



DISEÑO FACTORIAL PARA MEDIR EL EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN DE BIOPREPARADOS

FACTORIAL DESIGN TO MEASURE THE EFFECT OF FEEDING BIOPREPARATIONS IN PIGS IN THE LIFTING STAGE

Recibido: 11/06/2024 – Aceptado: 27/01/2025

Edison Stalin Vélez Arteaga

Docente de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí–ESPAM
Ecuador

Máster en Estadística Aplicada
Universidad Técnica de Manabí

evelez2502@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-6106-1409>

Víctor Ernesto Márquez Pérez

Docente principal adscrito al departamento de Matemáticas y Estadística de la Universidad
Técnica de Manabí
Ecuador

Doctor en Estadística
Universidad Central de Venezuela

victor.marquez@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2458-2415>

Carlos Octavio Larrea-Izurietta

Docente de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López
Ecuador

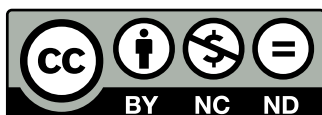
Máster en Producción Animal
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

clarrea@espam.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9167-2456>

Cómo citar este artículo:

Vélez, E. S., Márquez, V. E., Larrea, C. O. (Enero – Junio de 2025). Diseño factorial para medir el efecto de la alimentación de biopreparados en cerdos en la etapa de levante. *Visión Empresarial* 15, 121-146. <https://doi.org/10.32645/13906852.1346>



Resumen

El diseño experimental con la técnica del diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial es muy utilizada para medir factores de producción en las granjas porcinas. El objetivo principal consistió en medir los efectos principales de los factores aceites esenciales y concentración en función de las variables respuestas: peso, ganancia de peso, consumo de alimentos y conversión en cerdos levante. La metodología tiene un enfoque cuantitativo, experimental y correlacional. Como muestra se utilizaron 32 unidades experimentales, las cuales están distribuidos en cuatro tratamientos y ocho repeticiones. Los resultados destacan un aumento significativo en el peso semanal a partir de la semana 5 con aceite de orégano al 2%, aunque la ganancia de peso no mostró diferencias estadísticas. Se concluye que los aceites esenciales, especialmente el orégano al 2%, influyen significativamente en el consumo y conversión de alimento, además, el mayor costo/beneficio se reportó en el aceite de canela y orégano al 1%, demostrando la utilidad del diseño factorial en la investigación porcina.

Palabras clave: Producción, consumo alimenticio, materia prima, nutriente, Industria alimentaria.

Código JEL: Q12 (Producción Agrícola); Q13 (Mercados Agrícolas y del Alimento); L66 (Industria Alimentaria).

Abstract

The experimental design using the Completely Randomized Design (CRD) with a factorial arrangement is widely used to measure production factors in pig farms. The main objective was to measure the primary effects of essential oils and their concentration on response variables: weight, weight gain, food consumption, and feed conversion in piglets. The methodology employs a quantitative, experimental, and correlational approach. The sample consisted of 32 experimental units, distributed across four treatments with eight repetitions each. The results highlight a significant increase in weekly weight starting from week 5 with 2% oregano oil, although there were no statistical differences in weight gain. It concludes that essential oils, especially oregano at 2%, significantly influence food consumption and conversion, demonstrating the utility of factorial design in pig research.

Keywords: Production, food consumption, raw material, nutrient, food industry

JEL Code: Q12 (Agricultural Production); Q13 (Agricultural and Food Markets); L66 (Food Industry).

Introducción

En la última década, la producción porcina en Ecuador ha alcanzado la capacidad de satisfacer la totalidad del mercado nacional y muestra una tendencia ascendente (Valverde Lucio et al., 2021). Esta expansión se atribuye al significativo aporte de esta actividad a la economía nacional, reflejado en altos niveles de producción y consumo, así como su relación con la sostenibilidad y productividad pecuaria (Thornton, 2010).

En este contexto, las empresas pecuarias recurren al diseño experimental para optimizar los factores y tratamientos que influyen en la calidad del producto (Rexroad et al., 2019). ElMaraghy et al. (2013) señala la necesidad imperante de minimizar la variabilidad en los procesos para mejorar la calidad de los productos o servicios. Es relevante destacar que la alimentación puede representar más del 75% de los costos en la producción de carne porcina (Godinho et al., 2018), y que la implementación de aceites esenciales en la dieta porcina reduce la fibra, mejora el rendimiento de la canal y disminuye el peso del intestino grueso antes de su comercialización (Asmus et al., 2014). Asimismo, se evalúa cuál tratamiento proporciona el mejor retorno económico en la producción porcina (Barrera Álvarez et al., 2023; Menezes Lima et al., 2020).

Por otro lado, investigaciones en el campo de las ciencias agropecuarias, a menudo incurren en el uso de diseños experimentales incorrectos, lo que conduce a resultados no confiables y a pérdidas económicas al replicar estos experimentos en diferentes localidades (Barrett & Carter, 2010; Hoshmand, 2018). Además, se enfrentan al reto de manejar un volumen alto de datos y una inversión considerable en campo (Jones et al., 2017).

A nivel global, se busca elevar los parámetros productivos sin comprometer la salud animal, especialmente en contextos donde el uso de medicamentos veterinarios ha generado residuos hormonales que alteran la calidad final de los productos cárnicos (Atta et al., 2022). La cría orgánica de cerdos no solo mejora la calidad de la carne y la grasa, sino que también promueve un estado anímico favorable y un crecimiento sostenido sin residuos en los subproductos (Ferrer et al., 2022).

En el ámbito experimental, se destaca el uso de diseños factoriales en cerdos bajo sistemas de producción intensiva, que permiten obtener resultados más precisos y facilitan la replicación de los experimentos en diferentes localidades (Shah, 2019). Sin embargo, aunque estos diseños pueden considerarse repetitivos, un mayor número de repeticiones garantiza una mejora en la calidad de los resultados (Lucas et al., 2024; Vermeer et al., 2014).

En este contexto, se plantea la hipótesis de que la utilización del diseño factorial para evaluar la adición de biopreparados en cerdos en etapa de levante mejorará significativamente la medición de variables productivas clave, como el peso, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Esta hipótesis se justifica por la necesidad de identificar tratamientos que optimicen la eficiencia productiva y económica en la industria porcina, contribuyendo así al desarrollo sostenible del sector en Ecuador y a la mejora continua de la calidad de los productos cárnicos. A partir de ello, se deriva el objetivo del estudio en medir los efectos principales de los factores aceites esenciales y concentración en función de las variables respuestas: peso, ganancia de peso, consumo de alimentos y conversión en cerdos levante

Revisión de literatura

La utilización del diseño factorial ha probado ser una metodología estadística eficaz para su aplicación en estudios donde múltiples factores inciden en los procesos agropecuarios (Oliveira et al., 2018). Se reconoce como una herramienta estadística de gran robustez, adecuada en cualquier contexto que requiera evaluar el impacto de variables explicativas sobre una variable de respuesta (Sauerbrei et al., 2007).

En estos estudios, se procede a la asignación aleatoria de todas las combinaciones posibles formadas por los niveles de los factores investigados (Ståhle y Wold, 1987). La inclusión de repeticiones en los experimentos se destaca como un valor estadístico crucial, vinculado con la precisión experimental y, a su vez, facilita la demostración de mejoras económicas al optimizar costos, especialmente en alimentación (Osaba et al., 2021)

Investigaciones han evidenciado que mediante el uso de diseños factoriales se obtienen mejoras en la conversión alimenticia y un aumento en la ganancia de peso (Gutiérrez León et al., 2017). Miles et al. (1981) reportaron diferencias significativas en la interacción de tratamientos, observadas en la quinta semana, tanto para la ganancia de peso como para la eficiencia de conversión. Se destacan también los efectos en los parámetros de crecimiento del peso de cerdos post-destete, con resultados significativos bajo condiciones de cría de campo y un período de engorde más corto comparado con el grupo de control (Rybarczyk et al., 2021). Además, se han registrado conversiones más eficientes de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable (Britt et al., 2003; Rius et al., 2010).

