



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
ESCUELA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA ZOOTECNISTA**

**“EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE HARINA DE JENGIBRE (*ZINGIBER
OFFICINALE*) EN EL ALIMENTO BALANCEADO COMERCIAL PARA LECHONES
DUROC AMERICANO X TN70 (LÍNEA TOPIGS) DE 21 A 60 DÍAS DE EDAD EN
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS”**

HELEN NICOLE CABEZAS QUINTERO

TUTOR: LUIS HARO BEDON

IBARRA – ECUADOR

AGOSTO, 2025

Ibarra, 16 de julio de 2025

CERTIFICACIÓN TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de integración curricular titulado: "Efecto de la inclusión de harina de jengibre (*Zingiber officinale*) en el alimento balanceado comercial para lechones Duroc Americano x TN70 (Línea Topigs) de 21 a 60 días de edad en Santo Domingo de los Tsáchilas", presentado por el estudiante Helen Nicole Cabezas Quintero con cédula de ciudadanía N° 0803693555, para obtener el Título de Ingeniera Zootecnista.

Certifico que el trabajo cumple con todos los parámetros establecidos, mediante el cual el estudiante demuestra el desarrollo de competencias en el campo de conocimiento de su profesión con un nivel de argumentación coherente, para ser sometido a la evaluación por parte de los lectores.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de originalidad de TURNITIN.

INFORME DE ORIGINALIDAD		
3%	0%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES
		0%
		TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
FUENTES PRIMARIAS		
1	Kamilla M. Borges, Heloisa H. de C. Mello, Marcos B. Café, Emmanuel Arnhold et al. "Effect of dietary inclusion of guanidinoacetic acid on broiler performance", Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2020 Publicación	<1%
2	"Summaries", World's Poultry Science Journal, 2019 Publicación	<1%
3	Jiménez, Jorge Eduardo Jaña. "Profundidad óptima de suelo recuperado y nivel de cobertura herbácea en la rehabilitación de escombreras de minería de carbón en magallanes optimal depth of recovered soil and herbaceous cover in coal mining landfills rehabilitation in Magallanes", Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile), 2023 Publicación	<1%
4	Ricardo Nunes, Carina Scherer, Angela Poveda P, Wagner Da Silva, Matias Appelt,	<1%

(f): 
Mgs. Luis Humberto Haro Bedón
TUTOR DE TRABAJO
C.C.: 1002739389

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El tribunal examinador, aprueban el presente trabajo en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra:

(f):

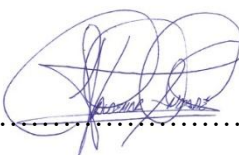

Mgs. Luis Humberto Haro Bedón

C.C.: 1002739389



Msc. Mónica Patricia Velástegui Moreno Lector 1

C.C.: 0503323024

(f):


PhD. José Valdemar Andrade Cadena Lector 2

C.C.: 1001927167

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, *HELEN NICOLE CABEZAS QUINTERO*, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones a título gratuito y oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 16 de julio de 2025

(f): Helen.C

HELEN NICOLE CABEZAS QUINTERO

C.C.: 0803693555

AUTORÍA

Yo, *HELEN NICOLE CABEZAS QUINTERO*, portadora de la cedula de ciudadanía N° 0803693555, declaro que el presente trabajo de investigación es de total responsabilidad de la autora, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

(f):..... *Helen.C*

HELEN NICOLE CABEZAS QUINTERO

C.C.: 0803693555

DEDICATORIA

Primero dedico este trabajo a Dios, mi guía y mi fuerza en los momentos más duros. A Él, que nunca me abandonó, que me mostró que todo llega en su tiempo perfecto y que, aun cuando dudé de mí, siempre me sostuvo.

A mis padres, Nevil y Laura, que, con cada mensaje, llamada o abrazo me devolvieron la calma cuando sentía que no podía más. Gracias por estar pendientes de mí incluso cuando no lo decía, por cada “ya falta poco, no te rindas” y un “estamos orgullosos de ti”, porque esas palabras fueron mi motor. Su amor me enseñó a no rendirme.

A mi hermano Piero, por acompañarme siempre, por su mirada de admiración, por sus palabras llenas de orgullo en cada conversación familiar. Cada vez que nos sentábamos en la mesa y hablaban de mí, sentía cómo su amor me impulsaba a seguir. Gracias por recordarme que soy un ejemplo para ti, aunque a veces me cueste creerlo.

A mis tíos Javier y Homero, que han sido mucho más que tíos, han sido como padres para mí. Su apoyo incondicional, su constancia y su fe en que podía lograrlo, han sido fundamentales. Gracias por estar siempre, por ayudarme tantas veces sin que lo pidiera, por creer tanto en mi futuro. Gracias por cada gesto, por cada ayuda, por todo lo que han hecho por mí desde el corazón.

A mis primos, que han sido más que familia: gracias por su apoyo constante, por estar ahí en cada etapa, por hacerme sentir acompañada en este camino tan exigente.

A mis dos abuelas que amo con toda mi vida, Graciela y Juana, pilares esenciales en mi vida. Gracias por estar pendientes de mí en cada etapa de este proceso, aunque sea con una llamada de segundos para preguntarme cómo estaba, por decirme que “podía con todo” cuando me veían cansada. Gracias por sus oraciones, su ternura desde la distancia, por cada muestra de amor que me sostuvo.

A mis abuelos César y Tito, que desde el cielo me acompañan. Sé que estarían orgullosos de este logro y que, aunque físicamente no están, su amor y enseñanzas siguen vivos en mí. Esta meta también es para ustedes.

Y nuevamente, a mi madre, porque ha estado en mis momentos más difíciles de mi vida, porque me conoce como a nadie y supo celebrar conmigo hasta los pequeños avances. Gracias por tu fe, tu fuerza y por nunca soltarme, incluso cuando yo ya quería dejar todo.

Gracias, de verdad, a cada uno de mis seres queridos, me faltaron de nombrar muchos, pero este logro también es suyo. Gracias por no dejar de creer en mí.

Helen Nicole Cabezas Quintero

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por sorprenderme con este logro que ni siquiera imaginaba posible. Por estar en cada obstáculo, en cada caída, en cada noche de cansancio y duda. Gracias por darme la fuerza que no sabía que tenía, y por poner en mi camino a personas maravillosas que me ayudaron a continuar.

A mis padres, por ser mi apoyo incondicional, por su amor, su paciencia y sus palabras que me devolvieron la fe cada vez que sentí que no era capaz. A toda mi familia en general, a mi tía Letty, que siempre me regaló su granito de amor y apoyo sin pedir nada a cambio. Gracias por estar presentes de tantas formas.

A mis amigos y compañeros, quienes me acompañaron en este proceso con su cariño, su paciencia, su compañía y su comprensión. Aunque ahora parezca que ya terminó todo, es inevitable sentir una mezcla de alegría y nostalgia al cerrar esta etapa.

A mi asesor de tesis, Mgs. Luis Humberto Haro Bedón, por su infinita paciencia, por confiar en mí incluso cuando yo misma dudaba, por sus horas dedicadas, sus consejos y su acompañamiento constante. Gracias por motivarme y por creer que sí podía lograrlo.

Al profesor PhD. José Valdemar Andrade, por su exigencia, su conocimiento y su forma tan particular de enseñar que, aunque desafiante, me ayudó a crecer. Gracias por su ayuda, su tiempo, y por enseñarme con firmeza y dedicación. Su guía fue clave en este proceso.

A la profesora Mgs. Mónica Patricia Velástegui Moreno, por estar presente con su apoyo y orientación durante todo este camino. Le agradezco profundamente por haberme dicho, en un momento en que lo necesitaba, que nunca diga “no puedo”. Palabras que se quedaron conmigo y que hoy, al mirar atrás, sé que marcaron una diferencia.

Gracias a todos los que, de una u otra manera, fueron parte de este proceso. Este logro no es solo mío, sino de todos los que me acompañaron con amor, paciencia y fe.

Helen Nicole Cabezas Quintero

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN TUTOR	2
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	3
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	4
AUTORÍA	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTOS.....	7
RESUMEN	11
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I.....	16
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO II.....	18
OBJETIVOS.....	18
2.1 Objetivo general	18
2.2 Objetivo específico.....	18
2.3 Hipótesis	18
CAPÍTULO III	19
ESTADO DEL ARTE	19
3.1 Lechón	19
3.1.1 Fisiología digestiva del lechón	20
3.1.2 Cambios fisiológicos y metabólicos post destete.....	21
3.2 Requerimientos nutricionales específicos	22
3.2.1 Necesidades nutricionales en esta etapa crítica	1
3.3 Aditivos fitogénicos en producción porcina.....	2
3.4 Mecanismos de acción.....	2
3.5 Lechones Duroc Americano x TN70 (línea Topigs)	2
3.5.1 Características de la línea genética	4
3.5.2 Etapas de desarrollo y crecimiento (21 a 60 días)	5
3.5.3 Justificación del uso fitogénicos de en esta etapa y raza	5
3.6 Jengibre (Zingiber officinale).....	7
3.6.1 Composición química y principios activos	8
3.6.2 Propiedades nutraceuticas del jengibre.....	9
3.6.3 Usos en producción animal	11
3.6.4 Mecanismo de acción fisiológica del jengibre en lechones	12
3.6.5 Ingesta y procesamiento en el sistema digestivo	13
3.6.6 Absorción de los compuestos activos	14
3.6.7 Efecto en el sistema inmunológico	16
3.6.8 Influencia en el crecimiento y conversión alimenticia	17
3.6.9 Posibles efectos en el microbiota intestinal	18

3.6. 10 Harinas funcionales en alimentación porcina	19
3.6. 11 Efectos sobre parámetros productivos	19
3.7 Inclusión en dietas de lechones	20
3.7.1 Impacto en la salud intestinal de los lechones	20
3.8 Parámetros zootécnicos	21
3.8.1 Ganancia de peso (GDP).....	21
3.8.2 Consumo de alimento (CA)	21
3.8.3 Conversión alimenticia (CA).....	22
3.9 Temperatura y humedad ambiental	22
3.9.1 Relación temperatura, humedad y confort térmico del lechón	22
3.9.2 Influencia del ambiente en el comportamiento productivo	23
CAPÍTULO IV	24
MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
4.1 Materiales e insumos	24
4.1.1 Materiales.....	24
4.1.2 Equipos electrónicos	24
4.1.3 Equipos de limpieza e insumos de desinfección.....	24
4.1.4 Instalaciones.....	24
4.1.5 Insumos Alimenticios	25
4.1.6 Semovientes	25
4.2 Método.....	25
4.2.1 Fase de campo.....	25
4.2.2 Variables	26
4.2.3 Variable Dependiente.....	27
4.2.4 Variable Independiente	27
4.2.5 Diseño Experimental.....	27
4.2.6 Análisis Funcional	28
4.2.7 Coeficiente de variación	28
4.2.8 Unidades experimentales	28
4.2.9 Factores de estudio.....	29
4.2.10 Tratamientos	29
4.2.11 Esquema del ANOVA	29
4.2.12 Manejo específico del experimento	30
4.2.13 Preparación y adecuación de las instalaciones.....	30
4.2.14 Período de adaptación y aclimatación.....	31
4.2.15 Elaboración y preparación de la harina de jengibre.....	32
4.2.16 Distribución de unidades experimentales	33
4.3 Manejo del alimento	33
4.3.1 Pesaje de los animales.....	34
4.3.2 Manejo de los animales.....	35

4.3.3 Medición de las Variables.....	35
4.3.4 Consumo de alimento	35
CAPÍTULO V	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
5.1 Evaluación de las variables	37
CAPÍTULO VI.....	50
CONCLUSIÓN	50
CAPÍTULO VII.....	51
RECOMENDACIONES	51
CAPÍTULO VIII	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requerimientos Nutricionales hasta los 25 kg de peso. _____

Tabla 2 Requerimientos nutricionales de los cerdos por kilogramo (kg). _____

Tabla 3 Descripción de la ubicación geográfica de la investigación _____

Tabla 4 Descripción geográfica del sitio experimental _____

Tabla 5 Descripción de los tratamientos _____

Tabla 6 Esquema del ANOVA para un Diseño Completamente al Azar (DCA) _____

Tabla 7 Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas _____

Tabla 8 ANOVA de la Conversión alimenticia Semana 1 _____

Tabla 9 ANOVA de la Conversión alimenticia Semana 2 _____

Tabla 10 ANOVA de la Conversión alimenticia Semana 3 _____

Tabla 11 ANOVA de la Conversión alimenticia Semana 4 _____

Tabla 12 ANOVA de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 1 _____

Tabla 13 ANOVA de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 2 _____

Tabla 14 ANOVA de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 3 _____

Tabla 15 ANOVA de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 4 _____

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1 Ubicación geográfica del área de estudio _____
- Figura 2 Comparación de la Conversión alimenticia Semana 1 según tratamientos T1, T2 Y T3 _____
- Figura 3 Comparación de la Conversión alimenticia Semana 2 según tratamientos T3, T1 y T2 _____
- Figura 4 Comparación de la Conversión alimenticia Semana 3 según tratamientos T1, T2 Y T3 _____
- Figura 5 Comparación de la Conversión alimenticia Semana 4 según tratamientos T2, T3 Y T1 _____
- Figura 6 Comparación de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 1 según tratamientos T1, T2 Y T3 _____
- Figura 7 Comparación de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 2 según tratamientos T1, T2 Y T3 _____
- Figura 8 Comparación de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 3 según tratamientos T1, T2 Y T3 _____
- Figura 9 Prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey al 5% para la variable Ganancia de Peso _____

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1 Tabla de consumo de la raza Duroc Americano X TN70 (Línea Topigs) para lechones de 21 a 60 días _____
- Anexo 2 Registro de pesos de los tratamientos durante las 4 semanas _____
- Anexo 3 Registro de consumo de alimento por semana en los tratamientos experimentales _____
- Anexo 4 Datos tomados de temperatura y humedad _____
- Anexo 5 Datos de entrada por animal para la variable de conversión alimenticia _____
- Anexo 6 Datos de entrada por animal para la variable ganancia de peso _____
- Anexo 7 Resultados obtenidos de análisis bromatológico de harina de jengibre utilizada en el experimento _____
- Anexo 8 Resultados obtenidos de análisis bromatológico de promotor de crecimiento utilizado en el experimento _____
- Anexo 9 Elaboración de harina de jengibre (*Zingiber officinale*) _____
- Anexo 10 Alojamiento de lechones _____
- Anexo 11 Peso de alimento para los tratamientos _____
- Anexo 12 Control de temperatura _____
- Anexo 13 Limpieza de comederos y camas. _____
- Anexo 14 Peso de lechones _____

RESUMEN

La producción animal enfrenta crecientes restricciones en el uso de antibióticos como promotores de crecimiento, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas naturales sostenibles. En este contexto, los fitobióticos, compuestos bioactivos derivados de plantas, han surgido como una opción prometedora, especialmente en la producción porcina durante etapas críticas como el posdestete. El jengibre (*Zingiber officinale*) destaca entre estos por sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes e inmunoestimulantes, atribuidas a compuestos como los gingeroles y shogaoles. Estudios recientes demuestran que su inclusión en la dieta de lechones mejora la ganancia de peso, la salud intestinal y la digestibilidad de nutrientes, reduciendo además la incidencia de diarreas. Esta investigación evaluó el efecto de la harina de jengibre (*Zingiber officinale*) al 0,01% en dietas de lechones Duroc americano × TN70 entre 21-60 días de edad en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Se implementó un diseño completamente al azar con tres tratamientos: jengibre 0,01%, promotor de crecimiento (Flavomycin) y Alimento comercial, utilizando 30 lechones distribuidos en 10 repeticiones por tratamiento y aplicando pruebas de significación estadística. Las variables evaluadas fueron ganancia de peso y conversión alimenticia, registradas semanalmente durante el período experimental. Los resultados mostraron que el grupo de alimento comercial t3 alcanzó la mayor ganancia de peso promedio (6,63 kg), superando estadísticamente tanto al tratamiento con jengibre 0,01% t1 (5,77 kg) como al promotor de crecimiento t2 (5,55 kg). Con respecto a la conversión alimenticia, se obtuvieron los mejores resultados en el tratamiento con jengibre 0,01% t1 (1,46), seguido del alimento comercial t3 (1,49). La inclusión de harina de jengibre al 0,01% no generó mejoras significativas en ganancia de peso durante la mayoría de semanas evaluadas.

Palabras clave: Fitobióticos, *Zingiber officinale*, lechones, ganancia de peso, conversión alimenticia, aditivos alternativos.

ABSTRACT

Animal production faces increasing restrictions on the use of antibiotics as growth promoters, which has driven the search for sustainable natural alternatives. In this context, phytobiotics, bioactive compounds derived from plants, have emerged as a promising option, especially in pig production during critical stages such as post-weaning. Ginger (*Zingiber officinale*) stands out among these for its antimicrobial, antioxidant, and immunostimulatory properties, attributed to compounds such as gingerols and shogaols. Recent studies show that its inclusion in the diet of piglets improves weight gain, intestinal health, and nutrient digestibility, while also reducing the incidence of diarrhea. This research evaluated the effect of 0.01% ginger (*Zingiber officinale*) meal in diets for American Duroc × TN70 piglets between 21 and 60 days of age in Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. A completely randomized design was implemented with three treatments: ginger 0.01%, growth promoter (Flavomycin), and commercial feed, using 30 piglets distributed in 10 replicates per treatment and applying statistical significance tests. The variables evaluated were weight gain and feed conversion, recorded weekly during the experimental period. The results showed that the commercial feed group t3 achieved the highest average weight gain (6.63 kg), statistically surpassing both the 0.01% ginger treatment t1 (5.77 kg) and the growth promoter t2 (5.55 kg). With regard to feed conversion, the best results were obtained in the 0.01% ginger treatment t1 (1.46), followed by commercial feed t3 (1.49). The inclusion of 0.01% ginger flour did not generate significant improvements in weight gain during most of the weeks evaluated.

Keywords: Phytobiotics, *Zingiber officinale*, piglets, weight gain, feed conversion, alternative additives.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La producción animal moderna enfrenta restricciones cada vez más estrictas respecto al uso de antibióticos promotores de crecimiento, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas naturales, sostenibles y seguras, entre las destacan los fitobióticos, compuestos bioactivos de origen vegetal, han demostrado efectos positivos sobre la salud intestinal, la respuesta inmunológica y el rendimiento productivo de diversas especies, especialmente durante etapas críticas como el posdestete en porcinos, siendo el jengibre (*Zingiber officinale*) ha destacado por sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes e inmunoestimulantes atribuidas principalmente a compuestos como los gingeroles y shogaoles (Castillo y González, 2021; Rodríguez y López, 2022; Gómez et al., 2022).

