones con el fin de evitar lesiones en las mamas de las cerdas y en las orejas y rabos de los otros lechones. La normativa de bienestar animal no permite el corte de colmillos.

Desparasitación: Acciones que tienen como fin la eliminación de los parásitos internos y/o externos de los animales.

Encalostramiento: Acción de comprobar que las crías toman el calostro directamente de la madre. El calostro es la primera leche que se obtiene tras el comienzo de la lactación.

Hembras múltiparas: Animales que han parido más de una vez. Si el animal ha tenido numerosos partos (más de cuatro o cinco) se denomina gran múltipara.

Hembras nulíparas: Hembras que no han parido nunca.

Hembras primíparas: Animales que paren por primera vez.

Índice productivo: En términos generales, un índice productivo es el cociente entre la producción de un proceso y el gasto o consumo de dicho proceso. Puede utilizarse para comparar el nivel de eficiencia de la empresa en su conjunto, respecto de la administración de uno o varios recursos en particular.

Lactorreemplazantes: Sustitutivos de la leche para la crianza artificial de lechones, fabricado con materias primas de alta calidad para conseguir niveles de proteína y grasa semejantes a los de la leche materna.

Lechones destetados: Denominación que reciben los lechones al finalizar el proceso del destete una vez que han suprimido totalmente la dieta láctea.

Lechones lactantes: Se considera con este nombre a los cerdos desde su nacimiento hasta el destete, periodo en el que se alimentan de la leche materna total o parcialmente y que finaliza en torno a los 21 días de vida.

Lechones neonatos: Se considera con este nombre a los cerdos recién nacidos hasta los 7 días de vida.

Lechones realojados: Son los animales más grandes de madres malas productoras o con camadas numerosas, que son realojados con madres buenas productoras y buen instinto maternal, dejando los más débiles con su propia madre, procurando homogeneizar camadas en número y peso.

Ovulación: Consiste en la ruptura del folículo de Graaf y la consiguiente liberación del óvulo. Se produce, al final del período de celo, o bien, lo más frecuente, después de terminar éste.

Producción porcina intensiva: Aquella forma de explotación donde el ganado se encuentra estabulado, bajo condiciones controladas de luz, temperatura y humedad, y en las que se pretende conseguir elevadas producciones en el menor tiempo posible.

Pubertad: Es el cambio hormonal que se produce merced a unos estímulos externos o ambientales e internos o endocrinos que permite la aparición del primer celo en una cerda prepúber. Cuando se desencadena la pubertad los primeros celos pueden no ir acompañados de ovulación o en tasas bajas.