En el contexto internacional, se ha observado que el uso de aceites esenciales, como la canela y el orégano, en diferentes concentraciones mediante diseños experimentales factoriales, mejora la ganancia de peso y, por ende, el rendimiento productivo de los cerdos (Agudelo y Mesa-Granda, 2022). Lan et al. (2020) indicaron que las dietas naturales concentradas pueden sustituirse hasta en un 20% sin afectar negativamente el rendimiento de los cerdos, mostrando mejoras en el peso vivo, la ganancia diaria de peso y los valores de proteína bruta, entre otros indicadores económicos (Montenegro et al., 2019).

Respecto a los biopreparados en la alimentación de cerdos en etapa de levante, en Ecuador y otros países latinoamericanos se ha promovido el uso de promotores de crecimiento de origen vegetal como alternativa para optimizar el desarrollo en las granjas porcícolas. Estos biopreparados mejoran la calidad de las raciones, contribuyen a la salud intestinal y fomentan el desarrollo de indicadores productivos con un ahorro significativo de nutrientes (Naujokienė et al., 2022).

Además, se ha documentado que los aceites esenciales incrementan significativamente el peso y la ganancia de peso durante diversas semanas, presentando mejores resultados que los tratamientos convencionales en términos de conversión alimenticia y reducción de la mortalidad (Lee et al., 2020; Zeng et al., 2015). Estos biopreparados no solo mejoran el rendimiento en la carne procesada y el sistema inmunológico, sino que también influyen positivamente en las características fisicoquímicas y sensoriales de la carne (Lestingi, 2024; Lestingi et al., 2019). Con ello, se reducen los costos de producción y se agrega valor a residuos con potencial comercial, contribuyendo a la sostenibilidad y eficiencia de la industria porcina (Carmelo et al., 2020).

2.1 Relación de los Costos y Optimización en la Producción de Cerdos con Biopreparado

El modelo de producción de cerdos para granjas porcinas con biopreparado, se fundamenta en la reproducción, engorde y comercialización de porcinos para ser procesados en las diferentes industrias ecuatorianas mediante cumplimiento de estándares de calidad, reduciendo los costos y aumentando los beneficios (Granda et al., 2021). El uso de biopreparado permite ahorrar consumo de alimento, ganancia de peso, optimización del índice de conversión alimenticia y se mejora los procesos administrativos en las granjas porcinas (Baca & Ampuero, 2019). Además, mejora significativamente la ingesta media diaria de alimentos y la ganancia diaria promedio de peso (Shao et al., 2023). Incorpora propiedades, como los efectos antimicrobianos, antioxidativos y antiinflamatorios, la mejora de la palatabilidad de los piensos y la mejora en el crecimiento intestinal y la salud y facilitando el uso de aceites esenciales en la producción porcina (Omonijo et al., 2018). Desde el punto de vista económico y administrativos, Wells, (2023) detalla que los aceites esenciales tienen más oportunidades que se utilicen en la producción porcina comercial y en la medicina veterinaria. Finalmente, se minimiza los costos de producción,

incrementa la productividad, optimiza los procesos de producción y administrativos (Cayambe et al., 2022; Granda et al., 2021).

Materiales y Métodos

Este estudio se diseñó con el propósito medir los efectos principales de los factores aceites esenciales y concentración en función de las variables respuestas: peso, ganancia de peso, consumo de alimentos y conversión en cerdos levante, empleando un enfoque cuantitativo, experimental y correlacional. La investigación se desarrolló en un entorno controlado de granja porcina intensiva, con condiciones ambientales estandarizadas para minimizar la variabilidad externa y asegurar la fiabilidad de los resultados. El experimento se realizó en el Campus Universitarios de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, (ESPAM-MFL) en el área de agropecuaria, ubicada en la ciudad de Calceta sitio “El limón” situado geográficamente entre las coordenadas 0° 49’ 23” Latitud Sur; 80° 11’ 01” Longitud Oeste y una Altitud de 15 m.s.n.m.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo bifactorial, el cual es una metodología robusta para estudiar los efectos simultáneos de múltiples factores. Este diseño permite analizar las interacciones entre los factores estudiados, en este caso, el tipo de aceite esencial y su concentración, sobre las variables productivas. Se emplearon modelos lineales generales para el análisis de los datos.

La muestra estuvo constituida por 32 cerdos machos de la raza Landrace x Pietrain, seleccionados por su uniformidad en términos de peso inicial, edad, y condiciones de salud, para reducir la variabilidad experimental. Los animales se distribuyeron aleatoriamente en cuatro grupos de tratamiento, cada uno con ocho repeticiones. Los tratamientos incluyeron dos tipos de aceites esenciales (canela y orégano) y dos niveles de concentración (1% y 2%), replicando cada combinación para garantizar la precisión estadística y la capacidad de detección de diferencias significativas entre tratamientos.

La muestra estuvo constituida por 32 cerdos machos de la raza Landrace x Pietrain, seleccionados por su uniformidad en términos de peso inicial, edad, y condiciones de salud, para reducir la variabilidad experimental. Los animales se distribuyeron aleatoriamente en cuatro grupos de tratamiento, cada uno con ocho repeticiones. Los tratamientos incluyeron dos tipos de aceites esenciales (canela y orégano) y dos niveles de concentración (1% y 2%), replicando cada combinación para garantizar la precisión estadística y la capacidad de detección de diferencias significativas entre tratamientos.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk(1)}$$

Donde Y_{ijk} representa la observación del tipo de aceite y su concentración, μ es la media general, A_i y B_j son los efectos de los tipos de aceite y sus concentraciones, AB_{ij} es la interacción entre ellos, y ε_{ijk} es el error experimental.

Para determinar la significancia de los efectos principales y las interacciones, se aplicó el test de Fisher. Posteriormente, se realizaron comparaciones múltiples entre los tratamientos utilizando la prueba de Tukey para la Honest Significant Difference (HSD), la cual se calcula como:

$$\omega = q_{\alpha}(a, v) \sqrt{\frac{CME}{n_g}} \quad (2)$$

Donde α es el número de tratamientos, v los grados de libertad, ng el número de observaciones por nivel, y $q\alpha$ el valor crítico de rangos estandarizados.

Se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, esenciales para la validez de los análisis estadísticos. La normalidad de los residuos se evaluó mediante la prueba de Ryan-Joiner, mientras que la homogeneidad de varianzas entre tratamientos se verificó con la prueba de Bartlett. Ambas pruebas confirmaron que los datos cumplían con los supuestos necesarios para la aplicación del modelo lineal general.

El manejo de los animales se llevó a cabo bajo condiciones estrictamente controladas, siguiendo protocolos estandarizados para la alimentación, cuidado sanitario, y monitoreo ambiental, lo que garantizó la minimización de factores de confusión. La recolección de datos se realizó de manera sistemática y rigurosa, permitiendo una evaluación precisa del efecto de los aceites esenciales sobre las variables productivas estudiadas.

Resultados y discusión

En este apartado se analizan los efectos de los aceites esenciales y sus concentraciones sobre las variables de respuesta, como el peso, la ganancia de peso, el consumo de alimentos y la conversión alimenticia en cerdos en etapa de levante, empleando un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial. Se realizó un análisis factorial 2x2 para evaluar los impactos de los aceites esenciales en distintas concentraciones sobre el peso de los cerdos durante las siete semanas del experimento.