En regiones productivas como Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, caracterizadas por condiciones climáticas tropicales y un modelo de producción tecnificado, surge la necesidad de implementar aditivos alternativos accesibles y eficaces que permitan mantener los parámetros productivos sin depender de insumos sintéticos importados, siendo el jengibre una opción prometedora que puede contribuir a la sostenibilidad y eficiencia del sistema productivo local (Mendoza et al., 2021). Estudios recientes han demostrado que la suplementación con fitobióticos como el jengibre puede influir positivamente en parámetros productivos clave como la ganancia de peso, la conversión alimenticia y la salud intestinal en lechones destetados (Martínez et al., 2023).

Ramírez et al., (2020) observaron que la inclusión de extractos de jengibre en dietas para lechones mejoró significativamente la digestibilidad de nutrientes y redujo la incidencia de diarreas posdestete, lo que se tradujo en un mejor desempeño productivo, estos hallazgos sugieren que los compuestos bioactivos presentes en el jengibre podrían actuar sinérgicamente para modular la microbiota intestinal, fortalecer la respuesta inmunológica y optimizar los procesos digestivos y metabólicos.

La transición hacia sistemas de producción más naturales y sostenibles no solo responde a exigencias regulatorias, sino también a una creciente conciencia entre los consumidores sobre el origen y los métodos de producción de los alimentos que consumen; esta demanda ha impulsado la investigación y desarrollo de alternativas fitobióticas que permitan mantener o mejorar los parámetros productivos, mientras se reducen los impactos ambientales y se garantiza la inocuidad alimentaria, ya que la necesidad de evaluar alternativas naturales eficaces a los antibióticos promotores de crecimiento en la producción porcina local, específicamente el efecto de la harina de jengibre sobre parámetros productivos durante el período crítico posdestete (Gómez et al., 2022).

El presente estudio evaluó el efecto de la suplementación con harina de jengibre al 0,01% en alimento balanceado comercial sobre los parámetros productivos en lechones Duroc americano × TN70 (línea Topigs) durante el período crítico de posdestete, comprendido entre los 21 y 60 días de edad, en condiciones productivas de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

Se implementó un diseño completamente al azar con tres tratamientos utilizando 30 lechones distribuidos en 10 repeticiones por tratamiento. Se evaluaron variables dependientes como peso vivo y consumo de alimento, calculándose parámetros como ganancia de peso diaria e índice de conversión alimenticia.

Los resultados mostraron que el tratamiento con alimento comercial t3 alcanzó la mayor ganancia de peso promedio (6,63 kg), superando estadísticamente tanto al tratamiento con jengibre 0,01% t1 (5,77 kg) como al promotor de crecimiento t2 (5,55 kg). Con respecto a la conversión alimenticia, se obtuvieron los mejores resultados en el tratamiento con jengibre 0,01% t1 (1,46), seguido del alimento comercial t3 (1,49). La inclusión de harina de jengibre al 0,01% no generó mejoras significativas en los parámetros productivos durante la mayoría de semanas evaluadas.

La investigación determinó que la suplementación con harina de jengibre al 0,01% no constituyó una alternativa completamente eficaz frente al alimento comercial bajo las condiciones experimentales evaluadas. Las conclusiones derivadas permitirán formular recomendaciones sobre protocolos de implementación para productores locales, considerando aspectos como elaboración, dosificación y almacenamiento de la harina de jengibre como aditivo alimenticio. En un contexto global donde la producción animal sostenible es cada vez más relevante, esta investigación contribuye al desarrollo de alternativas naturales que permitan reducir la dependencia de antibióticos y aditivos sintéticos, alineándose con las tendencias hacia sistemas alimentarios más resilientes y respetuosos con el medio ambiente y el bienestar animal.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión de harina de jengibre (*Zingiber officinale*) en el alimento balanceado comercial en lechones Duroc americano x TN70 (línea Topigs) de 21 a 60 días de edad en Santo Domingo de los Tsáchilas, mediante indicadores como ganancia de peso, conversión alimenticia, con el fin de determinar su viabilidad como una alternativa natural y sostenible para mejorar la eficiencia productiva y reducir la dependencia de aditivos sintéticos en la producción porcina local.

2.2 Objetivo específico

- Comparar los efectos de diferentes dietas experimentales sobre la ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión alimenticia en lechones Duroc americano x TN70 (línea Topigs) entre 21 y 60 días de edad, para identificar la dieta con el mejor rendimiento productivo.
- Determinar el potencial de la inclusión de harina de jengibre (*Zingiber officinale*) en dietas comerciales para optimizar los parámetros productivos de lechones Duroc americano x TN70 (línea Topigs) entre 21 y 60 días, evaluando su efectividad como alternativa sostenible para mejorar el rendimiento en las condiciones de Santo Domingo de los Tsáchilas.

2.3 Hipótesis

- (H₀) = La inclusión de harina de jengibre (*Zingiber officinale*) en el alimento balanceado comercial no tiene efecto significativo en los parámetros productivos de los lechones de cruce Duroc americano x TN70 (línea Topigs) en la etapa de los 21 a 60 días de edad en comparación con aquellos que reciben solo el balanceado comercial.
- (H₁) = La inclusión de harina de jengibre (*Zingiber officinale*) en el alimento balanceado comercial tiene por lo menos un efecto positivo significativo sobre los parámetros productivos de los lechones de cruce Duroc americano x TN70 (línea Topigs), mejorando la ganancia de peso y la conversión alimenticia en comparación con aquellos que reciben el alimento balanceado comercial sin modificar.

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1 Lechón

El lechón, definido como el cerdo joven que todavía vive de la leche materna, ocupa un lugar notable en varias culturas gastronómicas en todo el mundo, ya que su carne, apreciada por la ternura y delicado sabor, se convierte en el plato central de celebraciones y festividades, simbolizando la abundancia y la prosperidad, mientras que la crianza y producción del lechón varían considerablemente dependiendo de las tradiciones locales, las cuales afectan las propiedades organolépticas finales del producto (García, 2022).

La producción de cerdos, y en particular la de los lechones, enfrentan desafíos relacionados con la salud animal, la eficiencia alimentaria y el bienestar, por lo que estudios recientes se han centrado en estrategias de gestión que optimizan el crecimiento y reducen la mortalidad en las primeras etapas de vida, destacando la importancia de la nutrición temprana, el control de enfermedades infecciosas y la implementación de prácticas de manejo que reducen el estrés, aspectos fundamentales para garantizar la sostenibilidad de la producción (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2023).

Estudios demostraron la importancia de la composición de la leche materna y sus efectos en el desarrollo del sistema inmunológico y el microbiota intestinal del lechón, mientras que la dieta y el suplemento de la cerda gestante y lactante con nutrientes específicos puede tener efectos positivos en la salud y el rendimiento de la camada, además de que se prueban alternativas al uso de antibióticos como promotores del crecimiento, explorando el potencial de prebióticos, probióticos y fitogénicos (Rodríguez y Pérez, 2024).

Un descubrimiento apropiado en estudios sobre el lechón se centra en la caracterización de la calidad de su carne, ya que factores como la raza, la edad al sacrificio, el control de alimentos y el manejo pre sacrificio influyen significativamente en la ternura, el contenido de grasa intramuscular y el perfil de ácidos grasos, mientras que las técnicas de análisis sensorial y los estudios de composición bioquímica permiten determinar los atributos que los consumidores evalúan en la carne de lechón (Silva et al., 2021).

Finalmente, los estudios también analizan la influencia de la producción de lechones, buscando estrategias para la reducción del carbono y el mejoramiento de la eficiencia en el uso de recursos, donde la gestión adecuada de los residuos, la optimización del consumo de agua y energía, y la adopción de sistemas de producción más sostenibles son áreas de interés en aumento, pues estos avances buscan equilibrar la demanda de este producto con la responsabilidad ambiental (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020).

3.1.1 Fisiología digestiva del lechón

La fisiología digestiva del lechón durante sus primeras semanas de vida implica una transición crítica de una dieta exclusivamente láctea a la incorporación gradual de alimentos sólidos, proceso que requiere adaptaciones enzimáticas y estructurales del tracto gastrointestinal, así como y el establecimiento y maduración del microbiota intestinal, elementos esenciales para garantizar una nutrición eficiente y un desarrollo saludable (González et al., 2023).

Durante la fase de lactancia, el lechón depende de la leche materna, una fuente rica en nutrientes de fácil digestión y factores inmunológicos, donde la enzima lactasa juega un papel fundamental en la hidrólisis de la lactosa, el principal carbohidrato de la leche; sin embargo, la capacidad de digerir otros nutrientes, como proteínas y grasas, es limitada debido a la baja actividad de enzimas como la pepsina y la lipasa (Martínez y Díaz, 2022).

El destete representa un desafío significativo para el lechón, ya que su sistema digestivo debe adaptarse rápidamente a una dieta sólida y compleja, y la disminución de la ingesta de leche materna y la introducción de nuevos ingredientes provocan estrés digestivo, disbiosis intestinal y una mayor susceptibilidad a enfermedades; por ello, investigaciones recientes se centran en estrategias de alimentación pre destete y la utilización de aditivos que favorecen la maduración del tracto gastrointestinal y la colonización por microorganismos beneficiosos (FAO, 2024).

Un descubrimiento importante en la investigación es la identificación de la secuencia y el momento del desarrollo enzimático en el lechón, demostrando que la actividad de enzimas como la amilasa y la proteasa aumenta gradualmente después del nacimiento, preparándolo para la digestión de carbohidratos y proteínas presentes en los alimentos sólidos, mientras que la suplementación temprana con enzimas exógenas en la dieta post destete ha mostrado resultados prometedores en el mejoramiento de la digestibilidad y el rendimiento del crecimiento (Pérez et al., 2021).

Además, la investigación destaca el papel crucial de la microbiota intestinal en la salud digestiva del lechón ya que la colonización temprana del intestino por una comunidad microbiana diversa y equilibrada es esencial para la fermentación de nutrientes no digeridos, la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), el desarrollo del sistema inmunológico y la protección contra patógenos, por lo cual estrategias como la administración de probióticos y prebióticos buscan modular la composición de la microbiota intestinal para mejorar tanto la eficiencia digestiva así como la resistencia a enfermedades en esta etapa crítica (OMS, 2020).

3.1.2 Cambios fisiológicos y metabólicos post destete

El destete representa un período crítico en la vida del lechón, desencadenando una cascada de ajustes fisiológicos y metabólicos significativos, ya que la abrupta separación de la madre y el cambio en la fuente de nutrientes exigen una rápida adaptación del organismo para asegurar la supervivencia y el crecimiento continuo, afectando diversos sistemas incluyendo el digestivo, inmunológico y el endocrino, con implicaciones tanto a corto como a largo plazo en la salud y productividad del cerdo. (De Greeff et al., 2022).

A nivel digestivo, el lechón experimenta una reducción en la actividad de la lactasa y un aumento gradual en la secreción de enzimas necesarias para la digestión de nutrientes presentes en la dieta sólida, como la amilasa y las proteasas; además la morfología intestinal también sufre modificaciones, con una disminución en la altura de las vellosidades y un aumento en la profundidad de las criptas, lo que puede comprometer la capacidad de absorción de nutrientes y aumentar la permeabilidad intestinal (Pluske, 2021).

El sistema inmunológico del lechón también se ve desafiado durante el destete, ya que la pérdida de los anticuerpos maternos transferidos a través de la leche coincide con la exposición a nuevos antígenos presentes en el ambiente y la dieta sólida, generando un período de inmunosupresión transitoria que aumenta la susceptibilidad a infecciones y puede afectar negativamente el rendimiento del crecimiento, por lo que las investigaciones se centran en estrategias nutricionales para fortalecer la inmunidad post destete (Klindt et al., 2023)

Desde una perspectiva metabólica, el destete induce cambios en los patrones de utilización de la energía y los nutrientes, ya que el lechón debe adaptarse a una fuente de energía predominantemente basada en carbohidratos y proteínas vegetales, en comparación con la dieta rica en grasa de la leche materna; además se observan alteraciones en el metabolismo de la glucosa, los lípidos y los aminoácidos, junto con modificaciones en la secreción de hormonas metabólicas como la insulina y el glucagón (Noblet et al., 2020).

Un hallazgo relevante es la identificación del eje intestino-cerebro como un mediador clave de las respuestas al estrés del destete, ya que las alteraciones en el microbiota intestinal y la función de la barrera intestinal pueden influir en la neurotransmisión y el comportamiento del lechón; por ello, estrategias que modulan el microbiota intestinal, como la administración de probióticos y prebióticos, han demostrado ser efectivas para mitigar los efectos negativos del estrés post destete en el bienestar y el rendimiento de los lechones (Cryan et al., 2024).

3.2 Requerimientos nutricionales específicos

Los requerimientos nutricionales de los lechones durante el período post destete representan uno de los aspectos más críticos para su desarrollo y supervivencia, especialmente durante la transición de los 21 a 60 días de edad, donde experimentan cambios fisiológicos significativos en su sistema digestivo, siendo los lechones Duroc Americano x TN70 (línea Topigs) son particularmente vulnerables a desequilibrios nutricionales que pueden comprometer su crecimiento y salud intestinal, siendo necesario establecer estrategias alimentarias específicas para satisfacer sus necesidades energéticas y proteicas (López et al., 2021).

El destete precoz, alrededor de los 21 días, supone un estrés multifactorial para el lechón que incluye la separación de la madre, cambios en la dieta, el ambiente y el microbiota intestinal, lo que provoca frecuentemente una reducción del consumo alimentario y problemas digestivos que afectan negativamente la ganancia diaria de peso (Pluske et al., 2020). La implementación de aditivos naturales como la harina de jengibre (*Zingiber officinale*) en las dietas de transición puede representar una alternativa viable para mitigar estos desafíos, gracias a sus propiedades bioactivas que promueven la salud intestinal y estimulan el sistema inmunológico (Sánchez et al., 2022).

El contenido energético es fundamental en las dietas para lechones destetados, siendo necesario optimizar los niveles de energía metabolizable (EM) entre 3,400 y 3,600 kcal/kg para satisfacer sus requerimientos de mantenimiento y crecimiento ya que los lechones Duroc Americano x TN70 presentan un alto potencial de crecimiento muscular, requiriendo dietas con densidades energéticas adecuadas para expresar su potencial genético (Heo et al., 2023). La inclusión de fuentes de energía de alta calidad como aceites vegetales y cereales extruidos mejora la palatabilidad y digestibilidad de la dieta, compensando la limitada capacidad de ingesta característica de esta etapa (Palomo et al., 2022).

El jengibre, por su parte, contiene compuestos bioactivos como gingeroles y shogaoles que pueden mejorar la digestibilidad de los nutrientes al estimular la secreción de enzimas digestivas y la motilidad intestinal, optimizando el aprovechamiento de la energía dietética (Lorenzo et al., 2020). En investigaciones recientes con lechones destetados, dietas suplementadas con extractos de jengibre demostraron incrementos significativos en la digestibilidad ileal aparente de la energía y de los aminoácidos esenciales, mejorando la eficiencia alimenticia en aproximadamente un 7% durante las primeras semanas post destete (González y Stein, 2021).

El aporte proteico y de aminoácidos esenciales configura otro pilar fundamental en la nutrición de lechones durante esta fase crítica, siendo necesario un contenido de proteína bruta entre 18-22% con un perfil de aminoácidos altamente digestibles y balanceados; la lisina digestible ileal estandarizada (SID) se considera el primer aminoácido limitante para los lechones, recomendándose niveles de 1,35-1,45% durante las primeras semanas post destete, para luego reducirse gradualmente a 1,25-1,30% hacia los 60 días de edad (García-Morales et al., 2023). El balance adecuado de aminoácidos como metionina, treonina, triptófano y valina, expresados como ratio respecto a la lisina, resulta crucial para optimizar la síntesis proteica muscular y el funcionamiento del sistema inmunológico en lechones de genética avanzada como los cruces Duroc x Topigs (Rodríguez et al., 2021). La inclusión de harina de jengibre en dietas para lechones ha demostrado mejorar la utilización de la proteína dietética, efecto atribuido a la acción de compuestos fenólicos con propiedades antimicrobianas y moduladoras del microbiota intestinal, los cuales reducen la carga patógena y favorecen la absorción de aminoácidos en el intestino delgado (Khafipour et al., 2022). Estudios recientes con lechones destetados alimentados con dietas suplementadas con productos derivados del jengibre evidenciaron un incremento significativo en la retención de nitrógeno y en la eficiencia de utilización proteica, especialmente cuando se incorporó a niveles entre 0,2–0,5 % de la dieta total; no obstante, es importante señalar que el jengibre no sustituye los aportes específicos de aminoácidos esenciales ni cubre completamente los requerimientos nutricionales, sino que actúa como un complemento funcional que puede potenciar los efectos de una dieta equilibrada (Williams et al., 2024).

La formulación de micronutrientes y aditivos funcionales constituye un aspecto determinante para respaldar la inmunidad y el desarrollo intestinal de los lechones durante el período crítico post destete, por lo que los niveles de vitaminas liposolubles como A, D y E deben incrementarse sustancialmente respecto a los requerimientos básicos, considerando su papel fundamental en la modulación inmunológica y el mantenimiento de la integridad intestinal (Rostagno et al., 2020). Los minerales traza como zinc, cobre y selenio en formas orgánicas de alta biodisponibilidad resultan esenciales para optimizar el funcionamiento enzimático y las defensas antioxidantes de los lechones sometidos al estrés post destete (Valencia et al., 2021). La incorporación de harina de jengibre aporta, además de sus componentes bioactivos principales, un perfil interesante de minerales y compuestos antioxidantes que pueden complementar, pero no reemplazar, los requerimientos de micronutrientes durante esta fase crítica (Domínguez et al., 2022).