Tabla 1.
Análisis factorial del peso semanal en Cerdos con DCA

Variable dependiente		Análisis de componentes principales				
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Peso cerdos levante-semana 0	FACTOR A	1	0,3630	0,3630	2,40	0,132
	FACTOR B	1	0,1431	0,1431	0,95	0,339
	FACTOR A*B	1	0,0000	0,0000	0,00	1,000
	Error	28	4,2264	0,150946		
	Total	31	4,7325			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Peso cerdos levante-semana 1	FACTOR A	1	0,5534	0,5534	3,46	0,073
	FACTOR B	1	0,0648	0,0648	0,40	0,530
	FACTOR A*B	1	0,0000	0,0000	0,00	1,000
	Error	28	4,4806	0,1600		
	Total	31	5,0988			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Peso cerdos levante-semana 2	FACTOR A	1	0,5534	0,5534	3,98	0,056
	FACTOR B	1	0,1405	0,1405	1,01	0,323
	FACTOR A*B	1	0,0000	0,0000	0,00	1,000
	Error	28	3,8911	0,1390		
	Total	31	4,5849			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Peso cerdos levante-semana 3	FACTOR A	1	0,5534	0,5534	2,260	0,144
	FACTOR B	1	0,1058	0,1058	0,430	0,516
	FACTOR A*B	1	0,0000	0,0000	0,000	1,000
	Error	28	6,8454	0,2445		
	Total	31	7,5046			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Peso cerdos evante-semana 4	FACTOR A	1	0,5534	0,5534	1,54	0,224
	FACTOR B	1	0,1058	0,1058	0,30	0,591
	FACTOR A*B	1	0,0000	0,0000	0,00	1,000
	Error	28	10,0366	0,3585		
	Total	31	10,6958			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Peso cerdos levante-semana 5	FACTOR A	1	0,5534	0,5534	6,23	0,019
	FACTOR B	1	0,0421	0,0421	0,47	0,497
	FACTOR A*B	1	0,0000	0,0000	0,00	1,000
	Error	28	2,4874	0,0888		
	Total	31	3,0828			

	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Peso cerdos levante-semana 6	FACTOR A	1	0,5534	0,5534	5,31	0,029
	FACTOR B	1	0,2048	0,2048	1,96	0,172
	FACTOR A*B	1	0,0000	0,0000	0,00	1,000
	Error	28	2,9192	0,1043		
	Total	31	3,6773			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Peso cerdos levante-semana 7	FACTOR A	1	0,5534	0,5534	11,93	0,002
	FACTOR B	1	0,1301	0,1301	2,80	0,105
	FACTOR A*B	1	0,0000	0,0000	0,00	1,000
	Error	28	1,2983	0,0464		
	Total	31	1,9817			

Fuente: elaboración propia (2024)

El análisis de los datos en la Tabla 1 destaca diferencias significativas en el peso de los cerdos en función de los tratamientos aplicados, especialmente debido al Factor A, que representa diversos tipos de aceites esenciales. A lo largo de siete semanas, se observó que el impacto de los aceites esenciales en el peso de los cerdos se intensifica con el tiempo, especialmente hacia las últimas semanas, sugiriendo un efecto acumulativo.

Inicialmente, en la semana cero, los efectos de los tipos de aceites esenciales en el peso inicial de los cerdos no fueron estadísticamente significativos (Valor $F= 2,40$, $p = 0,132$), indicando que las variaciones iniciales en el peso no estaban directamente relacionadas con los tratamientos aplicados. En las semanas uno y dos, aunque se observa un aumento en el valor F , los valores de p siguen siendo demasiado altos para descartar la hipótesis nula de que los tipos de aceites esenciales no afectan significativamente el peso.

Sin embargo, un cambio notable ocurre en la semana cinco, con un valor F de 6,23 y un valor p de 0,019 para el Factor A, lo que indica un efecto significativo de los aceites esenciales en el peso de los cerdos con un 95% de confianza. Esta tendencia se intensifica aún más en las semanas seis y siete, culminando en la semana siete con un valor F de 11,93 y un valor p de 0,002, confirmando un efecto considerablemente positivo y robusto de los aceites esenciales hacia el final del estudio.

Los resultados relacionados con el Factor B, que evalúa el nivel de concentración de los aceites, así como la interacción entre los Factores A y B (Factor A*B), no indicaron una influencia significativa en ninguna semana. Esto implica que, aunque el tipo de aceite esencial tiene un impacto claro, la concentración de estos no altera significativamente el peso de los cerdos, ni existe una interacción estadísticamente relevante entre el tipo y la concentración del aceite.

Este patrón de resultados es consistente con la literatura existente, que subraya la eficacia de ciertos aceites esenciales en promover el crecimiento en animales de producción, posiblemente por mejorar la digestibilidad y la absorción de nutrientes (Simitzis, 2017). Sin embargo, estudios como los de Hong et al. (2012) sugieren que la efectividad de los aceites esenciales podría estar más relacionada con su composición química específica que con la concentración utilizada, resaltando la importancia de seleccionar el tipo adecuado de aceite esencial para maximizar los beneficios en programas de crecimiento animal.

A continuación, el diseño factorial con arreglo factorial (DCA) no evidencio diferencia significativa para la variable de medición ganancia de peso/semana en cerdos levante, durante la 7 semana que duró el experimento en campo, (tabla 2) a través del test de Fisher al 5% de significancia, se evidencia que los promedios de ganancias de peso en los diferentes tratamientos no tienen diferencias de medias.

Tabla 2.

Factores que afectan la ganancia de peso en cerdos jóvenes usando DCA

Variable dependiente		Análisis de factores principales				
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ganancia de peso cerdos levante-semana 1	FACTOR A	1	0,0351	0,0350	0,31	0,585
	FACTOR B	1	0,0349	0,0349	0,30	0,585
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0033	0,0033	0,03	0,867
	Error	28	3,2076	0,1146		
	Total	31	3,2808			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ganancia de peso cerdos levante-semana 2	FACTOR A	1	0,0031	0,0031	0,02	0,893
	FACTOR B	1	0,0886	0,0886	0,53	0,473
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0604	0,0604	0,36	0,553
	Error	28	4,6836	0,1673		
	Total	31	4,8356			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ganancia de peso cerdos levante-semana 3	FACTOR A	1	0,0451	0,0451	0,28	0,602
	FACTOR B	1	0,0188	0,0188	0,12	0,736
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0403	0,0403	0,25	0,622
	Error	28	4,5265	0,1617		
	Total	31	4,6306			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ganancia de peso cerdos levante-semana 4	FACTOR A	1	0,1653	0,1653	1,69	0,204
	FACTOR B	1	0,0865	0,0865	0,89	0,354
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0882	0,0882	0,90	0,350
	Error	28	2,7319	0,0976		
	Total	31	3,0719			

		Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ganancia de peso cerdos levante-semana 5		FACTOR A	1	0,1133	0,1133	0,35	0,560
		FACTOR B	1	0,0004	0,0004	0,00	0,973
		FACTOR A*FACTOR B	1	0,0305	0,0305	0,09	0,762
		Error	28	9,1133	0,3255		
		Total	31	9,2575			
		Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ganancia de peso cerdos levante-semana 6		FACTOR A	1	0,0237	0,0237	0,14	0,713
		FACTOR B	1	0,0002	0,0002	0,00	0,976
		FACTOR A*FACTOR B	1	0,0553	0,0553	0,32	0,575
		Error	28	4,8042	0,1716		
		Total	31	4,8833			
		Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ganancia de peso cerdos levante-semana 7		FACTOR A	1	0,0413	0,0413	0,31	0,585
		FACTOR B	1	0,0167	0,0167	0,12	0,729
		FACTOR A*FACTOR B	1	0,0488	0,0488	0,36	0,553
		Error	28	3,7936	0,1355		
		Total	31	3,9004			
		Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ganancia de peso cerdos levante-Final		FACTOR A	1	0,0026	0,0026	0,01	0,915
		FACTOR B	1	0,0253	0,0253	0,11	0,739
		FACTOR A*FACTOR B	1	0,0221	0,0221	0,10	0,756
		Error	28	6,2837	0,2244		
		Total	31	6,3337			

Fuente: elaboración propia (2024)

El análisis de la Tabla 2 revela información crucial sobre el impacto de factores como el tipo de aceite esencial (Factor A) y su concentración (Factor B), además de la interacción entre ambos (Factor A*B), en la ganancia de peso de cerdos durante las etapas iniciales de crecimiento. A lo largo de las siete semanas del estudio, los valores de *F* y *p* no indican efectos estadísticamente significativos en la ganancia de peso, con valores de *p* superiores a 0.2 en las primeras semanas y valores de *F* bajos hasta la semana 7.

Esta constante ausencia de significancia estadística sugiere que ni el tipo ni la concentración de aceite esencial influyen de manera decisiva en la ganancia de peso bajo las condiciones y duración del estudio evaluado. Además, la interacción entre estos factores tampoco muestra impacto significativo, con valores de *p* cercanos o iguales a 1.0.

Estos hallazgos son consistentes con investigaciones anteriores que han evaluado la eficacia de los aceites esenciales en la alimentación porcina. Según Cobellis et al. (2016), la respuesta variable a los aceites esenciales podría relacionarse con factores como la raza de los animales, las condiciones ambientales y la composición química específica de los aceites, lo que podría explicar la falta de efectos notables en este estudio.

Tabla 3.

Factores que afectan el consumo de alimento en cerdos jóvenes usando DCA

Variable dependiente		Análisis de factores principales				
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Consumo de alimento cerdos levante-semana 1	FACTOR A	1	0,1009	0,1009	3,95	0,057
	FACTOR B	1	0,0114	0,0114	0,45	0,510
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0010	0,0010	0,04	0,844
	Error	28	0,7144	0,0255		
	Total	31	0,8277			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Consumo de alimento cerdos levante-semana 2	FACTOR A	1	0,1150	0,1150	4,76	0,038
	FACTOR B	1	0,0733	0,0733	3,04	0,092
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0000	0,0000	0,000	0,996
	Error	28	0,6759	0,0241		
	Total	31	0,8642			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Consumo de alimento cerdos levante-semana 3	FACTOR A	1	0,1230	0,1230	5,92	0,022
	FACTOR B	1	0,0253	0,0253	1,22	0,279
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0000	0,0000	0,00	1,000
	Error	28	0,5819	0,0208		
	Total	31	0,7303			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Consumo de alimento cerdos levante-semana	FACTOR A	1	0,1510	0,1510	16,10	0,000
	FACTOR B	1	0,0000	0,0000	0,00	0,974
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0007	0,0007	0,07	0,789
	Error	28	0,2625	0,0094		
	Total	31	0,4142			

	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Consumo de alimento cerdos levante-semana	FACTOR A	1	0,1230	0,1230	5,36	0,028
	FACTOR B	1	0,0162	0,0162	0,71	0,408
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0000	0,0000	0,00	1,000
	Error	28	0,6421	0,0229		
	Total	31	0,7813			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Consumo de alimento cerdos levante-semana 6	FACTOR A	1	0,1230	0,1230	6,77	0,015
	FACTOR B	1	0,0523	0,0523	2,88	0,101
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0000	0,0000	0,00	1,000
	Error	28	0,5090	0,0182		
	Total	31	0,6844			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Consumo de alimento cerdos levante-semana 7	FACTOR A	1	0,1230	0,1230	6,70	0,015
	FACTOR B	1	0,1688	0,1688	9,19	0,005
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0000	0,0000	0,00	1,000
	Error	28	0,5141	0,0184		
	Total	31	0,8059			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Consumo de alimento cerdos levante-Final	FACTOR A	1	5,9936	5,9936	70,40	0,000
	FACTOR B	1	0,0077	0,0077	0,09	0,766
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0000	0,0000	0,00	0,987
	Error	28	2,3839	0,0851		
	Total	31	8,3852			

Fuente: elaboración propia (2024)

El análisis de la Tabla 3 sobre el impacto de diversos factores en el consumo de alimento de cerdos en etapa de levante revela patrones significativos a lo largo de varias semanas del estudio. Durante la primera semana, el Factor A, que representa diferentes tipos de aceites esenciales, exhibió un valor F de 3,95 con un valor p de 0,057, indicando un posible efecto sobre el consumo de alimento, aunque no concluyente. A medida que progresó el estudio, este factor mostró una influencia crecientemente significativa, con un valor F ascendente hasta alcanzar 5,92 y un valor p de 0,022 en la tercera semana, señalando un efecto estadísticamente significativo en el incremento del consumo de alimento.

El efecto del Factor A se consolidó en la cuarta semana con un valor F de 16,10 y un valor p extremadamente bajo de 0,000, corroborando un impacto robusto del tipo de aceite esencial en el consumo de alimento. Este patrón se mantuvo en semanas subsiguientes, afirmando la influencia significativa del tipo de aceite esencial sobre el consumo de alimentos hasta la conclusión del estudio en la semana siete.

Por otro lado, el Factor B, que evalúa la concentración del aceite esencial, mostró un impacto menos consistente y en su mayoría no significativo en el consumo de alimento hasta la semana siete, donde emergió con un valor F de 9,19 y un valor p de 0,005. Esto sugiere que solo concentraciones elevadas de aceites esenciales pueden comenzar a influir significativamente en el consumo de alimento tras un período prolongado de exposición.

La interacción entre los Factores A y B (Factor A*Factor B) no demostró tener un efecto significativo en ninguna semana del estudio, con valores de p cercanos o iguales a 1,000, indicando la ausencia de efectos sinérgicos adicionales entre el tipo y la concentración del aceite en el consumo de alimento.

Estos resultados están en consonancia con estudios previos como los de Zhai et al. (2018), que han observado que ciertos aceites esenciales pueden mejorar la palatabilidad y, consecuentemente, la ingesta de alimento en cerdos jóvenes bajo condiciones específicas. Sin embargo, como señalan Mariotti et al. (2022) la efectividad de los aceites esenciales puede variar ampliamente dependiendo de factores adicionales como la formulación del alimento, la raza de los animales y las condiciones ambientales de crianza, lo que subraya la complejidad de su impacto en la alimentación animal.

Tabla 4.

Análisis factorial de la conversión alimenticia en cerdos jóvenes usando DCA

Variable dependiente		Análisis de factores principales				
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Conversión alimento cerdos levante-semana 1	FACTOR A	1	0,0007	0,0006	0,01	0,924
	FACTOR B	1	0,0224	0,0224	0,32	0,575
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0006	0,0006	0,01	0,927
	Error	28	1,9454	0,0695		
	Total	31	1,9690			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Conversión alimento cerdos levante-semana 2	FACTOR A	1	0,0021	0,0021	0,11	0,747
	FACTOR B	1	0,0001	0,0001	0,01	0,936
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0049	0,0049	0,25	0,623
	Error	28	0,5532	0,0198		
	Total	31	0,5603			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Conversión alimento cerdos levante-semana 3	FACTOR A	1	0,0190	0,0190	1,14	0,295
	FACTOR B	1	0,0000	0,0000	0,00	0,960
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0046	0,0046	0,28	0,603
	Error	28	0,4671	0,0167		
	Total	31	0,4907			

	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Conversión alimento cerdos levante-semana 4	FACTOR A	1	0,0065	0,0065	0,47	0,496
	FACTOR B	1	0,0152	0,0152	1,11	0,300
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0171	0,0171	1,25	0,273
	Error	28	0,3816	0,0136		
	Total	31	0,4203			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Conversión alimento cerdos levante-semana 5	FACTOR A	1	0,0230	0,0230	0,79	0,380
	FACTOR B	1	0,0006	0,0006	0,02	0,888
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0024	0,0024	0,08	0,774
	Error	28	0,8112	0,0290		
	Total	31	0,8372			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Conversión alimento cerdos levante-semana 6	FACTOR A	1	0,0004	0,0004	0,04	0,845
	FACTOR B	1	0,0017	0,0017	0,15	0,698
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0035	0,0035	0,31	0,581
	Error	28	0,3133	0,0112		
	Total	31	0,3189			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Conversión alimento cerdos levante-semana 7	FACTOR A	1	0,0127	0,0127	1,00	0,326
	FACTOR B	1	0,0081	0,0081	0,64	0,431
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0038	0,0038	0,30	0,591
	Error	28	0,3566	0,0127		
	Total	31	0,3812			
	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Conversión alimento cerdos levante-Final	FACTOR A	1	0,0057	0,0057	9,47	0,005
	FACTOR B	1	0,0000	0,0000	0,03	0,866
	FACTOR A*FACTOR B	1	0,0000	0,0000	0,08	0,779
	Error	28	0,0168	0,0006		
	Total	31	0,0225			

Fuente: elaboración propia (2024)

El análisis de la Tabla 4 explora el impacto de diferentes factores en la eficiencia con la que los cerdos jóvenes convierten el alimento en masa corporal, evaluando el tipo de aceite esencial (Factor A), su concentración (Factor B) y la interacción entre ambos (Factor A*Factor B) a lo largo de siete semanas. Los resultados iniciales, desde la semana 1 hasta la 4, indican que ni el tipo ni la concentración del aceite esencial afectan significativamente la conversión alimenticia, con valores de *p* consistentemente superiores a 0.2.