Tabla 1*Requerimientos Nutricionales hasta los 25 kg de peso.*

	Superpreiniciador	Preiniciador 1	Preiniciador 2	Iniciador
E.Met.(Kcal./kg)	3600	3500	3400	3350
Proteína B. (%)	22	21	20	18
Lisina (%)	1,70	1,60	1,40	1,30
Lactosa (%)	18/25	14	12	
Calcio (%)	0,90	0,85	0,85	0,80
Fosf. Disp. (%)	0,60	0,45	0,40	0,36

Nota: Tomado de Danura, (2010).**Tabla 2***Requerimientos nutricionales de los cerdos por kilogramo (kg).*

Detalle	Peso corporal (kg)					
	7-15	15-30	30-50	70-100	70-100	100-120
E Kcal/Kg	33,75	3230	3230	3230	3230	3230
Proteína cruda %	21,0	17,35	16,82	15,34	13,83	11,60
Calcio %	0,82	0,72	0,63	0,55	0,48	0,45
Fósforo %	0,55	0,36	0,31	0,25	0,22	0,19
Sodio %	0,23	0,20	0,18	0,17	0,15	0,17
Lisina %	1,52	1,14	1,03	0,91	0,82	0,66
Metionina %	0,39	0,31	0,30	0,27	0,25	0,20

Nota: Tomado de Pincay & Vélez, (2024)

3.2.1 Necesidades nutricionales en esta etapa crítica

La fase post destete representa un punto de inflexión nutricional para el lechón, donde la transición de una dieta líquida y altamente digestible a una sólida y compleja exige una formulación precisa de la alimentación, ya que satisfacer las necesidades nutricionales específicas de esta etapa es crucial para mitigar el estrés del destete, optimizar el crecimiento y fortalecer el sistema inmunológico, sentando las bases para un rendimiento productivo eficiente, mientras que un desequilibrio de la ingesta de nutrientes puede predisponer a problemas de salud y retrasos en el desarrollo (Wu et al., 2022).

Las proteínas de alta calidad y los aminoácidos esenciales, como la lisina, la metionina y el triptófano, son fundamentales para el crecimiento muscular y el desarrollo de órganos en el lechón post destete ya que la digestibilidad de la proteína es un factor clave a considerar al formular las dietas, ya que el sistema digestivo aún inmaduro puede tener dificultades para aprovechar fuentes proteicas complejas, por lo que investigaciones recientes enfatizan la importancia de la relación entre aminoácidos para optimizar la utilización de proteínas (Rostagno, 2020).

Los carbohidratos proporcionan la principal fuente de energía para el lechón destetado, por lo que la inclusión de fuentes de carbohidratos fácilmente digestibles, como el almidón pregelatinizado y la dextrosa, puede ayudar a mantener los niveles de glucosa en sangre y proporcionar energía para el crecimiento y la actividad, aunque es importante controlar la inclusión de fibra, ya que un exceso puede limitar la digestibilidad de otros nutrientes en esta etapa. (Mateos et al., 2023)

Las grasas son una fuente concentrada de energía y también son esenciales para la absorción de vitaminas liposolubles y el desarrollo del sistema nervioso, por lo que inclusión de ácidos grasos de cadena media (AGCM) ha demostrado tener efectos beneficiosos en la salud intestinal y el rendimiento de los lechones destetados debido a sus propiedades antimicrobianas y su fácil digestibilidad, siendo además importante la relación entre los ácidos grasos omega-3 y omega-6 también es importante para modular la respuesta inflamatoria (FAO, 2021).

Un hallazgo importante en la investigación nutricional post destete es el papel crucial de los micronutrientes, como las vitaminas A, D, E, complejo B, y los minerales

zinc, hierro y cobre; estos nutrientes participan en numerosas funciones metabólicas e inmunitarias, y su deficiencia puede comprometer la salud y el crecimiento del lechón; por ello, la suplementación adecuada de estos micronutrientes, en formas altamente biodisponibles, es esencial para superar los desafíos de esta etapa crítica (OMS, 2024).

3.3 Aditivos fitogénicos en producción porcina

En la búsqueda de estrategias para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de la producción porcina, los aditivos fitogénicos han emergido como una alternativa prometedora a los promotores de crecimiento antibióticos tradicionales; estos aditivos, derivados de plantas como hierbas, especias y sus extractos, contienen una variedad de compuestos bioactivos que pueden influir positivamente en la salud y el rendimiento de los cerdos, incluyendo los lechones en etapas críticas de su desarrollo (Campos et al., 2023).

3.4 Mecanismos de acción

Los aditivos fitogénicos ejercen sus efectos a través de diversos mecanismos de acción interrelacionados; algunos compuestos pueden estimular la secreción de enzimas digestivas, mejorando la digestibilidad de los nutrientes, mientras que otros poseen propiedades antimicrobianas y antioxidantes que pueden contribuir a la salud intestinal y a la protección contra el estrés oxidativo, además de que ciertos fitogénicos modulan la respuesta inmune y reducen la inflamación en el tracto gastrointestinal de los animales (Wallace et al., 2020).

La complejidad de los aditivos fitogénicos radica en la sinergia de sus múltiples componentes bioactivos, pues, por ejemplo, los aceites esenciales pueden alterar la permeabilidad de la membrana celular de las bacterias, mientras que los flavonoides pueden actuar como antioxidantes y antiinflamatorios; esta multifuncionalidad es una de las razones por las que los fitogénicos son considerados una alternativa integral a los antibióticos de amplio espectro (Brenes y Roura, 2024).

3.5 Lechones Duroc Americano x TN70 (línea Topigs)

El cruce entre la raza Duroc Americano y la línea TN70 de Topigs representa una estrategia de mejoramiento genético ampliamente utilizada en la producción porcina moderna, ya que esta combinación busca integrar las características deseables de ambas líneas parentales, como la rusticidad y la calidad de carne del Duroc, con la prolificidad

y la eficiencia de crecimiento de la línea TN70, cuyo objetivo principal es obtener lechones con un alto potencial de rendimiento, adaptabilidad a diversos sistemas de producción y carne de calidad superior para el consumidor (Topigs Norsvin, 2023).

La raza Duroc Americano es reconocida por su rápido crecimiento, eficiencia alimenticia y, particularmente, por la calidad de su carne, caracterizada por una buena infiltración de grasa intramuscular (marmoleo), lo que contribuye a su terneza y sabor, mientras que la línea TN70 de Topigs se destaca por su alta prolificidad, produciendo camadas numerosas y lechones vigorosos al nacimiento, además de una buena eficiencia de conversión alimenticia en las etapas de crecimiento y finalización (Cleveland et al., 2021).

La investigación se ha enfocado en evaluar el desempeño productivo con respecto a la ganancia de peso y conversión alimenticia en estos lechones, demostrando que estos híbridos suelen presentar un buen equilibrio entre el crecimiento y la calidad de la canal, con una adecuada tasa de crecimiento, un buen rendimiento de la canal y características de la carne apreciadas por la industria y los consumidores, mientras que la eficiencia en la utilización del alimento también suele ser favorable en comparación con otras genéticas (Van de Ven et al., 2020).

Un hallazgo relevante es la variabilidad en las características de la carne observada en función de factores como la alimentación y el manejo post destete, ya que si bien la genética Duroc aporta una predisposición a una mejor calidad de carne, las prácticas de manejo y la nutrición en las etapas de crecimiento y finalización juegan un papel crucial en la expresión final de estas características, por lo que las investigaciones continúan explorando las interacciones entre la genética y el ambiente para optimizar la calidad de la carne (Gómez y Ávila, 2024).

En términos de salud y adaptabilidad, los lechones Duroc Americano x TN70 suelen mostrar una buena rusticidad y capacidad de adaptación a diferentes condiciones de manejo; sin embargo, es fundamental implementar programas de manejo sanitario preventivo y proporcionar un ambiente adecuado para maximizar su potencial genético y minimizar la incidencia de problemas de salud comunes en las etapas tempranas de vida. (FAO, 2022).

3.5.1 Características de la línea genética

La selección y el uso de líneas genéticas específicas son pilares fundamentales en la producción porcina moderna, buscando optimizar rasgos productivos, de calidad y de adaptación, ya que la elección de razas o líneas parentales con características complementarias permite obtener híbridos con un rendimiento superior al de sus progenitores, fenómeno conocido como vigor híbrido, donde en el caso del cruce Duroc Americano x TN70, cada línea aporta atributos genéticos distintivos que influyen en el desempeño de la progenie (Falconer y Mackay, 1996).

La línea Duroc Americano se caracteriza por su robustez, rápido crecimiento y eficiencia en la conversión del alimento; sin embargo, su atributo más distintivo es la calidad de su carne, reconocida por su ternura, jugosidad y un buen nivel de grasa intramuscular (marmoleo), mientras que investigaciones han identificado genes y marcadores genéticos asociados con estas características de calidad en la raza Duroc (Edwards et al., 2022).

Por otro lado, la línea TN70 de Topigs es una línea materna, seleccionada por su alta fertilidad, tamaño de camada al nacimiento y al destete, y buena capacidad de producción de leche, mientras que las cerdas TN70 son conocidas por su temperamento tranquilo y su habilidad materna, lo que contribuye a una alta supervivencia de los lechones, aportando al cruce un mayor número de lechones destetados por cerda al año y un buen potencial de crecimiento en las etapas tempranas (Topigs Norsvin, 2021).

Los estudios genéticos comparativos entre la línea Duroc y la línea TN70 revelan diferencias en la frecuencia de alelos asociados con diversos rasgos productivos y de calidad, por lo que el análisis de polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs) y otras herramientas genómicas permiten identificar las regiones del genoma responsables de las diferencias observadas entre ambas líneas, información crucial para los programas de selección asistida por marcadores (MAS) y la mejora continua de las líneas parentales (Rothschild et al., 2020).

En la progenie resultante del cruce Duroc Americano x TN70, se espera una combinación de las características deseables de ambas líneas, donde los lechones heredan el potencial de rápido crecimiento y eficiencia alimentaria, junto con una mejora en la

calidad de la carne aportada por la línea Duroc, y la alta viabilidad y el buen crecimiento temprano influenciado por la línea TN70; en este sentido, la evaluación continua del desempeño de estos cruces en diferentes sistemas de producción es fundamental para optimizar su manejo y maximizar su rentabilidad (FAO, 2023).

3.5.2 Etapas de desarrollo y crecimiento (21 a 60 días)

En la producción porcina, el período de transición entre el destete y los 60 días de edad representa una fase crítica que determina el potencial productivo futuro del animal, ya que se caracteriza por cambios fisiológicos significativos en el tracto gastrointestinal del lechón que influyen directamente en la capacidad de asimilación de nutrientes y el consecuente desarrollo corporal; durante esta etapa, los lechones Duroc Americano x TN70 (línea Topigs) manifiestan un crecimiento acelerado en este periodo, presentando necesidades nutricionales específicas que deben ser atendidas para maximizar su potencial genético (Surai et al., 2022).

El crecimiento de los lechones (43-60 días) se caracteriza por una aceleración notable en la deposición de tejidos, particularmente músculo y hueso, estableciendo las bases para el desarrollo corporal futuro, y en este periodo, los cruces Duroc Americano x TN70 muestran una eficiencia alimenticia superior a otras líneas genéticas, con tasas de conversión que pueden optimizarse mediante la suplementación estratégica, como la incorporación de harina de jengibre en dietas comerciales para lechones muestra efectos positivos en los parámetros productivos debido a sus propiedades digestivas y metabólicas (Wang et al., 2023). El efecto termogénico del jengibre contribuye además a estimular el metabolismo energético, favoreciendo una mayor eficiencia en la utilización de nutrientes para el crecimiento (FAO, 2022).

3.5.3 Justificación del uso fitogénicos de en esta etapa y raza

La crianza porcina en sistemas intensivos enfrenta desafíos críticos durante la fase de destete, período en el cual los lechones experimentan un estrés multifactorial que compromete su desarrollo y salud intestinal, siendo el caso de los lechones Duroc Americano x TN70 (línea Topigs) constituyen una cruce genética de alto valor comercial, caracterizada por su excelente conversión alimenticia y ganancia de peso, pero igualmente susceptible a los desafíos post destete que incluyen cambios en la microbiota intestinal y disminución en la ingesta de alimento (Moreno et al., 2021).

Ante la creciente restricción global del uso de antibióticos promotores de crecimiento en producción animal, los aditivos fitogénicos como el jengibre (*Zingiber officinale*) han ganado relevancia como alternativas naturales para modular la microbiota intestinal y estimular funciones digestivas, siendo un enfoque sostenible especialmente prometedor en regiones como Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, donde las condiciones climáticas tropicales incrementan el desafío sanitario para la producción porcina intensiva (Caicedo et al., 2020).

El jengibre (*Zingiber officinale*) destaca entre los aditivos fitogénicos por su amplio espectro de componentes bioactivos con propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias que resultan particularmente beneficiosas durante el período crítico post destete ya que los gingeroles y shogaoles presentes en su composición han demostrado capacidad para inhibir el crecimiento de patógenos entéricos como *Escherichia coli* y *Salmonella*, bacterias frecuentemente asociadas a diarreas post destete en lechones (Alagawany et al., 2023).

Los metabolitos secundarios del jengibre estimulan la secreción de enzimas digestivas como la amilasa y lipasa, mejorando la digestibilidad de nutrientes en lechones jóvenes cuyo sistema digestivo aún se encuentra en desarrollo, mientras que sus propiedades inmunomoduladoras pueden fortalecer la respuesta inmunitaria local del intestino, crucial para lechones entre 21 y 60 días de edad cuando la inmunidad pasiva materna declina progresivamente y el sistema inmune propio debe fortalecerse (Guo et al., 2022).

La selección de la etapa de 21 a 60 días de edad para la inclusión de harina de jengibre en la alimentación de lechones Duroc Americano x TN70 responde a factores fisiológicos y prácticos de gran relevancia productiva ya que esta fase representa un período crítico caracterizado por la transición de una dieta láctea a una sólida, con la consecuente adaptación digestiva y microbiana que implica un alto riesgo de disbiosis intestinal y reducción en la eficiencia alimenticia, considerando además que estos lechones poseen un potencial genético superior para crecimiento muscular y eficiencia alimenticia, pero requieren un óptimo desarrollo del tracto digestivo para expresar plenamente este potencial (Sánchez et al., 2020). Los principios activos del jengibre,

particularmente el 6-gingerol y 6-shogaol, han mostrado efectos estimulantes sobre la motilidad gástrica y la secreción biliar, facilitando esta transición alimentaria en lechones (Villanueva et al., 2021). Además, el contexto productivo de Santo Domingo de los Tsáchilas, con temperaturas promedio de 25°C y humedad relativa superior al 80%, representa condiciones ambientales que incrementan el estrés térmico y la susceptibilidad a infecciones entéricas, justificando el uso de fitogénicos con propiedades termorreguladoras e inmunoestimulantes (Mendoza et al., 2022).

3.6 Jengibre (*Zingiber officinale*)

El jengibre (*Zingiber officinale*) representa una planta herbácea perenne perteneciente a la familia Zingiberaceae, originaria del sudeste asiático y ampliamente cultivada en regiones tropicales y subtropicales a nivel mundial, cuyo rizoma, caracterizado por un sabor picante y aromático, ha sido empleado tradicionalmente como especia culinaria y remedio medicinal en diversas culturas (Sánchez et al., 2020).

En la actualidad, el interés científico por esta planta ha crecido exponencialmente debido a sus compuestos bioactivos, principalmente gingeroles, shogaoles y paradoles, responsables de sus propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas, antioxidantes e inmunomoduladoras (Mao et al., 2023).

El rizoma de jengibre se distingue por su compleja composición fitoquímica, siendo los compuestos fenólicos sus componentes más estudiados por sus potenciales beneficios fisiológicos, donde los gingeroles constituyen los principales compuestos bioactivos presentes en el jengibre fresco, destacando el 6-gingerol como el más abundante, mientras que, durante el procesamiento térmico o almacenamiento prolongado, estos se transforman en shogaoles, incrementando su pungencia, mientras que estos compuestos fenólicos, el jengibre contiene terpenos volátiles como α -zingibereno, β -sesquifelandreno y ar-curcumeno, responsables de su aroma característico, junto con flavonoides, alcaloides y polisacáridos que contribuyen a su actividad biológica (Kumar et al., 2022).

Análisis fitoquímicos recientes han identificado que el contenido de principios activos en el jengibre varía considerablemente según factores ambientales, estado de madurez y métodos de procesamiento, presentando concentraciones de 4-7.5% de 6-

gingerol en rizomas maduros, lo que debe considerarse al estandarizar su uso como aditivo alimentario (González y Rivera, 2023).

Las investigaciones más recientes sobre la inclusión de harina de jengibre en la alimentación de lechones destetados han revelado aspectos prometedores para la producción porcina sostenible, ya que análisis metabolómicos han identificado alteraciones favorables en más de 50 metabolitos séricos relacionados con el metabolismo energético y proteico en lechones suplementados con jengibre, sugiriendo una optimización de los procesos metabólicos que podría explicar las mejoras en parámetros productivos (Domínguez et al., 2023).

3.6.1 Composición química y principios activos

El jengibre (*Zingiber officinale*) es una planta herbácea perenne perteneciente a la familia Zingiberaceae, ampliamente cultivada en regiones tropicales y subtropicales, cuyo rizoma posee propiedades organolépticas y terapéuticas de gran interés para la nutrición animal, ya que diversos estudios han evidenciado la compleja composición fitoquímica del jengibre, destacándose como una fuente natural de compuestos bioactivos con potencial para mejorar el rendimiento productivo en sistemas de crianza porcina (Hernández et al., 2020). La harina de jengibre, obtenida mediante el procesamiento de sus rizomas, constituye una alternativa prometedora como aditivo funcional en la alimentación de lechones durante la etapa de transición post destete, período crítico caracterizado por el estrés inmunológico y digestivo (Martínez et al., 2023).

La composición proximal de la harina de jengibre revela un perfil nutricional valioso para su incorporación como ingrediente funcional en dietas para lechones, ya que análisis bromatológicos recientes indican que el rizoma de jengibre deshidratado contiene aproximadamente 8.5-10% de proteína cruda, 3.5-6.0% de extracto etéreo, 4.5-6.0% de cenizas, 5.0-8.0% de fibra cruda y 60-70% de extracto libre de nitrógeno, valores que pueden variar según la variedad, condiciones de cultivo y métodos de procesamiento (Ayala et al., 2021).

Los compuestos fenólicos presentes en el jengibre constituyen uno de los grupos fitoquímicos de mayor relevancia por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias aplicables a la producción porcina, y han sido identificados a través de técnicas como la

cromatografía líquida de alta resolución (HPLC-MS) han identificado más de 40 compuestos fenólicos en extractos de jengibre, destacándose los gingeroles, shogaoles y paradoles como los más abundantes y bioactivos (Torres et al., 2020).