Sin embargo, un cambio significativo se observa en la semana final, donde el Factor A muestra un valor F de 9.47 y un valor p de 0.005, lo que señala un impacto notable del tipo de aceite esencial en la eficiencia de la conversión alimenticia al final del estudio. Esto sugiere que los beneficios de los aceites esenciales en la conversión alimenticia pueden manifestarse después de un período de acumulación o adaptación.

Por otro lado, tanto la interacción entre los Factores A y B como el Factor B por sí solo no muestran efectos significativos en ningún momento del estudio, implicando que la concentración del aceite esencial y su combinación con el tipo no alteran la eficiencia de conversión de manera significativa.

Estos hallazgos resuenan con estudios anteriores, como los mencionados por Freeman et al. (2011) que reconocen la variabilidad en la respuesta a los suplementos dietéticos, dependiendo de factores específicos del animal y las condiciones ambientales. Almeida et al. (2023) también subraya que el impacto de los aceites esenciales puede no ser inmediato y podría estar influenciado por dosificaciones acumulativas, resaltando la importancia de considerar la duración y la cantidad de la exposición a estos compuestos.

Tabla 5.
Comparación de tratamientos y peso en cerdos mediante Test de Tukey

T0	Pesos en kilogramos de cerdos en levante durante las Semanas del experimento																
	n	0	CV	1	CV	2	CV	3	CV	4	CV	5	CV	6	CV	7	CV
A2	16	13,15a	2,90	15,35a	2,53	19,04a	1,92	23,29a	2,07	27,57a	2,11	32,69a	0,89	38,69a	1,13	44,70a	0,49
A1	16	12,94a	2,95	15,09a	2,58	18,78a	1,95	23,03a	2,05	27,31a	2,13	32,42b	0,90	38,43b	0,63	44,44b	0,49
B2	16	13,12a	2,34	15,26a	3,41	18,98a	2,55	23,22a	2,22	27,50a	2,52	32,59a	0,63	38,64a	1,13	44,62a	0,46
B1	16	12,98a	2,60	15,18a	1,67	18,85a	1,32	23,10a	2,07	27,38a	1,73	32,52a	1,23	38,48a	0,63	44,51a	0,64
RJ	32	>0,100		0,010		>0,100		0,010		0,010		0,010		0,010		0,010	
Bartlett	32	0,799		0,036		0,055		0,993		0,556		0,023		0,010		0,408	

Fuente: elaboración propia (2024)

El estudio representado en la Tabla 5 investiga el impacto de distintos tratamientos con aceites esenciales sobre el aumento de peso en cerdos durante su fase de levante, analizando las variaciones semanales a lo largo del experimento. Los tratamientos, identificados como A2, A1, B2 y B1, abarcan diversas formulaciones y concentraciones de aceites esenciales. Se observó que todos los grupos mostraron incrementos significativos en el peso desde la semana inicial hasta la semana 7, con el grupo A2, por ejemplo, aumentando de 13.15 kg a 44.70 kg.

El Test de Tukey aplicado indica que, salvo algunas excepciones en las últimas semanas, no existen diferencias estadísticamente significativas entre la mayoría de los tratamientos. Específicamente, las semanas 6 y 7 mostraron que A2 fue más efectivo que A1, sugiriendo que ciertas formulaciones podrían ser preferibles para fases específicas del crecimiento.

Los coeficientes de variación (CV) demuestran una disminución de la dispersión del peso a medida que los animales maduran, lo que puede reflejar una estabilización en su crecimiento debido a la adaptación a los tratamientos o al alcance de su potencial genético. Además, las pruebas de Bartlett y Ryan-Joiner confirmaron la adecuación de los datos para el análisis estadístico, aunque se notaron algunas heterogeneidades de varianzas y desviaciones de la normalidad en momentos específicos.

Estos hallazgos están alineados con la literatura existente, como los trabajos de Yan et al. (2010) y Su et al. (2020), que destacan la influencia de los factores nutricionales, incluidos los aceites

esenciales, en el rendimiento productivo de los cerdos. La variabilidad en las respuestas también sugiere que la efectividad de los suplementos puede depender de la dosis y la formulación específica utilizada, lo que resalta la importancia de optimizar estos aspectos en los regímenes alimenticios para maximizar los beneficios de crecimiento.

Tabla 6.
Comparación de tratamientos y ganancia de peso en cerdos jóvenes

T0	Ganancia de pesos en cerdos levante durante las semanas del experimento																
	n	1	CV	2	CV	3	CV	4	CV	5	CV	6	CV	7	CV	Final	CV
A2	16	2,23a	16,94	3,70a	6,94	4,29a	11,18	4,29a	6,63	5,22a	8,57	6,01a	6,28	6,08a	4,91	31,58a	1,56
A1	16	2,16a	15,44	3,68a	16,89	4,21a	9,65	4,15a	11,20	5,10a	13,75	5,95a	7,45	6,01a	7,30	31,56a	1,30
B2	16	2,23a	14,67	3,74a	4,66	4,28a	9,70	4,27a	5,29	5,17a	6,05	5,98a	6,61	6,07a	4,61	31,60a	1,71
B1	16	2,16a	14,31	3,63a	11,13	4,23a	6,52	4,17a	5,36	5,16a	13,69	5,98a	7,31	6,02a	7,00	31,54a	1,39
RJ	32	>0,100		0,045		>0,100		>0,056		>0,083		>0,100		>0,100		0,030	
Bartlett	32	0,974		0,007		0,564		0,202		0,135		0,967		0,519		0,899	

Fuente: elaboración propia (2024)

La Tabla 6 analiza cómo diversos tratamientos nutricionales influyen en la ganancia de peso semanal de cerdos. Estos tratamientos, que varían en formulación y concentración de aceites esenciales (A2, A1, B2, B1), muestran incrementos de peso consistentes a lo largo del experimento sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos, lo que indica una eficacia similar en la promoción del crecimiento.

Los coeficientes de variación (CV) reflejan una variabilidad relativa estable en la ganancia de peso, sin indicios de inconsistencias significativas entre las condiciones de tratamiento. Además, las pruebas de Bartlett y Ryan-Joiner confirman la adecuación de los datos para análisis estadísticos, mostrando homogeneidad de varianzas y distribuciones normales en la mayoría de los casos.

Estos resultados corroboran estudios previos que reconocen el potencial de los aceites esenciales para mejorar el crecimiento en cerdos mediante la optimización de la eficiencia alimenticia y la salud general (Omonijo et al., 2018; Stevanović et al., 2018). La falta de diferencias marcadas entre las formulaciones y concentraciones examinadas sugiere que los aceites esenciales son efectivos, pero su impacto no varía significativamente entre las dosis probadas, lo que apunta a la necesidad de futuras investigaciones para explorar rangos de dosificación más amplios y sus efectos específicos.

Tabla 7.
Comparación de tratamientos y consumo de alimentos en cerdos jóvenes

T0	Consumo de alimentos en cerdos levante durante las semanas del experimento																
	n	1	CV	2	CV	3	CV	4	CV	5	CV	6	CV	7	CV	Final	CV
A2	16	3,75a	4,50	4,76a	2,75	5,76a	2,66	6,67a	1,30	7,72a	1,69	8,89a	1,90	10,30a	1,46	47,86a	0,59
A1	16	3,64a	4,68	4,64b	3,82	5,64b	2,45	6,54b	1,54	7,59b	2,26	8,76b	1,07	10,18b	1,18	46,99b	0,67
B2	16	3,71a	3,40	4,75a	2,65	5,73a	2,6	6,60b	1,48	7,68a	1,66	8,87a	1,88	10,31a	1,44	47,44a	0,61
B1	16	3,67a	4,59	4,65b	3,76	5,67b	2,39	6,60b	1,52	7,63b	2,23	8,78b	1,05	10,17b	1,17	47,41a	0,60
RJ	32	>0,100		>0,100		>0,100		>0,100		0,016		>0,100		>0,100		>0,100	
Bartlett	32	0,857		0,646		0,990		0,968		0,783		0,252		0,884		0,988	

Fuente: elaboración propia (2024)

La Tabla 7 investiga el efecto de diversas formulaciones y concentraciones de tratamientos sobre el consumo de alimentos en cerdos durante varias semanas. Los tratamientos, identificados como A2, A1, B2 y B1, evidencian impactos sutiles pero significativos en el consumo alimenticio, revelados a través de diferencias estadísticas marcadas con las letras ‘a’ y ‘b’ en el Test de Tukey.

El análisis revela incrementos constantes en el consumo de alimentos desde la primera hasta la última semana del experimento, con variaciones en la ingesta entre los tratamientos que sugieren diferencias en palatabilidad o aceptación. La consistencia en estos resultados se refleja en los bajos coeficientes de variación, indicando una respuesta uniforme de los cerdos a los tratamientos a lo largo del tiempo. Además, las pruebas de Ryan-Joiner y Bartlett corroboran la normalidad y homogeneidad de las varianzas, asegurando la validez estadística del análisis.

Estos hallazgos respaldan investigaciones previas que resaltan cómo la composición específica de los tratamientos puede alterar significativamente el consumo de alimentos en animales de producción (Angelakis, 2017). La respuesta diferencial entre los tratamientos apunta a la importancia de optimizar las formulaciones dietéticas para mejorar la eficiencia alimenticia y el bienestar en cerdos, enfatizando la relevancia de la palatabilidad y la aceptación sensorial en la eficacia de los regímenes alimenticios.

Tabla 8.
Comparación de tratamientos y conversión alimenticia en cerdos jóvenes

T0	Conversión de alimentos en cerdos levante durante las semanas del experimento																
	n	1	CV	2	CV	3	CV	4	CV	5	CV	6	CV	7	CV	Final	CV
A2	16	1,72a	19,45	1,30a	9,79	1,37a	10,61	1,56a	7,77	1,52a	8,09	1,49a	6,45	1,72a	5,53	1,52a	1,84
A1	16	1,71a	13,22	1,28a	14,89	1,33a	10,21	1,58a	9,41	1,47a	15,93	1,48a	7,70	1,68a	7,91	1,48b	1,23
B2	16	1,74a	16,69	1,29a	6,90	1,35a	9,93	1,59a	6,14	1,50a	5,87	1,49a	6,55	1,71a	4,96	1,50a	2,03
B1	16	1,69a	11,22	1,29a	10,67	1,35a	7,23	1,55a	5,58	1,49a	12,90	1,47a	7,72	1,68a	7,75	1,50a	1,27
RJ	32	>0,100		>0,100		>0,100		>0,082		0,045		>0,100		>0,100		0,010	
Bartlett	32	0,568		0,296		0,800		0,453		0,068		0,932		0,586		0,465	

Fuente: elaboración propia (2024)

La Tabla 8 examina cómo distintas formulaciones y concentraciones de tratamientos nutricionales afectan la eficiencia en la conversión de alimentos en cerdos a lo largo de varias semanas. Los tratamientos, etiquetados como A2, A1, B2, y B1, fueron analizados para observar sus efectos sobre la conversión alimenticia desde la semana 1 hasta la finalización del estudio.

A lo largo del experimento, los datos muestran que todos los tratamientos mantuvieron una conversión alimenticia eficiente y consistente, como lo demuestran las letras ‘a’ y ‘b’ que indican diferencias no significativas entre la mayoría de los tratamientos en la mayoría de las semanas, según el Test de Tukey. Sin embargo, hacia la semana final, el tratamiento A1 mostró una ligera disminución en la eficiencia (etiquetado con ‘b’), sugiriendo una diferencia en la conversión alimenticia comparado con el resto, que podría atribuirse a variaciones en la formulación del tratamiento.

Los coeficientes de variación (CV) son indicativos de la estabilidad en la conversión de alimentos entre los cerdos tratados, con variaciones menores que sugieren una consistente respuesta a los tratamientos. Estos bajos CV refuerzan la fiabilidad de los tratamientos en términos de mantener una eficacia constante a lo largo del tiempo.

Las pruebas de Ryan-Joiner y Bartlett fueron utilizadas para confirmar la normalidad y la homogeneidad de las varianzas, respectivamente. Los resultados de estas pruebas muestran que los datos generalmente cumplen con los requisitos estadísticos para un análisis fiable, con algunas excepciones que no comprometen la validez general del estudio.

Los hallazgos están en línea con estudios previos que resaltan la importancia de la composición del tratamiento en la eficiencia alimenticia en animales de producción (Gardiner et al., 2020). El hecho de que los tratamientos no muestren diferencias significativas en su mayoría sugiere que las formulaciones utilizadas son igualmente efectivas, aunque es crucial considerar ajustes en la formulación o concentración para maximizar la eficiencia.

En definitiva, este artículo examina el efecto del diseño factorial para medir la alimentación de biopreparados en cerdos en etapa de levante en una granja porcina en la zona costa de Manabí en Ecuador. Los factores aceites esenciales y concentración en función de las variables resultados; peso, ganancia de peso, consumo de alimentos y conversión en las diferentes semanas de alimentación, demostraron significancias estadísticas. Además, estas variables están correlacionadas y se mueven de forma similar a través del modelo lineal estocástico.

Tabla 9.
Análisis económico de los tratamientos

Variables	TRATAMIENTOS			
	Aceite de Canela 1%	Aceite de Canela 2%	Aceite de Orégano 1%	Aceite de Orégano 2%
INGRESOS				
Ganancia de peso promedio (Kg)	31,619	31,510	31,584	31,581
Costo Kg carne	2,25	2,25	2,25	2,25
TOTAL, INGRESOS	71,14	70,90	71,06	71,06
EGRESOS				
Balanceado	32,00	32,00	32,00	32,00
Mano de obra	10,00	10,00	10,00	10,00

Adecuación de Galpones	10,00	10,00	10,00	10,00
Aceite de Orégano	0,00	0,00	2,00	3,00
Aceite de Canela	2,20	4,40	0,00	0,00
Desparasitación	1,00	1,00	2,20	4,40
Vitaminización	1,60	1,60	1,60	1,60
Materiales de identificación	1,67	1,67	1,67	1,67
TOTAL, EGRESOS	58,47	60,67	59,47	62,67
BENEFICIO/COSTO	1,22	1,17	1,19	1,13

Fuente: elaboración propia (2024)

El análisis económico de esta investigación considera los egresos determinados por los costos de producción de los tratamientos y los ingresos que benefician con la venta de los cerdos que se capturan en la tabla 9, obteniendo así, los mejores ingresos por parte del T1 donde la variable beneficio/costo reporta 1,22 USD, lo que quiere decir, que por cada dólar invertido en la incorporación de aceite de canela se obtiene un beneficio de 0,22 USD, seguido del T3 con un Costo/Beneficio de 1,19 UDS; luego el T2 con un retorno de 0,17 USD y por último el T4 con un beneficio de 0,13 USD. En definitiva, los mayores beneficios económicos se visualizan con los aceites esenciales, canela y orégano al 1%, permitiendo obtener los mejores económico (Cayambe et al., 2022; Granda et al., 2021). La importancia de hecho radica en que, según la literatura de alimentación con aceite esenciales en cerdos (biopreparados) y en otros procesos pecuarios, provoca un aumento en las variables de producción, reducción costes y por defecto mejora la rentabilidad de las empresas de este sector económico. Ecuador es un país productor de alimentos, y este es uno de sus principales sectores económicos y de exportación. A la luz de los datos, esta zona de Ecuador está en pleno proceso de cambio en la alimentación con biopreparados en cerdos.