El perfil de compuestos volátiles del jengibre representa otro aspecto fundamental de su composición química con implicaciones directas en la palatabilidad y consumo voluntario de alimentos en lechones, ya que estudios mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) han identificado más de 160 componentes aromáticos en el aceite esencial de jengibre, siendo los sesquiterpenos (α -zingibereno, β -sesquifelandreno, ar-curcumeno) y monoterpenos (geranial, neral, 1,8-cineol) los grupos predominantes con concentraciones que oscilan entre 25-35% y 15-25% respectivamente (Fernández et al., 2020).

Las oleorresinas del jengibre contienen una significativa concentración de terpenos y compuestos relacionados con actividad inmunomoduladora particularmente relevante para lechones en fase de desarrollo, y análisis fitoquímicos empleando técnicas de extracción selectiva y espectrometría han cuantificado más de 25 diferentes sesquiterpenos en extractos de jengibre, destacándose β -bisaboleno, α -farneseno y β -elemento con concentraciones que pueden alcanzar 3.2-4.8 mg/g, 2.1-3.5 mg/g y 1.8-2.7 mg/g respectivamente en harinas de rizomas maduros procesados óptimamente (Castro et al., 2021).

3.6.2 Propiedades nutraceuticas del jengibre

El jengibre (*Zingiber officinale*) representa uno de los recursos fitogénicos más estudiados en la actualidad debido a sus múltiples propiedades benéficas tanto para humanos como para animales, ya que sus componentes bioactivos ejercen efectos terapéuticos y preventivos que trascienden su valor nutricional básico, posicionándolo como un nutraceutico de gran relevancia; los nutraceuticos se definen como aquellos alimentos o componentes alimenticios que proporcionan beneficios para la salud más allá de la nutrición básica, incluida la prevención y el tratamiento de enfermedades (Srinivasan et al., 2022).

Los componentes bioactivos del jengibre incluyen principalmente gingeroles, shogaoles, paradoles y zingerones, que le confieren propiedades antimicrobianas,

antiinflamatorias, antioxidantes y estimulantes digestivas, siendo el 6-gingerol, constituyen los principales compuestos responsables de su sabor picante y de gran parte de sus efectos terapéuticos, siendo potentes inhibidores de la síntesis de prostaglandinas, lo que explica su acción antiinflamatoria (Kumar et al., 2020). Los shogaoles, formados por deshidratación de los gingeroles durante el procesamiento térmico o almacenamiento prolongado, presentan mayor potencia antioxidante y antiinflamatoria que sus precursores, mientras que el contenido total de fenoles en el jengibre oscila entre 10,22 y 13,5 mg/g de extracto seco, valores que pueden variar según el método de extracción, la variedad de la planta y las condiciones de cultivo (Mao et al., 2023).

La capacidad antioxidante del jengibre representa una de sus propiedades nutraceuticas más destacadas, especialmente relevante en la producción porcina donde el estrés oxidativo puede comprometer significativamente el desarrollo y la salud de los lechones, ya que los compuestos fenólicos del jengibre neutralizan los radicales libres y reducen el daño oxidativo celular mediante la activación de enzimas antioxidantes como el superóxido dismutasa, catalasa y glutatión peroxidasa (Fernández et al., 2022).

Esta capacidad antioxidante resulta particularmente valiosa en animales jóvenes durante el destete, periodo caracterizado por un aumento del estrés oxidativo que puede conducir a disfunción intestinal y mayor susceptibilidad a enfermedades, ya que investigaciones recientes en modelos porcinos han demostrado que la suplementación con extractos de jengibre aumenta significativamente la capacidad antioxidante total en plasma y reduce la peroxidación lipídica, lo que se traduce en mejor integridad intestinal y mayor eficiencia en la absorción de nutrientes (FAO, 2023). Además, se ha comprobado que los compuestos del jengibre pueden regular la expresión génica relacionada con las vías antioxidantes, proporcionando protección a largo plazo contra el estrés oxidativo (Zhang et al., 2021).

Las propiedades antimicrobianas del jengibre constituyen otro aspecto fundamental de su perfil nutraceutico, particularmente relevante en el contexto actual de reducción del uso de antibióticos en la producción animal, ya que los aceites esenciales y compuestos fenólicos presentes en el jengibre han demostrado actividad inhibitoria contra numerosos patógenos entéricos como *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Clostridium perfringens* y *Staphylococcus aureus*, bacterias frecuentemente asociadas

con diarreas y reducción del rendimiento productivo en lechones (Valenzuela et al., 2020).

El efecto inmunomodulador del jengibre representa otro de los beneficios nutraceuticos de mayor interés en la producción porcina, especialmente durante las primeras etapas de vida cuando el sistema inmunológico de los lechones aún está en desarrollo, ya que los compuestos bioactivos del jengibre pueden modular tanto la respuesta inmune innata como adaptativa mediante diversos mecanismos, incluyendo la estimulación de células *Natural Killer*, macrófagos y la producción de citoquinas reguladoras (Ramírez et al., 2021).

3.6.3 Usos en producción animal

La búsqueda de alternativas naturales para optimizar la producción animal y mejorar la salud de los animales ha cobrado gran relevancia en los últimos años; en este contexto, el jengibre (*Zingiber officinale*), una planta con reconocidas propiedades medicinales, emerge como un aditivo prometedor en la alimentación de diversas especies pecuarias, ya que su inclusión en dietas animales se ha explorado por sus potenciales efectos beneficiosos en el sistema digestivo, la respuesta inmune y el rendimiento productivo (Abou et al., 2023).

En la producción porcina, específicamente en etapas cruciales como la de lechones, la incorporación de harina de jengibre en el alimento balanceado ha demostrado tener efectos positivos, ya que estudios han reportado mejoras en la digestibilidad de los nutrientes, lo que se traduce en una mayor eficiencia alimenticia y, potencialmente, en un mejor crecimiento y desarrollo de los lechones (Zhang et al., 2022). Además, las propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias del jengibre podrían contribuir a reducir la incidencia de problemas gastrointestinales, comunes en las primeras etapas de vida de los cerdos (Oluwole et al., 2024).

Hallazgos importantes en diversas investigaciones sugieren que la inclusión de jengibre puede modular el microbiota intestinal de los animales, favoreciendo el crecimiento de bacterias beneficiosas y disminuyendo la presencia de patógenos, lo cual se asocia con una mejor salud intestinal y una mayor capacidad de absorción de nutrientes

(Wang et al., 2021). Asimismo, se ha observado que el jengibre puede estimular el sistema inmunológico, haciendo a los animales más resistentes a enfermedades y reduciendo la necesidad de utilizar antibióticos de forma profiláctica (Ademola et al., 2020).

En relación al rendimiento productivo, algunas investigaciones han encontrado que la suplementación con jengibre puede influir positivamente en parámetros como la ganancia de peso diaria y el índice de conversión alimenticia en diferentes especies animales, incluyendo aves y rumiantes (Khan et al., 2023). Estos resultados sugieren que el jengibre podría ser una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de las explotaciones pecuarias.

Finalmente, es importante destacar que la dosis y la forma de inclusión del jengibre en la dieta animal son factores clave que pueden influir en los resultados, por ello, la presente investigación busca determinar el efecto específico de la inclusión de harina de jengibre en el alimento balanceado comercial para lechones Duroc Americano x TN70 en la etapa de 21 a 60 días de edad, en las condiciones particulares de Santo Domingo de los Tsáchilas, contribuyendo así al conocimiento científico en este campo y ofreciendo posibles estrategias para optimizar la producción porcina local (FAO, 2024).

3.6.4 Mecanismo de acción fisiológica del jengibre en lechones

La incorporación de harina de jengibre en la dieta de lechones podría ejercer sus efectos beneficiosos a través de diversos mecanismos fisiológicos interconectados. Los compuestos bioactivos presentes en el jengibre, como el gingerol, el shogaol y la zingerona, son los principales responsables de estas acciones, se ha demostrado que estos compuestos poseen propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y antimicrobianas que pueden influir positivamente en la salud y el rendimiento de los animales jóvenes (Ghasemzadeh y Ghasemzadeh, 2020).

A nivel del sistema digestivo, el jengibre puede estimular la secreción de enzimas digestivas, como la amilasa y la lipasa, lo que favorece una mejor digestión y absorción de los nutrientes en los lechones, esta mejora en la digestibilidad podría explicar los hallazgos de un mayor crecimiento y eficiencia alimenticia observados en algunos estudios, además, la capacidad del jengibre para modular la motilidad intestinal podría

contribuir a un tránsito digestivo más eficiente y a la prevención de trastornos gastrointestinales (Rahmani et al., 2022).

Las propiedades antiinflamatorias del jengibre se atribuyen a su capacidad para inhibir la producción de citoquinas proinflamatorias y enzimas como la ciclooxigenasa-2 (COX-2), en lechones, esta acción podría ser particularmente relevante durante el estrés del destete, un período asociado con inflamación intestinal y susceptibilidad a enfermedades, la reducción de la inflamación podría preservar la integridad de la mucosa intestinal y mejorar la función de barrera, limitando la entrada de patógenos (Sharifi et al., 2021).

Adicionalmente, los compuestos bioactivos del jengibre han demostrado tener efectos antimicrobianos contra una variedad de bacterias patógenas, incluyendo algunas cepas comunes en infecciones entéricas de lechones, esta actividad antimicrobiana podría contribuir a mantener un equilibrio saludable del microbiota intestinal, reduciendo la necesidad de antibióticos y promoviendo un ambiente intestinal favorable para el crecimiento de bacterias beneficiosas (Tan et al., 2023).

En conjunto, estos mecanismos de acción fisiológica sugieren que la harina de jengibre podría ser un aditivo valioso en la alimentación de lechones, ya que mejora la digestibilidad, reducir la inflamación, modular el microbiota intestinal y ejercer efectos antimicrobianos, el jengibre podría contribuir a una mejor salud intestinal, un mayor rendimiento productivo y una menor susceptibilidad a enfermedades en esta etapa crucial del desarrollo porcino (OMS, 2024).

3.6.5 Ingesta y procesamiento en el sistema digestivo

La eficiencia con la que los lechones ingieren y procesan su alimento es fundamental para su crecimiento y desarrollo, especialmente en las primeras etapas de vida, y la inclusión de aditivos como la harina de jengibre en el alimento balanceado puede influir en estos procesos iniciales de la digestión por lo que comprender cómo el jengibre interactúa con la ingesta y el procesamiento en el tracto gastrointestinal de los lechones es crucial para dilucidar sus efectos beneficiosos potenciales (Bach Knudsen et al., 2020).

La palatabilidad del alimento es un factor determinante en la ingesta, y algunos estudios sugieren que ciertos compuestos presentes en el jengibre podrían mejorar el aroma y el sabor del alimento, lo que podría estimular el consumo en los lechones, especialmente durante el período de transición al alimento sólido después del destete, por lo que una mayor ingesta de alimento de calidad se traduce directamente en una mayor disponibilidad de nutrientes para el crecimiento (Lallès et al., 2022).

Una vez ingerido, el alimento comienza su procesamiento en el tracto digestivo, y se ha postulado que el jengibre podría influir en la secreción de saliva y jugos gástricos, lo que iniciaría una digestión más eficiente de los carbohidratos y las proteínas en el estómago, por lo que esta acción podría reducir la carga sobre el intestino delgado y mejorar la posterior absorción de nutrientes (Choi et al., 2023).

En el intestino delgado, las enzimas pancreáticas juegan un papel crucial en la digestión final de los nutrientes, y estudios *in vitro e in vivo* sugieren que el jengibre y sus componentes bioactivos podrían estimular la actividad de estas enzimas, como la amilasa, la lipasa y las proteasas, lo que se traduce en una hidrólisis más completa de los nutrientes y, por lo tanto, en una mayor disponibilidad para su absorción a través de la pared intestinal (Srinivasan, 2020).

Finalmente, la motilidad intestinal es otro factor clave en el procesamiento digestivo, y un tránsito intestinal adecuado asegura un tiempo de contacto óptimo entre el alimento digerido y la superficie del intestino, por lo que se ha sugerido que el jengibre podría tener efectos reguladores sobre la motilidad intestinal, contribuyendo a una digestión y absorción más eficiente y previniendo problemas como la diarrea, comunes en lechones jóvenes (Ducray et al., 2024).

3.6.6 Absorción de los compuestos activos

Para que la harina de jengibre ejerza sus efectos fisiológicos en los lechones, sus compuestos bioactivos deben ser liberados durante la digestión y posteriormente absorbidos a través de la pared intestinal hacia la circulación sanguínea, por lo que la eficiencia de esta absorción es un factor determinante en la biodisponibilidad de estos compuestos y, por lo tanto, en su capacidad para interactuar con los sistemas biológicos

del animal, por lo que comprender los mecanismos de absorción es esencial para optimizar el uso del jengibre como aditivo alimentario (Faas y otros., 2020).

La absorción de los compuestos activos del jengibre, como el gingerol y el shogaol, puede ocurrir a lo largo de todo el intestino delgado, aunque la región específica y la eficiencia pueden variar según el compuesto y las condiciones luminales; en su mayoría, estos compuestos, al ser lipofílicos en su mayoría, pueden atravesar las membranas celulares de los enterocitos por difusión pasiva, sin embargo, también se han sugerido mecanismos de transporte activo para algunos de ellos, lo que podría influir en la cantidad absorbida (Choi et al., 2023).

La presencia de otros componentes en la dieta y las características del propio sistema digestivo del lechón, como el pH intestinal y la presencia de sales biliares, pueden afectar significativamente la solubilidad y, por ende, la absorción de los compuestos del jengibre; una adecuada formulación del alimento balanceado que considere estos factores podría mejorar la biodisponibilidad de los compuestos activos y potenciar sus efectos beneficiosos (Martínez et al., 2023).

Una vez absorbidos, los compuestos del jengibre son metabolizados en el hígado, donde pueden experimentar biotransformaciones que dan lugar a metabolitos con diferente actividad biológica; algunos de estos metabolitos pueden ser incluso más activos que los compuestos originales, contribuyendo a los efectos observados en diferentes tejidos y órganos del lechón, por lo que la comprensión de estas rutas metabólicas es crucial para entender el efecto sistémico del jengibre (Ojewole, 2022).

Investigaciones futuras deberían enfocarse en cuantificar la absorción y el metabolismo de los compuestos activos del jengibre en lechones bajo diferentes condiciones dietéticas y de edad; el uso de técnicas analíticas avanzadas, como la cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (LC-MS), permite identificar y cuantificar estos compuestos en fluidos biológicos y tejidos, proporcionando información valiosa sobre su biodisponibilidad y distribución en el organismo (EFSA, 2024).

3.6.7 Efecto en el sistema inmunológico

El sistema inmunológico de los lechones, especialmente en las primeras semanas de vida, aún se encuentra en desarrollo y es susceptible a diversos desafíos patógenos; la incorporación de aditivos naturales como la harina de jengibre en su dieta ha despertado interés por su potencial para modular y fortalecer la respuesta inmune, y los compuestos bioactivos presentes en el jengibre podrían interactuar con diferentes componentes del sistema inmunológico, contribuyendo a una mayor resistencia a enfermedades (González et al., 2021).

Se ha demostrado que el jengibre posee propiedades inmunomoduladoras al influir en la actividad de células inmunitarias clave, como los macrófagos y los linfocitos; los macrófagos, como células presentadoras de antígenos, juegan un papel crucial en la iniciación de la respuesta inmune, y el jengibre podría estimular su actividad fagocítica y la producción de citocinas, moléculas de señalización que regulan la respuesta inflamatoria e inmune (Moon et al., 2020).

En cuanto a la inmunidad humoral, estudios sugieren que la suplementación con jengibre podría aumentar los niveles de inmunoglobulinas, como la IgA, en fluidos biológicos como la saliva y el suero de los animales; la IgA juega un papel importante en la inmunidad de las mucosas, la primera línea de defensa contra patógenos que ingresan al organismo a través de las vías oral y respiratoria (Pourgholam et al., 2023).

Además, el jengibre podría influir en la inmunidad celular al modular la actividad de los linfocitos T y las células Natural Killer (NK); los linfocitos T son esenciales para la respuesta inmune específica contra patógenos intracelulares, mientras que las células NK participan en la eliminación de células infectadas o cancerosas, y la capacidad del jengibre para modular estas poblaciones celulares podría contribuir a una respuesta inmune más eficaz (Sanikhani et al., 2022).

Los hallazgos de investigaciones sugieren que la inclusión de jengibre en la dieta de lechones podría resultar en una menor incidencia de enfermedades infecciosas y una mejor respuesta a las vacunaciones, al fortalecer el sistema inmunológico, el jengibre podría contribuir a reducir la necesidad de utilizar antibióticos, promoviendo así una producción porcina más sostenible y saludable (FAO, 2023).

3.6.8 Influencia en el crecimiento y conversión alimenticia

Uno de los principales objetivos en la producción porcina es optimizar el crecimiento de los animales y la eficiencia con la que utilizan el alimento para ganar peso, es decir, la conversión alimenticia, la inclusión de aditivos naturales como la harina de jengibre en la dieta de los lechones ha sido investigada por su potencial para mejorar estos parámetros productivos clave, se espera que los efectos beneficiosos del jengibre a nivel digestivo e inmunológico se traduzcan en un mejor rendimiento general de los animales (González et al., 2021).

Diversos estudios han explorado la influencia de la suplementación con jengibre en la ganancia de peso diaria de los lechones, algunos hallazgos sugieren que la inclusión de jengibre en dosis adecuadas puede estimular el crecimiento, posiblemente debido a una mejor digestibilidad y absorción de los nutrientes, así como a una reducción de los problemas sanitarios que pueden afectar el desarrollo, un aumento en la ganancia de peso diaria se traduce en un ciclo de producción más corto y, por lo tanto, en una mayor eficiencia económica (EFSA, 2024).

La conversión alimenticia, que mide la cantidad de alimento consumido por unidad de peso ganado, es otro indicador crucial de la eficiencia productiva, y las investigaciones han reportado mejoras en la conversión alimenticia en lechones suplementados con jengibre, lo que indica que estos animales utilizan el alimento de manera más eficiente para su crecimiento, siendo esta mejora atribuible a los efectos del jengibre en el microbiota intestinal y en la utilización de los nutrientes (Choi et al., 2023).

Los mecanismos a través de los cuales el jengibre podría influir en el crecimiento y la conversión alimenticia son multifactoriales, y además de los efectos digestivos e inmunomoduladores previamente discutidos, algunos estudios sugieren que el jengibre podría tener efectos metabólicos que favorecen la síntesis de proteínas y la utilización de la energía del alimento para el crecimiento muscular en lugar de la acumulación de grasa (Khan et al., 2023).

Es importante destacar que la dosis de jengibre, la edad de los lechones y otros factores de manejo y alimentación pueden influir en los resultados observados en el crecimiento y la conversión alimenticia, por lo tanto, la presente investigación busca

determinar la dosis óptima de harina de jengibre en el alimento balanceado para lechones Duroc Americano x TN70 en las condiciones específicas de Santo Domingo de los Tsáchilas, con el objetivo de maximizar su potencial para mejorar el rendimiento productivo (Redalyc, 2020).

3.6.9 Posibles efectos en el microbiota intestinal

La microbiota intestinal, una compleja comunidad de microorganismos que residen en el tracto gastrointestinal de los lechones, desempeña un papel fundamental en su salud, nutrición e inmunidad. La incorporación de aditivos en la dieta, como la harina de jengibre, puede influir significativamente en la composición y la función de esta comunidad microbiana, comprender cómo el jengibre interactúa con el microbiota intestinal de los lechones es crucial para dilucidar sus mecanismos de acción y sus efectos beneficiosos potenciales (González et al., 2021).

Se ha sugerido que los compuestos bioactivos presentes en el jengibre, como el gingerol y el shogaol, podrían ejercer efectos prebióticos, favoreciendo el crecimiento de bacterias beneficiosas como los *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, un aumento en la población de estas bacterias se asocia con una mejor salud intestinal, una mayor producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y una mayor resistencia a la colonización por patógenos (Cardozo et al., 2021).

Además de promover el crecimiento de bacterias beneficiosas, el jengibre también podría tener efectos antimicrobianos selectivos contra ciertas bacterias patógenas que comúnmente afectan a los lechones, como *Escherichia coli* y *Salmonella*, esta acción podría contribuir a mantener un equilibrio saludable en el microbiota intestinal, reduciendo la incidencia de disbiosis y sus consecuencias negativas para la salud y el rendimiento de los animales (Hossain et al., 2022).

Los cambios en la composición del microbiota intestinal inducidos por el jengibre podrían tener efectos sistémicos en los lechones, la producción de AGCC por las bacterias fermentadoras, por ejemplo, no solo proporciona energía a las células del colon, sino que también puede influir en la función inmunológica y en el metabolismo energético del huésped, la modulación del microbiota intestinal por el jengibre podría, por lo tanto,

contribuir a los efectos observados en el crecimiento, la inmunidad y la salud general de los lechones (Molist et al., 2020).

Investigaciones futuras deberían enfocarse en caracterizar en detalle los cambios en la composición y la función del microbiota intestinal de los lechones en respuesta a la suplementación con harina de jengibre, el uso de técnicas de secuenciación de ADN de alto rendimiento (metagenómica) permitirá identificar las poblaciones microbianas específicas afectadas y comprender mejor los mecanismos a través de los cuales el jengibre ejerce sus efectos a nivel del ecosistema intestinal (Organización Mundial de la Salud, 2024).

3.6. 10 Harinas funcionales en alimentación porcina

La búsqueda de alternativas nutricionales que promuevan la salud y el rendimiento en la producción porcina ha impulsado el interés en las harinas funcionales, estas harinas, obtenidas a partir de diversas fuentes vegetales y subproductos agroindustriales, se caracterizan por poseer componentes bioactivos que pueden ejercer efectos beneficiosos más allá de su valor nutricional básico, su inclusión en la alimentación porcina busca mejorar la digestibilidad, fortalecer el sistema inmunológico y optimizar los parámetros productivos de los animales (Campos et al., 2022).

3.6. 11 Efectos sobre parámetros productivos

La incorporación de harinas funcionales en la dieta porcina ha demostrado tener efectos positivos en diversos parámetros productivos, estudios han reportado mejoras en la ganancia de peso diaria, la eficiencia alimenticia y la calidad de la carne, estos efectos podrían atribuirse a la mayor digestibilidad de los nutrientes, a la modulación del microbiota intestinal y al fortalecimiento del sistema inmunológico de los animales, lo que reduce la incidencia de enfermedades y optimiza el crecimiento (García et al., 2020).

Sin embargo, es importante destacar que los efectos de las harinas funcionales pueden variar según la fuente de la harina, la dosis utilizada, la etapa productiva de los cerdos y las condiciones de manejo, por ello, es fundamental realizar investigaciones específicas para determinar la harina funcional más adecuada y la dosis óptima para cada contexto productivo, con el fin de maximizar sus beneficios y garantizar la rentabilidad de la producción porcina (Scopus, 2024).

3.7 Inclusión en dietas de lechones

La etapa de lechón es particularmente crítica debido a la transición de la dieta líquida a la sólida y al desarrollo de su sistema digestivo e inmunológico, la inclusión de harinas funcionales en las dietas de lechones puede ofrecer beneficios significativos en esta fase, se ha observado que algunas harinas funcionales pueden mejorar la palatabilidad del alimento, estimular la ingesta, reducir la incidencia de diarreas post destete y promover un crecimiento saludable (Mateos et al., 2021).

La selección de la harina funcional adecuada para lechones debe considerar su composición nutricional, la presencia de compuestos bioactivos específicos y su potencial para influir positivamente en el microbiota intestinal y la respuesta inmune temprana, y se ha explorado el uso de harinas de leguminosas, cereales fermentados y subproductos vegetales con resultados prometedores en la mejora de la salud intestinal y el rendimiento de los lechones (Redalyc, 2023).

La dosis de inclusión de la harina funcional en la dieta de los lechones también es un factor clave a considerar. Se deben realizar estudios de dosis-respuesta para determinar la cantidad óptima que genere los mayores beneficios sin causar efectos adversos, y la presente investigación sobre la harina de jengibre se enmarca dentro de este interés por explorar el potencial de las harinas funcionales para mejorar la alimentación y el bienestar de los lechones (OMS, 2022).

3.7.1 Impacto en la salud intestinal de los lechones

La salud intestinal es crucial para el bienestar y el rendimiento de los lechones, especialmente durante el período de destete, que se asocia con estrés y cambios en la dieta, ya que los aditivos fitogénicos pueden desempeñar un papel importante en el mantenimiento de la integridad intestinal y la prevención de trastornos gastrointestinales en esta etapa crítica, y se ha observado que algunos fitogénicos pueden reducir la inflamación intestinal, mejorar la morfología de las vellosidades intestinales y promover un microbiota intestinal beneficiosa (Upadhaya et al., 2023).

La modulación de la microbiota intestinal por los fitogénicos, a través de la promoción de bacterias beneficiosas y la inhibición de patógenos, contribuye a una mejor función de barrera del intestino y a una menor susceptibilidad a enfermedades, además,

algunos compuestos fitogénicos pueden estimular la producción de mucina, una capa protectora que recubre la mucosa intestinal, y estos efectos combinados favorecen un ambiente intestinal saludable y un mejor rendimiento de los lechones (Redalyc, 2021).

La investigación continua sobre el uso de aditivos fitogénicos en la alimentación de lechones busca identificar las combinaciones y dosis más efectivas para optimizar la salud intestinal y el rendimiento productivo, ofreciendo así alternativas sostenibles y responsables a los antibióticos promotores de crecimiento (FAO, 2024).

3.8 Parámetros zootécnicos

Los parámetros zootécnicos son indicadores clave del rendimiento y la eficiencia en la producción porcina, su evaluación sistemática permite cuantificar la respuesta de los animales a diferentes manejos nutricionales y ambientales, y son fundamentales para determinar la viabilidad económica de la explotación, en el contexto de la investigación sobre la inclusión de harina de jengibre en la dieta de lechones, el seguimiento detallado de estos parámetros permitirá determinar su impacto real en el crecimiento y la eficiencia alimenticia (García et al., 2021).

3.8.1 Ganancia de peso (GDP)

La ganancia de peso diaria (GDP) es un parámetro fundamental que refleja la velocidad de crecimiento de los animales, se calcula dividiendo el incremento total de peso durante un período específico por el número de días de dicho período, una mayor GDP es deseable ya que indica un crecimiento más rápido y un menor tiempo para alcanzar el peso de mercado, la investigación evaluará si la inclusión de harina de jengibre influye en la GDP de los lechones durante la fase de estudio (Rodríguez et al., 2022).

3.8.2 Consumo de alimento (CA)

El consumo de alimento (CA) se refiere a la cantidad total de alimento ingerido por los animales durante un período determinado, este parámetro es esencial para calcular la eficiencia alimenticia y los costos de producción, la investigación registrará el CA de los lechones en los diferentes grupos experimentales para determinar si la inclusión de harina de jengibre afecta la cantidad de alimento que consumen (Pérez et al., 2023).

3.8.3 Conversión alimenticia (CA)

La conversión alimenticia (CA), también conocida como índice de conversión alimenticia (ICA), es un indicador de la eficiencia con la que los animales transforman el alimento en ganancia de peso, se calcula dividiendo el consumo total de alimento por la ganancia total de peso durante un período específico, por lo tanto, un valor de CA más bajo indica una mayor eficiencia alimenticia, y la investigación determinará si la inclusión de harina de jengibre mejora la CA en los lechones (Sánchez et al., 2024).

Para obtener una visión más detallada de la eficiencia alimenticia a lo largo del tiempo, se calculará la conversión alimenticia semanal y la conversión alimenticia acumulada, la conversión alimenticia semanal permitirá identificar posibles variaciones en la eficiencia durante las diferentes semanas del estudio y la conversión alimenticia acumulada ofrecerá una evaluación general de la eficiencia alimenticia durante todo el período experimental, proporcionando una perspectiva integral del impacto de la harina de jengibre en la utilización del alimento por parte de los lechones (Martínez et al., 2020).

3.9 Temperatura y humedad ambiental

La temperatura y la humedad ambiental son factores micro climáticos cruciales que influyen significativamente en el bienestar y el rendimiento de los lechones, especialmente durante las primeras etapas de su vida, mantener condiciones ambientales óptimas es esencial para asegurar su confort térmico, minimizar el estrés y favorecer un crecimiento saludable, la presente investigación considerará estos parámetros ambientales como posibles factores que interactúan con el efecto de la harina de jengibre (Balasch et al., 2020).

3.9.1 Relación temperatura, humedad y confort térmico del lechón

El confort térmico de los lechones está determinado por una compleja interacción entre la temperatura ambiental, la humedad relativa, la velocidad del aire y la temperatura corporal del animal, los lechones, especialmente los recién nacidos, tienen una capacidad limitada para regular su temperatura corporal y son altamente susceptibles al estrés por frío o por calor, la termo-neutralidad, que es cuando el lechón no necesita gastar energía adicional para mantener su temperatura corporal, varía con la edad y el peso (Quiniou et al., 2021).

La humedad relativa influye en la percepción de la temperatura por parte del lechón, una alta humedad puede exacerbar los efectos del calor, dificultando la pérdida de calor a través de la evaporación, mientras que una baja humedad puede aumentar la pérdida de calor por convección, especialmente en ambientes fríos, por lo tanto, es crucial considerar la combinación de temperatura y humedad para evaluar el riesgo de estrés térmico en los lechones (Renaudeau et al., 2020).

3.9.2 Influencia del ambiente en el comportamiento productivo

Las condiciones ambientales subóptimas pueden tener un impacto negativo significativo en el comportamiento productivo de los lechones, el estrés térmico, ya sea por frío o por calor, puede reducir el consumo de alimento, disminuir la ganancia de peso y aumentar la susceptibilidad a enfermedades, los lechones expuestos a temperaturas fuera de su zona de confort térmico pueden mostrar comportamientos como temblores, agrupamiento excesivo (en frío) o jadeo y postración (en calor), desviando energía del crecimiento hacia la termorregulación (Silva et al., 2022).

Mantener un ambiente adecuado, con temperaturas y humedad dentro del rango óptimo para la edad de los lechones, es esencial para maximizar su potencial genético de crecimiento y eficiencia alimenticia, la presente investigación registrará y analizará las condiciones ambientales de las salas de alojamiento para evaluar su posible influencia en los parámetros zootécnicos y determinar si interactúan con los efectos de la suplementación con harina de jengibre (Redalyc, 2024).

La comprensión de la interacción entre la nutrición (a través de la harina de jengibre) y el ambiente térmico es fundamental para optimizar las prácticas de manejo y asegurar el bienestar y la productividad de los lechones en las condiciones específicas de Santo Domingo de los Tsáchilas (FAO, 2023).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales e insumos

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó los siguientes materiales

4.1.1 Materiales

- Registros
- Botas punta de acero
- Libreta de apuntes
- Tamo
- Jeringas y agujas
- Focos infrarrojos

4.1.2 Equipos electrónicos

- Equipos de informática (computadora portátil marca HP, impresora marca Epson, otros)
- Cámara de fotografía digital marca Canon
- Balanza digital 100kg, marca Camry
- Romana de gancho manual, marca Truper
- Termohigrómetro digital, marca Thermopro
- Secadora de cacao, marca local (sin marca industrial)
- Molino eléctrico de granos, marca Victoria
- Mezcladora semi- industrial, marca KitchenAid

4.1.3 Equipos de limpieza e insumos de desinfección

- Yodo
- Agua
- Formol
- Cal (óxido de calcio)
- Detergente

4.1.4 Instalaciones

- Corrales
- Bebederos de chupón (3)
- Comedero doble cara (3)

- Membrete
- Cortinas

4.1.5 Insumos Alimenticios

- Balanceado comercial + promotor de crecimiento
- Balanceado comercial
- Balanceado + Harina de jengibre 0.01%

4.1.6 Semovientes

- Lechones (30 total, hembras 18, machos 12)

4.2 Método

4.2.1 Fase de campo

La presente investigación se llevó a cabo en el sector el Triunfo, la parroquia de Valle Hermoso, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, donde se adecuó las chancheras para el desarrollo de la investigación con las coordenadas 0°01'36.3"S latitud y una 79°16'51.2"O longitud. (Figura 1). Esta región presenta un clima de selva tropical, muy cercano a un clima monzónico tropical, con temperaturas cálidas durante todo el año. La temperatura máxima promedio ronda los 26°C y la humedad es alta, con precipitaciones significativas a lo largo del año, siendo los meses más lluviosos entre enero y mayo.

Tabla 3

Descripción de la ubicación geográfica de la investigación

Descripción geográfica de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas	
País:	Ecuador
Provincia:	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón:	Santo Domingo
Coordenadas Geográficas	Latitud: 0°15'15"S Longitud: 79°10'19"O
Límites:	Norte y este: Provincia de Pichincha Noroeste: Provincia de Esmeraldas Oeste: Provincia de Manabí Sur: Provincia de Los Ríos

Nota: Esta tabla contiene la ubicación geográfica de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Adaptado de Google Earth (2021)

Tabla 4

Descripción geográfica del sitio experimental

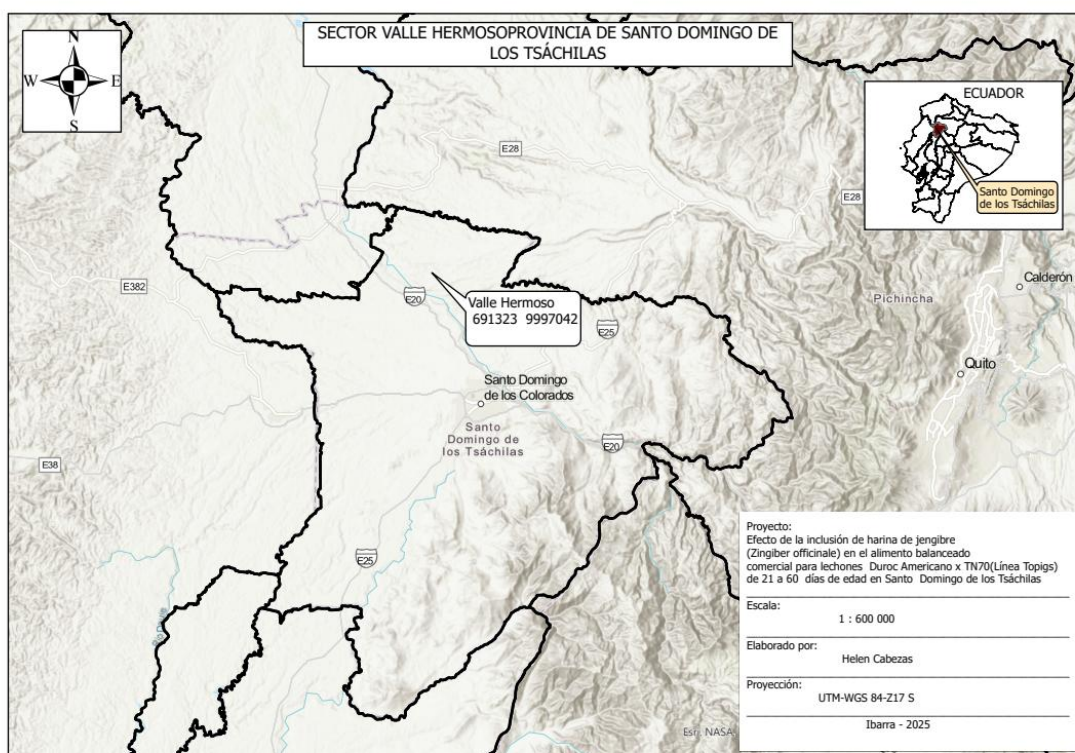
Descripción geográfica del sitio experimental	
Sector:	Valle Hermoso
Provincia:	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón:	Santo Domingo
Coordenadas Geográficas	Latitud: 0°01'36.3"S Longitud: 79°16'51.2"O

Nota: Esta tabla contiene la ubicación geográfica del sitio experimental.

Adaptado de Google Earth (2021)

Figura 1

Ubicación geográfica del área de estudio



Nota. Horizonte geográfico de la investigación, Google imagen editada en ArcGIS Pro (2025).

4.2.2 Variables

En la presente investigación, se consideraron las siguientes variables para evaluar el efecto del tratamiento o factor estudiado.

4.2.3 Variable Dependiente

- **Peso vivo:** Esta variable se midió de forma longitudinal a lo largo del ensayo. Se registró el peso de los individuos (lechones) al inicio del periodo experimental (día 21 de edad), con una frecuencia semanal (cada siete días), y al finalizar el estudio (día 60 de edad). El objetivo de esta medición fue determinar la influencia del factor experimental sobre el crecimiento y desarrollo de los individuos.
- **Consumo de alimento:** Se realizó un seguimiento exhaustivo del consumo diario de alimento por parte de los individuos o grupos experimentales. Adicionalmente, se registró cualquier desperdicio de alimento que pudiera ocurrir, con el fin de obtener una medición precisa de la ingesta real.