Esta es una de las principales limitaciones de este estudio, ya que al ser solo una zona del país y tener factores diferentes en los procesos de alimentación en función de la región estudiada, habría que repetir el experimento en otras zonas para confirmar que todo el país se encuentra en el mismo proceso de alimentación con aceites esenciales. Como futuras líneas de investigación, se realizará el experimento en otras zonas del país productora de cerdos y se relacionará otras variables con la producción, como la alimentación con biopreparados; canela, jengibre y cúrcuma, menta, romero, lavanda, manzanilla y eucalipto, entre otras variables.

Conclusión

Este estudio se centró en evaluar los efectos de diferentes tipos y concentraciones de aceites esenciales sobre variables productivas clave en cerdos durante la etapa de levante, tales como el peso corporal, la ganancia de peso, el consumo de alimentos y la conversión alimenticia. Los hallazgos indican que los aceites esenciales, en particular el aceite de orégano al 2%, ejercen un impacto positivo en el incremento del peso corporal de los cerdos, con un efecto acumulativo que se hace más evidente hacia las etapas finales del experimento. Este resultado sugiere que la incorporación de aceites esenciales en la dieta porcina podría ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento productivo a largo plazo, especialmente en sistemas de producción intensiva.

No obstante, los aceites esenciales no mostraron un impacto estadísticamente significativo en la ganancia de peso semanal, lo que plantea la necesidad de considerar factores adicionales como la composición dietética global, la salud intestinal, o incluso la genética del animal para maximizar los

beneficios de estos compuestos. Estos resultados indican que los aceites esenciales podrían desempeñar un papel más complementario que central en la promoción del crecimiento semanal, siendo su principal beneficio observable a lo largo de un ciclo de producción más prolongado.

En cuanto al consumo de alimentos, se detectó una respuesta diferenciada al tipo de aceite esencial desde la tercera semana, lo que sugiere que los aceites esenciales pueden influir en la palatabilidad y en la eficiencia del consumo alimenticio. Sin embargo, la concentración del aceite solo mostró un impacto significativo en las etapas finales del estudio, indicando que los efectos dependientes de la dosis pueden requerir una acumulación prolongada en el organismo del animal para ser plenamente efectivos.

Respecto a la conversión alimenticia, el estudio reveló que, aunque los aceites esenciales no tuvieron un impacto significativo en la mayor parte del período experimental, se observó un efecto positivo notable en la última semana. Esto sugiere que los beneficios de los aceites esenciales en la conversión alimenticia pueden depender de su acumulación en el organismo, lo que podría implicar que estos compuestos son más efectivos cuando se integran como parte de una estrategia alimentaria a largo plazo, en lugar de esperar resultados inmediatos.

Los resultados de este estudio tienen importantes implicaciones prácticas para la industria porcina. La evidencia de que los aceites esenciales, particularmente el orégano al 2%, pueden mejorar el rendimiento productivo y la conversión alimenticia en cerdos, sugiere que su inclusión en la dieta podría ser una estrategia viable para productores que buscan mejorar la eficiencia sin recurrir a promotores de crecimiento sintéticos. Además, la mejora en el consumo de alimentos y en la palatabilidad observada sugiere que los aceites esenciales podrían también ser útiles para optimizar la formulación de dietas en sistemas de producción intensiva, reduciendo costos y optimizando los procesos administrativos. Sin embargo, se recomienda a los productores considerar la implementación de estos compuestos como parte de un plan nutricional integrado y de largo plazo, para maximizar su efectividad y lograr mejoras sostenibles en la productividad porcina.

- ElMaraghy, H., Schuh, G., ElMaraghy, W., Piller, F., Schönsleben, P., Tseng, M., & Bernard, A. (2013). *Product variety management*. *CIRP Annals*, 62(2), 629–652. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2013.05.007>
- Ferrer, P., Calvet, S., García-Rebollar, P., Jiménez-Belenguer, A. I., Hernández, P., Piquer, O., & Cerisuelo, A. (2022). *The impact of replacing barley by dehydrated orange pulp in finishing pig diets on performance, carcass quality, and gaseous emissions from slurry*. *Animal*, 16(11), 100659. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100659>
- Freeman, L., Becvarova, I., Cave, N., MacKay, C., Nguyen, P., Rama, B., Takashima, G., Tiffin, R., van Beukelen, P., & Yathiraj, S. (2011). *WSAVA Nutritional Assessment Guidelines*. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 13(7), 516–525. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2011.05.009>
- Gardiner, G. E., Metzler-Zebeli, B. U., & Lawlor, P. G. (2020). *Impact of Intestinal Microbiota on Growth and Feed Efficiency in Pigs: A Review*. *Microorganisms*, 8(12), 1886. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121886>
- Granda-Romero, D., Herrera-Gorotiza, F., Romero-Black, W., & Mora-Sánchez, N. (2021). *Implementación de modelo de gestión para granjas porcinas en la provincia de El Oro*. 593 *Digital Publisher CEIT*, 6(6), 222-233. <https://doi.org/10.33386/593dp.2021.6.737>
- Godinho, R. M., Bastiaansen, J. W. M., Sevillano, C. A., Silva, F. F., Guimarães, S. E. F., & Bergsma, R. (2018). *Genotype by feed interaction for feed efficiency and growth performance traits in pigs1*. *Journal of Animal Science*, 96(10), 4125–4135. <https://doi.org/10.1093/jas/sky304>
- Gutiérrez León, F. A., Guachamin, D., & Portilla, A. (2017). *Valoración nutricional de tres alternativas alimenticias en el crecimiento y engorde de cerdos (Sus scrofa domestica) Nanegal-Pichincha*. *La Granja*, 26(2), 155. <https://doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.13>
- Hong, J.-C., Steiner, T., Aufy, A., & Lien, T.-F. (2012). *Effects of supplemental essential oil on growth performance, lipid metabolites and immunity, intestinal characteristics, microbiota and carcass traits in broilers*. *Livestock Science*, 144(3), 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.12.008>
- Hoshmand, R. (2018). *Design of Experiments for Agriculture and the Natural Sciences*. Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781315276021>
- Jones, J. W., Antle, J. M., Basso, B., Boote, K. J., Conant, R. T., Foster, I., Godfray, H. C. J., Herrero, M., Howitt, R. E., Janssen, S., Keating, B. A., Munoz-Carpena, R., Porter, C. H., Rosenzweig, C., & Wheeler, T. R. (2017). *Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science*. *Agricultural Systems*, 155, 269–288. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.021>
- Lan, L. T. T., Hung, L. T., Thu, N. T. A., Loc, H. T., Liang, J. B., Thiet, N., & Ngu, N. T. (2020). *Effects of Substituting Taro (Colocasia esculenta) Wastes Silage in Diets on Growth and Nutrient Digestibility In Pigs*. *Journal of Animal Health and Production*, 9(2). <https://doi.org/10.17582/journal.jahp/2021/9.2.112.118>
- Lee, J.-W., Kim, D.-H., Kim, Y.-B., Jeong, S.-B., Oh, S.-T., Cho, S.-Y., & Lee, K.-W. (2020). *Dietary Encapsulated Essential Oils Improve Production Performance of Coccidiosis-Vaccine-Challenged Broiler Chickens*. *Animals*, 10(3), 481. <https://doi.org/10.3390/ani10030481>