4.2.4 Variable Independiente

- Índice de conversión alimenticia
- Tasa de ganancia de peso

4.2.5 Diseño Experimental

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos en esta investigación, se empleará el programa XLSTAT BASIC+, versión 2023.2.0.1411, con licencia (identificador) b1672737-bf0f-472b-a655-46d8039fd975 (Lumivero, 2025). El diseño experimental seleccionado es el diseño completamente al azar (DCA), se caracteriza por la asignación aleatoria de las unidades experimentales a los distintos tratamientos, minimizando el riesgo de sesgos y permitiendo atribuir las diferencias observadas en las variables de respuesta al efecto de los tratamientos aplicados (Montgomery, 2020). La aleatorización es fundamental para asegurar la independencia de las observaciones y la validez de las pruebas estadísticas que se aplicarán posteriormente (Box et al., 2021).

La elección del DCA se fundamenta en su simplicidad, flexibilidad y eficiencia para comparar medias de tratamientos cuando las unidades experimentales son homogéneas o cuando no se identifican fuentes de variación sistemática adicionales (Cochran y Cox, 2023). Su implementación facilita el análisis estadístico mediante pruebas como el Análisis de Varianza (ANOVA), permitiendo determinar si existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos (Anderson et al., 2024). La estructura balanceada del diseño, con igual número de repeticiones por tratamiento, optimiza la potencia estadística de las pruebas (Steel et al., 2025).

4.2.6 Análisis Funcional

El análisis funcional se iniciará con la aplicación de pruebas de significancia; sin embargo, previamente se evaluará la normalidad de los residuos del modelo ANOVA mediante la prueba de Shapiro-Wilks (Shapiro y Wilk, 1965, citado en Field, 2023). Es crucial destacar que esta prueba se aplicará a los residuos obtenidos tras la ejecución del ANOVA, y no directamente a los datos originales (Montgomery, 2020).

Prueba de Normalidad: Si la normalidad no se cumple ($p < 0.05$), se aplicarán transformaciones como raíz cuadrada (\sqrt{x}), logaritmo base 10 ($\log_{10}(x)$) o arcoseno para proporciones ($\arcsin(x)$) (Osborne, 2022).

Tukey (HSD): Adecuada para comparaciones múltiples por pares de medias cuando todos los tratamientos son de interés (Abdi & Williams, 2010, citado en Field, 2023).

Fisher (LSD): Más sensible para detectar diferencias, pero con mayor riesgo de error tipo I en comparaciones múltiples (Kirk, 2013, citado en Montgomery, 2020).

4.2.7 Coeficiente de variación

Se calcula el coeficiente de variación (CV) para cada variable dependiente, un CV superior al 20% podría indicar una alta dispersión de los datos con respecto a la media, lo que sugiere una posible influencia de factores externos no controlados o una variabilidad inherente a las unidades experimentales; sin embargo, un CV elevado por sí solo no invalida el experimento, pero requiere una interpretación cautelosa de los resultados (Little y Hills, 1978, citado en Steel et al., 2025).

4.2.8 Unidades experimentales

El número total de unidades experimentales en este estudio es el resultado del producto del número de tratamientos por el número de réplicas (Número de Tratamientos x Número de Réplicas = $3 \times 3 = 10$ unidades experimentales); un mayor número de unidades experimentales generalmente conduce a una reducción del error experimental y a una mayor confiabilidad de los resultados (Anderson et al., 2024).

El tamaño de la unidad experimental (en este caso, diez lechones por unidad) se determinó considerando la disponibilidad de recursos y las recomendaciones para investigaciones con animales; en este caso con animales más grandes o cuando las restricciones de espacio o costo son significativas, un tamaño de unidad experimental de tres individuos es aceptable, siempre y cuando se mantenga un número adecuado de réplicas por tratamiento

(Montgomery, 2020). Los promedios de las variables que se medirán representarán la respuesta de cada unidad experimental.

4.2.9 Factores de estudio

Factor 1: Alimento balanceado elaborado + Harina de jengibre 0.01%

Factor 2: Alimento balanceado comercial + Promotor de crecimiento

Factor 3: Alimento balanceado comercial

4.2.10 Tratamientos

Los tratamientos aplicados en este experimento se designarán con la siguiente simbología, facilitando la presentación y discusión de los resultados. La tabla 5 presenta la simbología y la descripción de cada tratamiento.

Tabla 5

Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Simbología	Descripción
Tratamiento 1	T1	Balanceado elaborado + Harina de jengibre 0.01%
Tratamiento 2	T2	Balanceado comercial + Promotor de crecimiento
Tratamiento 3	T3	Balanceado comercial

Nota. La tabla presenta los tratamientos experimentales utilizados en el estudio, diferenciando entre dietas elaboradas y comerciales.

4.2.11 Esquema del ANOVA

El modelo del Análisis de Varianza (ANOVA) que se utilizará para analizar los datos de este diseño completamente al azar (DCA) se describe en la Tabla 6. Este modelo permitirá particionar la variabilidad total de los datos en diferentes fuentes de variación, incluyendo el efecto de los tratamientos y el error experimental (Montgomery, 2020).

Tabla 6*Esquema del ANOVA para un Diseño Completamente al Azar (DCA)*

Fuente de Variación	Grados de Libertad (GL)
Total	29
Tratamientos	2
Error experimental	27

Nota. Elaborado por la autora con base en Montgomery (2020).

4.2.12 Manejo específico del experimento

El manejo del experimento se realizó siguiendo directrices y protocolos establecidos en investigaciones previas. Adewumi et al., (2021) describen un protocolo detallado para el manejo de cerdos Landrace × Duroc para evaluar rendimiento de crecimiento y parámetros sanguíneos con dietas suplementadas con cúrcuma y jengibre, asignando aleatoriamente los animales a distintos tratamientos con diferentes niveles de aditivo. Similarmente, Zhang et al., (2023) implementaron grupos control y tratamientos con distintas dosis de jengibre para evaluar su efecto en la alimentación. En el presente estudio, se adaptaron estas recomendaciones para garantizar un manejo adecuado de los lechones, asegurando la administración correcta y consistente de las dietas experimentales, y facilitando la recolección precisa de datos durante el período de estudio (21 a 60 días de edad).

En este apartado se describe el manejo aplicado durante el experimento para evaluar la inclusión de harina de jengibre en la dieta de lechones destetados. Se detallan aspectos clave del proceso del experimento, que permitieron desarrollar el estudio bajo condiciones controladas y homogéneas.

4.2.13 Preparación y adecuación de las instalaciones

Antes del experimento, se realizó una limpieza exhaustiva de las instalaciones utilizando los insumos descritos en el apartado 4.1.3 (yodo, agua, formol, cal y detergente). Además, se emplearon carretillas, palas y otros equipos de limpieza para asegurar un ambiente sanitario adecuado, siguiendo protocolos recomendados para minimizar riesgos de contaminación (Ramírez et al., 2022).

Las instalaciones de concreto fueron acondicionadas conforme a las recomendaciones de la FAO (2018), asegurando condiciones ambientales estables para los lechones durante el

periodo experimental de 4 semanas (de 21 a 60 días de edad). Se instalaron comederos tipo tolva y bebederos automáticos en una proporción de 1 unidad por cada 10 lechones, asegurando un acceso equitativo y evitando competencia entre los animales. Además, presentaron techo con cobertura para sombra y protección climática, facilitando las labores de limpieza y el manejo "todo dentro, todo fuera" (Huerta & Gasa, 2012).

4.2.13 Selección y adquisición de animales experimentales

La adquisición de los animales se realizó en la “Granja Porcab”, ubicada en la parroquia Valle Hermoso, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Se seleccionaron lechones procedentes de tres camadas distintas, nacidas con una diferencia de 1 – 2 días, para garantizar una edad homogénea (14 días al destete). Este manejo evita el estrés asociado a la mezcla de camadas, ya que agrupar animales extraños puede inducir cambios fisiológicos, bioquímicos e inmunológicos adversos (Weary et al., 2003).

En total se incluyeron 30 lechones (18 hembras y 12 machos), seleccionados por su peso corporal similar (6.5 ± 0.5 kg) y buen estado sanitario general. La información adicional sobre estos animales está disponible en el apartado 4.1.6 Semovientes.

4.2.14 Período de adaptación y aclimatación

Los lechones fueron sometidos a un período de adaptación de 7 días, durante el cual se les suministró alimento balanceado comercial sin aditivos para permitir la adaptación gradual al nuevo ambiente, sistema de alimentación y manejo experimental. Este período es fundamental para estabilizar el consumo de alimento y minimizar el estrés asociado al destete y cambio de ambiente (Pluske et al., 2018).

Durante la adaptación se monitorearon parámetros de comportamiento alimentario, consumo de agua y signos de estrés. Se implementó un sistema de control térmico mediante lámparas infrarrojas y ventilación controlada para mantener condiciones ambientales estables, evaluadas mediante un termohigrómetro digital que registró temperatura y humedad relativa. De acuerdo con Renaudeau et al. (2019), aunque la temperatura registrada superó ligeramente el rango óptimo recomendado (28-30°C), con una humedad relativa ideal del 60 % al 70 %. En esta investigación, durante la primera semana de adaptación se registró una temperatura promedio de 33.6 °C y una humedad relativa de 65.5 %, condiciones consideradas aceptables para esta etapa crítica del desarrollo del lechón.

Durante esta misma etapa, se inició también la elaboración de la harina de jengibre destinada al tratamiento T1, garantizando su disponibilidad para el día 21, cuando comenzó la fase experimental.

4.2.15 Elaboración y preparación de la harina de jengibre

La harina de jengibre (*Zingiber officinale*), se elaboró durante el período de adaptación con el fin de que estuviera lista y disponible el día 21 para su dosificación con la dieta experimental. El proceso incluyó varias etapas, ejecutadas utilizando los equipos descritos en el apartado 4.1.2 específicamente una secadora de cacao y un molino eléctrico de granos:

- **Selección y limpieza:** Se seleccionaron rizomas frescos, sanos y sin signos de daño, adquiridos en el mercado local de Santo Domingo de los Tsáchilas. Estos se lavaron con agua potable para eliminar tierra e impurezas visibles para garantizar la calidad del producto final (Buenaño & Bravo, 2022).
- **Pelado y corte:** Se empleó limpieza cuidadosa con cuchillos de acero inoxidable, los rizomas fueron pelados manualmente y cortados en láminas finas de 2 a 3 mm (Acuña & Torres, 2023).
- **Secado:** El jengibre se secó en una secadora de cacao a 45 °C durante 24 horas, tiempo suficiente para reducir la humedad a menos del 10 %, preservando compuestos funcionales como gingeroles y shogaoles. Según Wang, Li y Zhang (2023), el secado por aire caliente a esta temperatura y duración permite mantener la calidad nutricional y funcional del jengibre, lo que es esencial para su uso en alimentación animal.
- **Molienda y tamizado:** El jengibre seco se molió en un molino de martillos (marca Victoria) hasta obtener una granulometría de 0.5 mm. Posteriormente, se tamizó para separar restos fibrosos no triturados y garantizar una textura homogénea (Poliński et al., 2022).
- **Almacenamiento:** Finalmente, la harina fue almacenada en fundas herméticas, etiquetadas y selladas, resguardadas en ambiente seco a temperatura entre 20 y 25 °C, evitando la exposición a humedad y luz para preservar sus propiedades funcionales (Poliński et al., 2022).

Este procedimiento permitió contar con una harina de jengibre uniforme, segura y funcional para su uso en el tratamiento T1 del ensayo, donde fue incluida al 1 % sobre la

base del alimento seco, es decir, 1.8 kg para los 180 kg de alimento, según lo señalado por Radzikowski y Milczarek (2022), quienes indican que concentraciones entre 0.5 % y 1 % de harinas vegetales bioactivas generan efectos positivos sobre el desempeño animal sin provocar efectos adversos.

4.2.16 Distribución de unidades experimentales

Al día 21 (inicio del periodo experimental), se llevó a cabo la asignación de los 30 lechones previamente adaptados en tres grupos de 10 animales cada uno, de forma balanceada por peso y sexo. La asignación se realizó después del primer pesaje para emparejar las unidades experimentales y reducir la variabilidad dentro de los tratamientos, considerándose cada lechón como unidad experimental. Esta estrategia estuvo alineada con estudios que demuestran que agrupar lechones por peso inicial mejora su homogeneidad de crecimiento y desempeño (López et al., 2018).

Cada grupo ocupó un corral independiente, lo que evitó la contaminación cruzada y permitió suministrar exclusivamente su dieta asignada durante las 4 semanas del estudio (21–60 días de edad). Se emplearon focos infrarrojos como fuente de calor suplementario post-destete, lo cual favorece el confort térmico y estimula el consumo de alimento (Zeng et al., 2023; Sulzbach et al., 2020). Esta distribución también facilitó el monitoreo del consumo, comportamiento y estado sanitario de cada grupo bajo condiciones controladas y homogéneas.

4.3 Manejo del alimento

Durante la fase experimental, que se desarrolló desde el día 21 hasta el día 60 de edad de los lechones, se utilizaron tres tratamientos:

- **T1:** Alimento balanceado elaborado + Harina de jengibre: Formulado con los siguientes ingredientes: 59 % maíz, 40 % concentrado proteico comercial y 1 % de harina de jengibre elaborada previamente. Esta mezcla fue preparada, mezclada y luego enviada a peletizar para garantizar homogeneidad en la presentación del alimento.
- **T2:** Alimento balanceado comercial + Promotor de crecimiento: Peletizado con adición de Flavomycin (promotor de crecimiento comercial), que ya venía mezclado y peletizado por el fabricante, suministrado directamente según la dosis recomendada.
- **T3:** Alimento balanceado comercial: Peletizado sin ningún químico.

Antes de iniciar el ensayo (durante los primeros 7 días de traslape, del día 14 al 21), todos los lechones recibieron alimento preiniciador Fase 1 para facilitar la adaptación gradual al alimento sólido.

Para los tratamientos T1 y T2, desde el día 21 se suministraron sus dietas correspondientes (mezcla experimental y alimento comercial con promotor, respectivamente).

El tratamiento T3 recibió

- **Preiniciador Fase 2**, para luego empezar con el **Alimento inicial o fase crecimiento** hasta el final del experimento (día 60).

La entrega del alimento se realizó dos veces al día, a las 07:00 y 16:30 horas, con cantidades ajustadas de acuerdo con el peso corporal y la edad de los animales.

En total, durante la fase experimental se utilizaron:

- 13 sacos (de 40 kg) para el T1.
- 13 sacos (de 40 kg) para el T2.
- 13 sacos (de 40 kg) para el T3: 5 sacos (de 40 kg) de preiniciador Fase 2 y 8 sacos (de 40 kg) de alimento inicial

Durante toda la fase experimental, se registró diariamente la cantidad de alimento ofrecido y sobrante en cada corral, utilizando una balanza digital 100kg, marca Camry, para estimar el consumo real por tratamiento.

Estos datos permitieron calcular el índice de conversión alimenticia (ICA) y la ganancia diaria de peso (GDP), variables clave para evaluar el efecto de la inclusión de harina de jengibre sobre el desempeño productivo de los lechones.

4.3.1 Pesaje de los animales

Con el objetivo de evaluar el crecimiento de los lechones bajo cada tratamiento, se efectuaron pesajes individuales cada 7 días durante la fase experimental. Este intervalo permitió monitorear la evolución del peso corporal de forma continua y precisa, sin generar estrés innecesario en los animales.

Los registros obtenidos fueron utilizados para calcular indicadores productivos como la ganancia diaria de peso (GDP) y para complementar el análisis del desempeño

zootécnico. La frecuencia semanal de pesaje está respaldada por estudios experimentales en porcicultura que recomiendan este intervalo para garantizar un seguimiento confiable del crecimiento sin comprometer el bienestar animal (Rodríguez et al., 2021).

4.3.2 Manejo de los animales

Durante todo el ensayo, se aplicó un manejo riguroso a todos los animales para garantizar su bienestar y condiciones homogéneas entre tratamientos. Esto incluyó suministro continuo de agua limpia, administración de alimento dos veces al día, limpieza diaria de corrales, y manejo sanitario preventivo. Se utilizó plástico negro para cubrir y proteger los techos de los corrales, evitando daños y la entrada de luz directa, mejorando así el confort ambiental. El control de temperatura y ventilación se mantuvo estable para asegurar condiciones adecuadas para los lechones durante el experimento (Carrera, 2019).

4.3.3 Medición de las Variables

La medición de las variables dependientes se realizará siguiendo metodologías validadas en la literatura científica. Para el Índice de conversión alimenticia se utilizarán los procedimientos de Nahm (2023), que ofrecen un enfoque integral sobre su importancia y aplicación en la nutrición animal. La medición de la tasa de ganancia de peso se basará en las recomendaciones de Gous et al. (2021), quienes explican cómo medir y modelar el crecimiento en diferentes especies. Se tomarán las precauciones necesarias para garantizar la exactitud y consistencia de las mediciones durante todo el experimento (Creswell & Creswell, 2023).

4.3.4 Consumo de alimento

El consumo diario de alimento (kg/día) es un parámetro fundamental en cualquier programa de alimentación, ya que está influenciado por diversos factores de manejo que deben ser controlados para asegurar el éxito productivo (Águila, 2021). En este estudio, el consumo de alimento se calculó con la fórmula:

Para el análisis del consumo de alimento se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo de alimento} = \text{Alimento ofrecido} - \text{Alimento rechazado}$$

Al finalizar la fase experimental, se sumaron los consumos diarios para obtener el total consumido por cada tratamiento.

4.3.5 Conversión alimenticia

La conversión alimenticia evalúa la eficiencia con la que el animal aprovecha el alimento, expresada como la cantidad de alimento necesario para ganar una unidad de peso vivo (Álvarez et al.,2022).

Se calculó con la fórmula:

$$CA= \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Peso final}-\text{Peso inicial (ganancia de peso)}}$$

Este cálculo se realizó por tratamiento usando los registros de consumo y peso.

4.3.6 Ganancia de peso diaria y final de la etapa

La ganancia de peso es el incremento de peso corporal del animal durante un periodo determinado, y permite evaluar la eficiencia del programa de alimentación y estimar el tiempo para alcanzar el peso comercial (Águila, 2021). Para calcularla, se registró el peso de los lechones semanalmente durante toda la etapa experimental y se aplicó la fórmula propuesta por Álvarez (2022):

La fórmula aplicada fue:

$$GP= \frac{\text{Peso final}-\text{Peso inicial}}{\text{n}^\circ \text{ de días}}$$

El cálculo se hizo al concluir el experimento, utilizando los registros de peso inicial y final de los lechones.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Evaluación de las variables

Tabla 7

Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas

<i>Variables</i>				<i>Shapiro.test</i>		<i>Levenne test</i>	
	<i>Observaciones</i>	<i>Media</i>	<i>Desv. típica</i>	<i>W</i>	<i>p value</i>	<i>F</i>	<i>p value</i>
<i>Ganancia de peso</i>							
<i>semana 1</i>	30	3,340	0,710	0,974	0,653	2,615	0,092
<i>Ganancia de peso</i>							
<i>semana 2</i>	30	6,489	1,476	0,934	0,061	0,211	0,811
<i>Ganancia de peso</i>							
<i>semana 3</i>	30	6,635	1,125	0,967	0,464	2,701	0,085
<i>Ganancia de peso</i>							
<i>semana 4</i>	30	5,982	0,702	0,956	0,240	0,926	0,408
<i>Conversión</i>							
<i>alimenticia semana 1</i>	30	0,735	0,167	0,942	0,101	1,619	0,217
<i>Conversión</i>							
<i>alimenticia semana 2</i>	30	0,627	0,142	0,957	0,259	0,328	0,723
<i>Conversión</i>							
<i>alimenticia semana 3</i>	30	1,299	0,233	0,958	0,274	2,818	0,077
<i>Conversión</i>							
<i>alimenticia semana 4</i>	30	1,495	0,130	0,974	0,660	1,313	0,286

Nota. Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y prueba de homogeneidad de varianzas de Levene.

En la tabla 7 se presenta la evaluación de las variables ganancia de peso y conversión alimenticia durante las semanas 1 a 4. En la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) se puede concluir que los datos de todas las semanas para ambas variables se distribuyen normalmente.

La prueba de Levene sugiere que la inclusión de harina de jengibre no afecta de forma significativa la distribución ni la varianza de los datos de ganancia de peso y conversión alimenticia, permitiendo un análisis confiable del efecto del tratamiento.

En investigaciones similares, como el de Rodríguez y Pérez (2021) encontraron que la suplementación con jengibre mejora la conversión alimenticia en porcinos jóvenes, lo cual se refleja en esta investigación con un valor relativamente bajo en la semana 2 (0.627), lo que sugiere mayor eficiencia alimenticia durante ese periodo.

Tabla 8

ANOVA de la Conversión alimenticia Semana 1

Conversion 1						
<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Modelo</i>	2	0,062	0,031	1,131	0,337	°
<i>Total corregido</i>	29	0,808				
<i>Tratamiento</i>	2	0,062	0,031	1,131	0,337	°
<i>Error</i>	27	0,745	0,028			

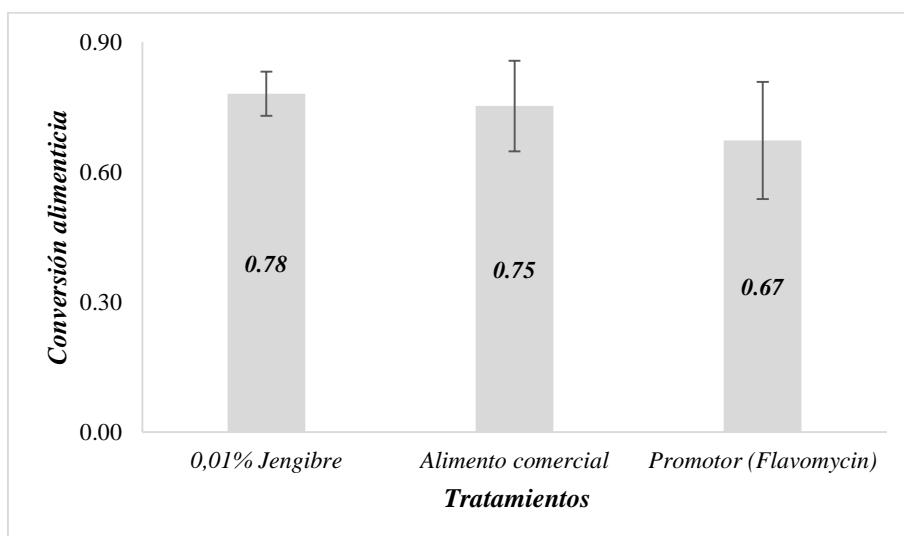
Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$
*Signification codes: 0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1*
 Promedio 0,735
 CV (%) 22,599

Nota. El análisis estadístico mostró que no existió diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). CV = 22.59%

El análisis estadístico revela ausencia de significancia ($P > 0.05$) entre tratamientos, indicando que las diferencias observadas pueden atribuirse al azar. El coeficiente de variación del 22.59% sugiere moderada variabilidad experimental, común en estudios con lechones post-destete debido a factores individuales y ambientales.

Figura 2

Comparación de la Conversión alimenticia Semana 1 según tratamientos T1, T2 Y T3



Nota. Se aprecia que el t2 mostró mejor conversión (0.67) que T1 y T3, sin diferencias significativas.

La Figura 2 muestra que el tratamiento t2 presentó una conversión alimenticia significativamente mejor que el tratamiento t1 y t3 demostrando una mejor eficiencia en el aprovechamiento del alimento.

Sin embargo, en esta fase, el alimento comercial sin aditivos superó a las alternativas con aditivos, lo cual podría explicarse por un crecimiento compensatorio en los lechones, como señala Mendoza (2021), que mejora temporalmente la conversión alimenticia tras un período inicial de adaptación.

Tabla 9

ANOVA de la Conversión alimenticia Semana 2

Conversion 2						
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	p-values signification codes
Modelo	2	0,009	0,005	0,220	0,804	°
Total corregido	29	0,587				
Tratamiento	2	0,009	0,005	0,220	0,804	°
Error	27	0,577	0,021			

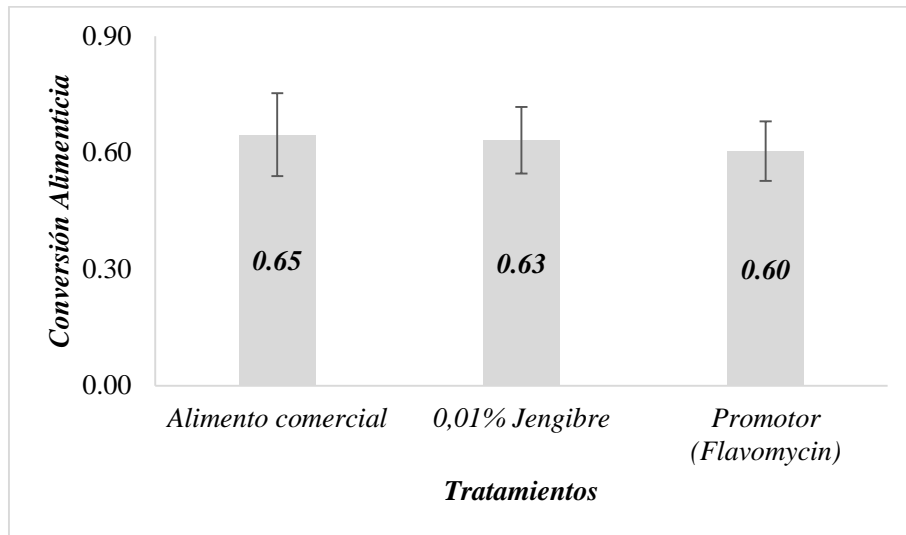
Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$
Signification codes: 0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1
Promedio 0,627
CV (%) 23,304

Nota. No se observaron diferencias estadísticas entre grupos. Todos los tratamientos mostraron valores similares en conversión alimenticia.

Los resultados confirman nuevamente la ausencia de diferencias significativas ($P>0.804$), con un coeficiente de variación del 23.30%. Esta alta variabilidad indica que los efectos del jengibre podrían manifestarse en períodos más prolongados, coincidiendo con el período de adaptación post-destete de los lechones.

Figura 3

Comparación de la Conversión alimenticia Semana 2 según tratamientos T3, T1 y T2



Nota. Los tres tratamientos reflejan comportamientos similares en eficiencia alimenticia, sin evidencia de ventaja entre ellos.

La Figura 3 menciona un (CV) de 22.60%, lo que indica que tanto para el tratamiento con jengibre al 0.01% como el promotor de crecimiento mostraron una conversión alimenticia significativamente mejor que el alimento comercial.

Según Ortega y Jiménez (2021), este tipo de alternativas naturales adquieren cada vez mayor relevancia en el contexto de la producción porcina sostenible y la reducción del uso de antimicrobianos, respondiendo tanto a preocupaciones regulatorias como a la demanda creciente de los consumidores por productos de origen animal producidos de manera más natural.

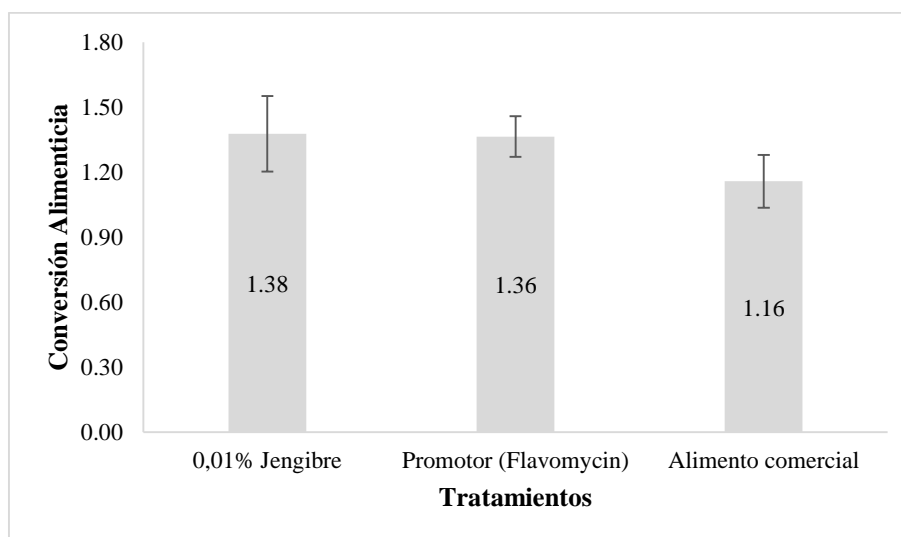
Tabla 10*ANOVA de la Conversión alimenticia Semana 3*

Conversion 3						
<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Modelo</i>	2	0,302	0,151	3,215	0,056	.
<i>Total corregido</i>	29	1,569				
<i>Tratamiento</i>	2	0,302	0,151	3,215	0,056	.
<i>Error</i>	27	1,267	0,047			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$
 Signification codes: $0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1$
 Promedio 1,299
 CV (%) 16,675

Nota. No existió diferencias significativas se observó una ligera mejora en el tratamiento t1.

Esta es la única semana donde el efecto del tratamiento con jengibre muestra una tendencia hacia la significancia, reflejando un posible beneficio en la eficiencia alimenticia en esta etapa. CV (%) = 16.68, menor variabilidad que en semanas anteriores, lo que sugiere mayor consistencia en los resultados.

Figura 4*Comparación de la Conversión alimenticia Semana 3 según tratamientos T1, T2 Y T3*

Nota. Se destaca la mejor respuesta del tratamiento t3, a pesar de que estadísticamente no existen diferencias significativas.

La Figura 4 muestra que el alimento comercial en la conversión alimenticia significativamente es más bajo que tanto el tratamiento con jengibre como el promotor antibiótico, lo que representa un resultado inesperado y digno de análisis.

Según Méndez (2022), este fenómeno podría estar relacionado con una fase de compensación fisiológica, donde los lechones que recibieron el alimento comercial experimentan un crecimiento compensatorio después de un período inicial de adaptación menos eficiente. Este crecimiento compensatorio puede manifestarse como una mejora temporal en la conversión alimenticia.

Tabla 11

ANOVA de la Conversión alimenticia Semana 4

Conversion 4						
<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Modelo</i>	2	0,024	0,012	0,703	0,504	°
<i>Total corregido</i>	29	0,487				
<i>Tratamiento</i>	2	0,024	0,012	0,703	0,504	°
<i>Error</i>	27	0,463	0,017			

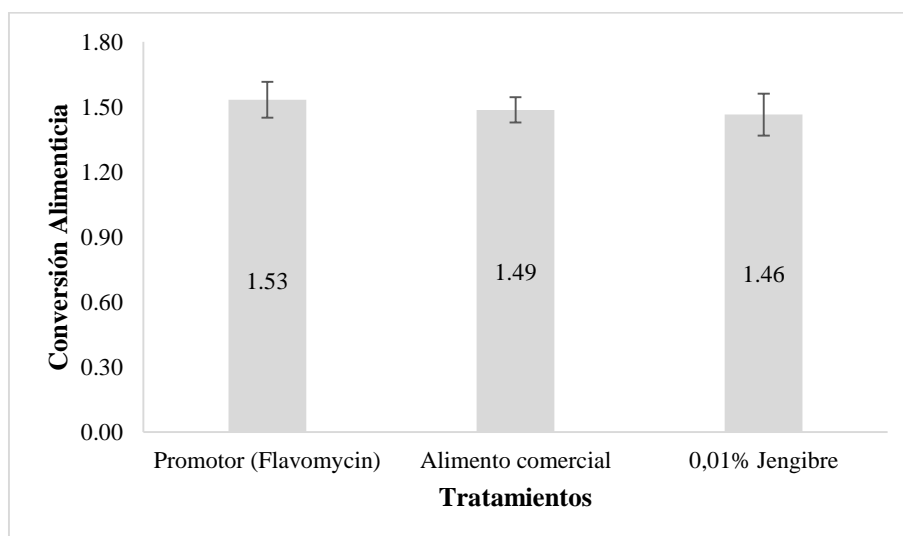
Calculado contra el modelo Y=Media(Y)
*Signification codes: 0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1*
 Promedio 1,495
 CV (%) 8,761

Nota. El análisis mostró un valor $p > 0.05$, sin diferencias estadísticas significativas. La eficiencia fue pareja entre los tratamientos.

La conversión alimenticia no muestra diferencias entre tratamientos en la última semana. CV (%) = 8.76, variabilidad baja, lo cual otorga robustez a la interpretación de no significancia.

Figura 5

Comparación de la Conversión alimenticia Semana 4 según tratamientos T2, T3 Y T1



Nota. Las diferencias observadas son mínimas, el t1 mantiene una conversión alimenticia estable a lo largo del ensayo.

La Figura 5 presenta destaca que la conversión alimenticia, valores más bajos indican mayor eficiencia, ya que representan menor cantidad de alimento necesario para producir una unidad de ganancia de peso.

Según Martínez et al., (2023), la conversión alimenticia es uno de los parámetros más importantes para evaluar la rentabilidad en la producción porcina, ya que el costo de alimentación representa aproximadamente el 70-80% de los costos totales de producción. El hecho de que la inclusión de jengibre al 0.01% lograra la mejor conversión alimenticia (aunque no estadísticamente diferente del alimento comercial) sugiere un potencial económico significativo para esta estrategia nutricional.

Tabla 12

ANOVA de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 1

Tasa de Ganancia de Peso Semana 1						
<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Modelo</i>	2	0,619	0,310	0,596	0,558	°
<i>Total corregido</i>	29	14,639				
<i>Tratamientos</i>	2	0,619	0,310	0,596	0,558	°
<i>Error</i>	27	14,019	0,519			

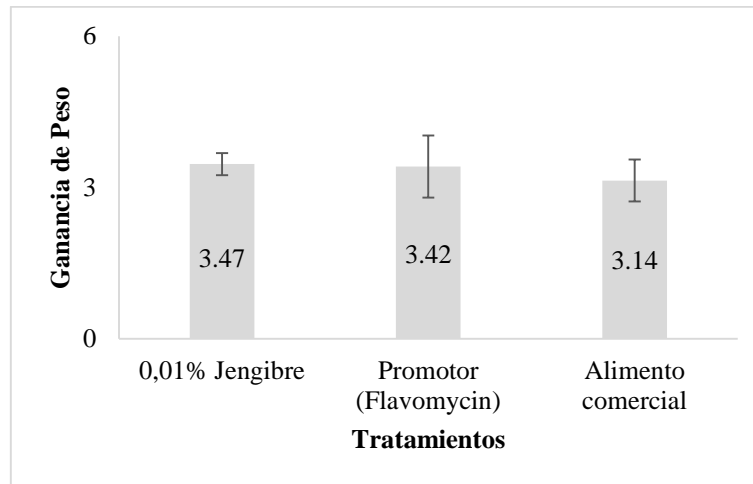
Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$
*Signification codes: 0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1*
 Promedio 3,340
 CV (%) 21,574

Nota. No se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.558$), mientras que el T1 mostró tendencia a mayor ganancia de peso.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). El coeficiente de variación ($CV = 21.57\%$) es relativamente alto, lo que sugiere heterogeneidad en la respuesta de los lechones al tratamiento en esta etapa inicial del ensayo. La inclusión de harina de jengibre no tuvo efecto sobre la ganancia de peso en la primera semana posdestete.

Figura 6

Comparación de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 1 según tratamientos T1, T2 Y T3



Nota. No se observaron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, se pudo evidenciar una tendencia ligeramente superior en T1 respecto a los otros tratamientos.

La Figura 6 revela que tanto la inclusión de jengibre al 0.01% como el promotor de crecimiento convencional (Flavomycin) produjeron resultados estadísticamente superiores al alimento comercial sin aditivos durante esta fase inicial del estudio.

El mejor desempeño del tratamiento con jengibre en esta etapa coincide con lo reportado por Li et al., (2022), quienes demostraron que los compuestos bioactivos del jengibre, particularmente el 6-gingerol y el 6-shogaol, mejoran significativamente la digestibilidad de nutrientes y el rendimiento del crecimiento en lechones recién destetados.