- Lestingi, A. (2024). *Alternative and Sustainable Protein Sources in Pig Diet: A Review*. *Animals*, 14(2), 310. <https://doi.org/10.3390/ani14020310>
- Lestingi, A., Colonna, M. A., Marsico, G., Tarricone, S., & Facciolongo, A. M. (2019). *Effects of legume seeds and processing treatment on growth, carcass traits and blood constituents of fattening lambs*. *South African Journal of Animal Science*, 49(5), 799–809. <https://doi.org/10.4314/sajas.v49i5.2>
- Lucas, M. E., Hemsworth, L. M., Butler, K. L., Morrison, R. S., Tilbrook, A. J., Marchant, J. N., Rault, J.-L., Galea, R. Y., & Hemsworth, P. H. (2024). *Early human contact and housing for pigs – part 2: resilience to routine husbandry practices*. *Animal*, 18(6), 101165. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101165>
- Mariotti, M., Lombardini, G., Rizzo, S., Scarafile, D., Modesto, M., Truzzi, E., Benvenuti, S., Elmi, A., Bertocchi, M., Fiorentini, L., Gambi, L., Scozzoli, M., & Mattarelli, P. (2022). *Potential Applications of Essential Oils for Environmental Sanitization and Antimicrobial Treatment of Intensive Livestock Infections*. *Microorganisms*, 10(4), 822. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10040822>
- Menezes Lima, J. A., Correa Magalhães Filho, F. J., Constantino, M., & Formagini, E. L. (2020). *Techno-economic and performance evaluation of energy production by anaerobic digestion in Brazil: bovine, swine and poultry slaughterhouse effluents*. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123332. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123332>
- Miles, R. D., Wilson, H. R., Arafa, A. S., Coligado, E. C., & Ingram, D. R. (1981). *The Performance of Bobwhite Quail Fed Diets Containing Lactobacilli*. *Poultry Science*, 60(4), 894–896. <https://doi.org/10.3382/ps.0600894>
- Montenegro, M. del C., Carballo, C., Gonzalez Barrios, P. M., Castro, G., Barlocco, N., & Llambi, S. (2019). *Inclusion of Rice Bran in Diets for Post-weaning Piglets: Effect on the Productive Behavior and Carcass Traits*. *Agrociencia*, 23(1). <https://doi.org/10.31285/AGRO.23.1.11>
- Naujokienė, V., Bleizgys, R., Venslauskas, K., & Paulikienė, S. (2022). *Climate-Smart Holistic Management System Criteria's Effectiveness on Milk Production in Lithuania*. *Agriculture*, 12(6), 804. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060804>
- Oliveira, M. de, Lima, V. M., Yamashita, S. M. A., Alves, P. S., & Portella, A. C. (2018). *Experimental Planning Factorial: A brief Review*. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 5(6), 166–177. <https://doi.org/10.22161/ijaers.5.6.28>
- Omonijo, F. A., Ni, L., Gong, J., Wang, Q., Lahaye, L., & Yang, C. (2018). *Essential oils as alternatives to antibiotics in swine production*. *Animal Nutrition*, 4(2), 126–136. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.001>
- Osaba, E., Villar-Rodriguez, E., Del Ser, J., Nebro, A. J., Molina, D., LaTorre, A., Suganthan, P. N., Coello, C. A., & Herrera, F. (2021). *A Tutorial On the design, experimentation and application of metaheuristic algorithms to real-World optimization problems*. *Swarm and Evolutionary Computation*, 64, 100888. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2021.100888>
- Rexroad, C., Vallet, J., Matukumalli, L. K., Reecy, J., Bickhart, D., Blackburn, H., Boggess, M., Cheng, H., Clutter, A., Cockett, N., Ernst, C., Fulton, J. E., Liu, J., Lunney, J., Neibergs, H., Purcell, C., Smith, T. P. L., Sonstegard, T., Taylor, J., ... Wells, K. (2019). *Genome to Phenome: Improving*

- Animal Health, Production, and Well-Being – A New USDA Blueprint for Animal Genome Research 2018–2027. Frontiers in Genetics, 10.* <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00327>
- Rius, A. G., McGilliard, M. L., Umberger, C. A., & Hanigan, M. D. (2010). *Interactions of energy and predicted metabolizable protein in determining nitrogen efficiency in the lactating dairy cow. Journal of Dairy Science, 93*(5), 2034–2043. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1777>
- Rybarczyk, A., Bogusławska-Wąs, E., & Dłubała, A. (2021). *Effect of BioPlus YC Probiotic Supplementation on Gut Microbiota, Production Performance, Carcass and Meat Quality of Pigs. Animals, 11*(6), 1581. <https://doi.org/10.3390/ani11061581>
- Sauerbrei, W., Royston, P., & Binder, H. (2007). *Selection of important variables and determination of functional form for continuous predictors in multivariable model building. Statistics in Medicine, 26*(30), 5512–5528. <https://doi.org/10.1002/sim.3148>
- Shah, I. A. (2019). *Evaluation of the Test Unit for High Density Apple Experiments. Indian Journal of Pure & Applied Biosciences, 7*(6), 408–411. <https://doi.org/10.18782/2582-2845.7656>
- Shao, Y., Peng, Q., Wu, Y., Peng, C., Wang, S., Zou, L., Qi, M., Peng, C., Liu, H., Li, R., Xiong, X., & Yin, Y. (2023). *El efecto de un aceite esencial mezclado en el rendimiento del crecimiento, la salud intestinal y la microbiota en los pigles de los primeros. Nutrientes, 15*(2), 450. <https://doi.org/10.3390/nu15020450>
- Simitzis, P. E. (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), 35. <https://doi.org/10.3390/medicines4020035>
- Stähle, L., & Wold, S. (1987). *Partial least squares analysis with cross-validation for the two-class problem: A Monte Carlo study. Journal of Chemometrics, 1*(3), 185–196. <https://doi.org/10.1002/cem.1180010306>
- Stevanović, Z., Bošnjak-Neumüller, J., Pajić-Lijaković, I., Raj, J., & Vasiljević, M. (2018). *Essential Oils as Feed Additives—Future Perspectives. Molecules, 23*(7), 1717. <https://doi.org/10.3390/molecules23071717>
- Su, G., Zhou, X., Wang, Y., Chen, D., Chen, G., Li, Y., & He, J. (2020). *Dietary supplementation of plant essential oil improves growth performance, intestinal morphology and health in weaned pigs. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 104*(2), 579–589. <https://doi.org/10.1111/jpn.13271>
- Thornton, P. K. (2010). *Livestock production: recent trends, future prospects. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 365*(1554), 2853–2867. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0134>
- Valverde Lucio, A., Gonzalez-Martínez, A., Alcívar Cobeña, J. L., & Rodero Serrano, E. (2021). *Characterization and Typology of Backyard Small Pig Farms in Jipijapa, Ecuador. Animals, 11*(6), 1728. <https://doi.org/10.3390/ani11061728>
- Vermeer, H. M., de Greef, K. H., & Houwers, H. W. J. (2014). *Space allowance and pen size affect welfare indicators and performance of growing pigs under Comfort Class conditions. Livestock Science, 159*, 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.10.021>

- Wells C. W. (2023). *Efectos de los aceites esenciales en las características económicamente importantes de las especies de rumín: Una revisión exhaustiva*. *Nutrición animal (Zhongguo xu mu shou yi xue hui)*, 16, 1o10. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.05.017>
- Yan, L., Wang, J. P., Kim, H. J., Meng, Q. W., Ao, X., Hong, S. M., & Kim, I. H. (2010). *Influence of essential oil supplementation and diets with different nutrient densities on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, meat quality and fecal noxious gas content in grower–finisher pigs*. *Livestock Science*, 128(1–3), 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.11.008>
- Zeng, Z., Zhang, S., Wang, H., & Piao, X. (2015). *Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review*. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0004-5>
- Zhai, H., Liu, H., Wang, S., Wu, J., & Kluentner, A.-M. (2018). *Potential of essential oils for poultry and pigs*. *Animal Nutrition*, 4(2), 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.01.005>