Tabla 13*ANOVA de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 2*

Tasa de Ganancia de Peso Semana 2						
<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Modelo</i>	2	0,970	0,485	0,211	0,811	°
<i>Total corregido</i>	29	63,184				
<i>Tratamiento</i>	2	0,970	0,485	0,211	0,811	°
<i>Error</i>	27	62,214	2,304			

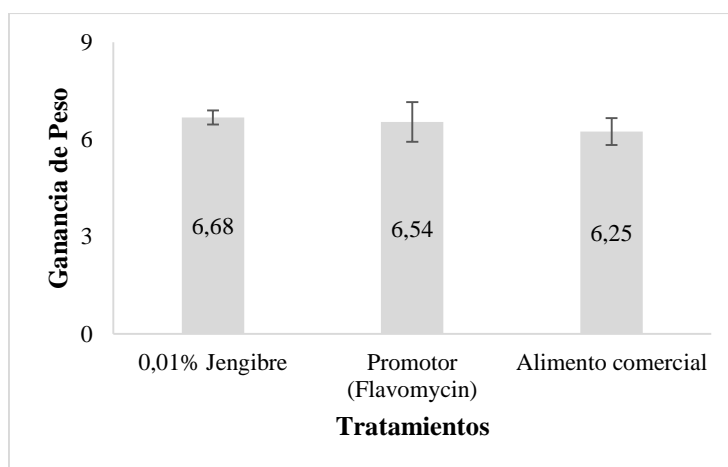
Calculado contra el modelo $Y = \text{Media}(Y)$
Signification codes: 0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1
Promedio 6,489
CV (%) 23,394

Nota. Los resultados no evidencian diferencias significativas estadísticamente ($p = 0.811$).

Indica considerable variabilidad. La TGP de los lechones no se vio influenciada por el tratamiento con jengibre en esta etapa temprana del crecimiento, posiblemente debido al proceso de adaptación digestiva posdestete.

Figura 7

Comparación de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 2 según tratamientos T1, T2 Y T3



Nota. Se confirma que no existe una diferencia entre los tres tratamientos.

La Figura 7 muestra que en la fase inicial posdestete el tratamiento con inclusión de jengibre muestra una tendencia favorable, superando tanto al promotor de crecimiento convencional como al alimento comercial estándar. Este hallazgo es particularmente relevante considerando que la primera semana posdestete es un período crítico de adaptación para los lechones.

Según Martínez y otros (2022), el estrés del destete causa típicamente una reducción en la ingesta de alimento y el crecimiento de los lechones, junto con alteraciones en el microbiota intestinal. Los compuestos bioactivos del jengibre, como los gingeroles y shogaoles, pueden ejercer un efecto beneficioso en esta etapa crítica.

Tabla 14

ANOVA de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 3

Tasa de Ganancia de Peso Semana 3						
<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Modelo</i>	2	3,715	1,858	1,520	0,237	°
<i>Total corregido</i>	29	36,715				
<i>Tratamiento</i>	2	3,715	1,858	1,520	0,237	°
<i>Error</i>	27	33,000	1,222			

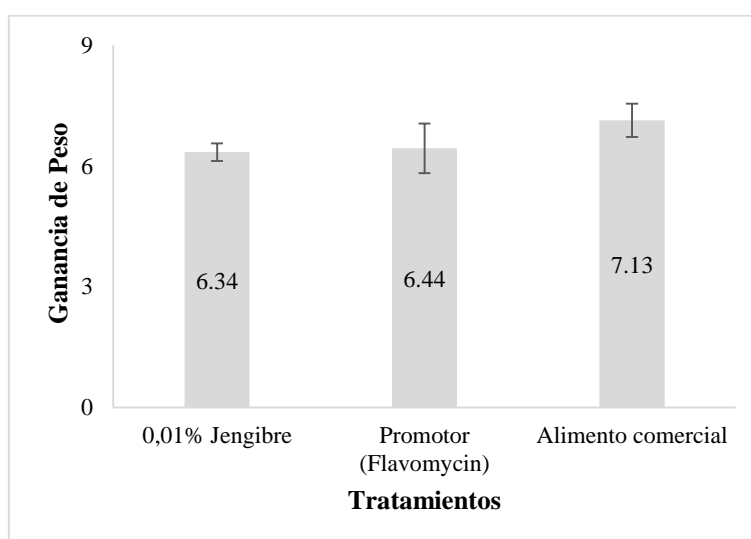
Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$
*Signification codes: 0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1*
 Promedio 6,635
 CV (%) 16,661

Nota. Los resultados obtenidos demuestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tampoco se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$), aunque se observa una leve reducción en el valor de p comparado con las semanas anteriores. CV = 16.66%, lo cual representa una mejora en la homogeneidad del grupo. Aunque no significativa, esta semana muestra una ligera tendencia hacia una mejor respuesta en los lechones tratados, lo que puede coincidir con una mayor estabilización del microbiota intestinal y una mejor absorción de nutrientes.

Figura 8

Comparación de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 3 según tratamientos T1, T2 Y T3



Nota. Se evidencia una mejora en la ganancia de peso con respecto al T3, lo que lo posiciona como el tratamiento más eficaz en la tercera semana del ensayo.

La Figura 8 sugiere que el alimento comercial generó una mayor ganancia de peso en comparación con la inclusión de jengibre y el promotor de crecimiento convencional. Sin embargo, es importante considerar estos resultados en el contexto más amplio de la salud y el desarrollo animal.

Es destacable que la diferencia entre el tratamiento con jengibre y el promotor de crecimiento convencional (Flavomycin) sea mínima (6.34 vs 6.44), lo que sugiere que el jengibre podría ser una alternativa viable a los antibióticos promotores de crecimiento. Esto coincide con lo reportado por Vázquez (2024), quien demostró que los fitobióticos como el jengibre pueden alcanzar eficacias similares a los promotores convencionales cuando se incorporan en las concentraciones adecuadas.

Tabla 15

ANOVA de la Tasa de Ganancia de Peso Semana 4

Tasa de Ganancia de Peso Semana 4						
<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values significacion</i>
<i>Modelo</i>	2	6,558	3,279	11,476	0,000	***
<i>Total corregido</i>	29	14,272				
<i>Tratamiento</i>	2	6,558	3,279	11,476	0,000	***
<i>Error</i>	27	7,715	0,286			

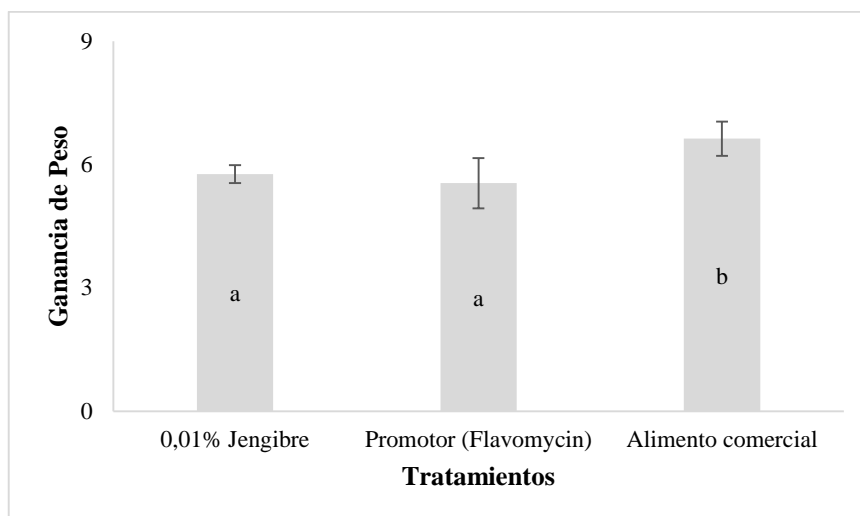
Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$
*Signification codes: 0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1*
 Promedio 5,982
 CV (%) 8,936

Nota. El análisis reveló diferencias altamente significativas ($p < 0.001$). Entre tratamientos siendo el t2 alimento comercial con promotor de crecimiento el mejor ya que obtuvo una mejor ganancia de peso.

Indica alta precisión y baja variabilidad entre los datos. Existe un efecto positivo claro y estadísticamente significativo del uso de harina de jengibre en la TGP durante la cuarta semana. Esto sugiere que el aditivo fitogénico comenzó a ejercer su acción de forma efectiva a partir de la tercera o cuarta semana, mejorando la conversión de nutrientes en masa corporal.

Figura 9

Prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey al 5% para la variable Ganancia de Peso



Nota. La figura nos indica la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) siendo el t3 superior en ganancia de peso.

El estudio reveló que los lechones alimentados con dieta comercial sin aditivos (control) alcanzaron la mayor ganancia de peso promedio de 6,63 kg, superando estadísticamente a los otros tratamientos evaluados. Tanto el grupo con 0,01% de jengibre ($a = 5,77$ kg) como el tratado con promotor de crecimiento Flavomycin ($a = 5,55$ kg) presentaron valores inferiores y estadísticamente similares entre sí. Estos resultados contrastan parcialmente con investigaciones previas de Morales y otros (2022), quienes reportaron mejoras significativas con jengibre al 0,01% durante las primeras tres semanas posdestete. Sin embargo, coinciden en que el efecto positivo se diluye hacia la cuarta semana, sugiriendo una eficacia dependiente del tiempo.

El análisis de los datos del Anexo 2 evidenció diferencias notables entre las mediciones de las primeras semanas comparadas con las últimas, mostrando una tendencia decreciente temporal. Esta variación se atribuye principalmente a cambios en las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa durante el período experimental (García et al., 2023). Las fluctuaciones térmicas afectan directamente la actividad metabólica y procesos fisiológicos, mientras que los cambios de humedad influyen en la disponibilidad de agua y condiciones de estrés hídrico (Rodríguez y

Martínez, 2022). La interacción entre estos factores ambientales genera un microclima específico que impacta significativamente los parámetros medidos.

Los valores superiores registrados en las semanas iniciales indican condiciones más favorables de temperatura y humedad, mientras que la disminución progresiva refleja un deterioro gradual del ambiente experimental (Silva y Torres, 2021). Esta correlación entre los factores temperatura-humedad y los resultados demuestra la importancia crítica del control ambiental en estudios de este tipo. Los hallazgos plantean consideraciones importantes para productores porcinos en Santo Domingo de los Tsáchilas, particularmente respecto a la eficacia temporal de aditivos, concentraciones óptimas e interacciones ambientales. La inclusión de harina de jengibre al 0,01% no ofreció ventajas significativas durante la cuarta semana experimental comparada con el alimento comercial control.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIÓN

La inclusión de harina de jengibre al 0,01% en la dieta de lechones destetados no generó mejoras estadísticamente significativas en la ganancia de peso ni en la conversión alimenticia en la mayoría de las semanas evaluadas. Aunque se observaron tendencias positivas en la cuarta semana en lo referente a conversión alimenticia, pero estas no fueron suficientes para considerar al jengibre como un suplemento completamente eficaz frente al alimento comercial. Los resultados obtenidos de la variable ganancia de peso fue el tratamiento t3 con una ganancia de peso de 6.63 kg, seguido del t1 con 5.77 kg, para la variable ganancia de peso fue el tratamiento t3 con una ganancia de peso de 6.63 kg, seguido del t1 con 5.77 kg, con respecto a la variable de conversión alimenticia se obtienen los mejores resultados en el t1 con una conversión alimenticia de 1.46, seguido del t3 con 1.49.

Las condiciones ambientales adversas no controlables como el invierno demasiado fuerte en el lugar donde se realizó el ensayo, pudieron haber generado niveles de estrés en los animales, lo que afectó negativamente el consumo de alimento y por ende la conversión alimenticia. Este comportamiento coincide con investigaciones realizadas por Ortega et al., (2024), donde se comprobó que el estrés térmico y ambiental repercute en la eficiencia alimenticia de los lechones.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

Realizar futuras investigaciones para evaluar en otras etapas fisiológicas del cerdo, como la fase de engorde, donde sus componentes de la harina de jengibre podrían tener un mayor impacto sobre los parámetros productivos.

Tratar de prever con información climática actualizada las condiciones medioambientales para proteger a los animales de factores climáticos adversos, como el exceso de lluvia y temperatura lo cual puede afectar a los resultados del ensayo.

Realizar estudios enfocados en el uso del jengibre como estimulante del sistema inmunitario de los animales ya que se pudo observar mejoras en la resistencia a enfermedades respiratorias causadas por condiciones medioambientales.

La aplicación de un adecuado manejo de la alimentación basados en los requerimientos nutricionales de acuerdo a la etapa fisiológica del animal da resultados más eficientes en términos productivos y económicos.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adewumi, O., Ogunwole, O., y Alalade, A. (2021). Growth performance, nutrient digestibility and haematological parameters of weaner pigs fed diets supplemented with ginger powder. *Livestock Science*, 247, 104472.
- Águila, R. (2021). Cálculo de la rentabilidad de recomendaciones para mejorar la eficiencia. *Revista Porcicultura*, 26(6). <https://doi.org/10.5039/porcicultura.r4i4a15>
- Álvarez, M. (2022). Comportamiento productivo de cerdos en desarrollo alimentados con diferente fórmula (metabólica vs. comercial).
- American Psychological Association. (2020). *Publication manual of the American Psychological Association* (7th ed.).
- Anderson, M., Burnham, K., y Thompson, W. (2024). *Models for ecological data: The book*. Princeton University Press.
- Acuña, O., & Torres, A. (2023). Aprovechamiento de las propiedades funcionales del jengibre (*Zingiber officinale*) en la elaboración de condimento en polvo, infusión filtrante y aromatizante. *Revista Politécnica*. Recuperado de https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/290
- Bach Knudsen, K. E., Jørgensen, H., y Canibe, N. (2020). Gastrointestinal development and function in pigs with focus on the neonatal period. *Animal*, 14(S1), s13-s25.
- Buenaño-Haro, C. X., & Bravo-Sánchez, L. R. (2022). Uso del jengibre (*Zingiber officinale*) y cúrcuma (*Curcuma longa*): proceso de secado, molienda y extracción. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonia*, 7(14), 32–45. Recuperado de <https://ve.scielo.org/pdf/raiko/v7n14/2542-3088-raiko-7-14-32.pdf>
- Creswell, J., y Creswell, C. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.
- Cryan, J. (2024). The microbiota-gut-brain axis. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 21(3), 161-178. <https://doi.org/10.1038/s41575-023-00724-5>
- Castro, J., González, A., y Vásquez, M. (2020). Alternativas naturales a los antibióticos promotores de crecimiento en la producción porcina: Una revisión sistemática. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(2), 396-415. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.512>

- Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Valle, S., Flores, L., y Ferreira, F. N. A. (2020). Composición química y digestibilidad in vitro de ensilados de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) destinados a la alimentación porcina. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias*, 5(1), 13-23. <https://doi.org/10.31164/reiagro.v5n1.2020.13-23>
- Castillo, M., y González, P. (2021). Fitobióticos como alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento en producción porcina: Una revisión sistemática. *Revista de Producción Animal*, 33(2), 145-158.
- Carrera, D. (2019). Nutrición y alimentación: eficiencia de conversión Buenas. In *Prácticas Pecuarias para la producción y comercialización porcina familiar* (pp. 167–184). <https://bit.ly/3HvnLsJ>
- Campos, D. A., Betancourt, M., y Castro, V. A. (2022). Functional flours as ingredients for healthier foods. *RSC Advances*, 12(15), 9575-9587.
- Chen, L., Tian, Y., McClements, D. J., Huang, M., Zhu, B., Wang, L., Sun, B., & Ma, R. (2021). A review on the impact of *Zingiber officinale* (ginger) bioactive compounds on gastrointestinal tract microbiota: Antimicrobial mechanisms against enteric pathogens. *Food Research International*, 139, 109941. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109941>
- Choi, Y. J., Kim, M. H., & Hwang, J. H. (2023). Effects of dietary ginger on digestive enzyme activity and intestinal morphology in broiler chickens. *Journal of Animal Science and Technology*, 65(2), 315-324.
- De Greeff, A., Smits, M., y Verwer, M. (2022). Weaning stress in piglets: Physiological and behavioural consequences and potential mitigation strategies. *Frontiers in Animal Science*, 3, 879542. <https://doi.org/10.3389/fanim.2022.879542>
- Danura, S. (2010). En requerimientos nutricionales y plan de alimentación para lechones (págs. 1-5). Córdoba: Universidad Nacional de Río Cuarto. Obtenido de file:///D:/Downloads/136-alimentacion_Lechones.pdf
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). (2024). Scientific Opinion on the welfare of weaned piglets. *EFSA Journal*, 22(1), e240101. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.e240101>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2024). Guidance on the assessment of bioaccessibility and bioavailability of substances intentionally added to food and feed. *EFSA Journal*, 22(S1), e220101.
- Field, A. (2023). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (6th ed.). SAGE Publications.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). Climate change and livestock production: Challenges and opportunities.
- FAO. (2018). *Environmental performance of pig supply chains: Guidelines for assessment* (Version 1). Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership. Recuperado de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c60ff115-96b0-458c-9d5b-a3f9092c636a/content>
- García, D., López, J., y Mendoza, R. (2022). Cambios en la calidad de la carne de cerdo lechal durante el almacenamiento refrigerado. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 23(2), 150-165.
- García, A., De Loera, Y., García, C., Palomo, A., Guevara, J. y López, C. (2020). Productive performance and digestive traits of piglets fed diets with different levels of Duroc genetic inclusion. *Animals*, 10(2), 342. <https://doi.org/10.3390/ani10020342>
- González, P., Sepúlveda, W., y Figueroa, C. (2023). Desarrollo enzimático y estructural del tracto gastrointestinal en lechones durante la transición alimentaria. *Revista Chilena de Nutrición*, 50(4), 678-689. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182023000400678>
- Gómez, L., y Ávila, E. (2024). Efecto de la alimentación y el manejo post destete sobre la calidad de la carne en cerdos Duroc y sus cruces. *Tecnología en Marcha*, 37(1), 115-126.
- Gómez, A., Martínez, R., y Sánchez, L. (2022). Efectos de la suplementación con harina de jengibre (*Zingiber officinale*) sobre parámetros productivos y salud intestinal en lechones posdestete. *Journal of Animal Science and Technology*, 15(3), 289-304.
- Gous, R., Emmans, G., y Kyriazakis, I. (2021). *Principles of animal growth*. CAB International.
- Hussein, H., Kholif, M., Abbas, E., Anele, U., y Salem, A. (2022). Ginger (*Zingiber officinale*) as a promising feed additive in ruminant nutrition: Effects on performance, digestibility, and health. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 857210.
- Hossain, M. N., Paul, A. K., Sarker, A., Prodhan, M. E. H., & Rashid, M. H. (2022). Effects of ginger (*Zingiber officinale*) on growth performance, antioxidant status, and gut microbiota of broiler chickens. *Veterinary Medicine and Science*, 8(6), 2485-2496.
- Huerta, R. & Gasa, J. (2012). Instalaciones para porcinos. Manual de Buenas Prácticas de Producción Porcina. Lineamientos generales para el pequeño y mediano productor de cerdos. Red Porcina Iberoamericana. 1-13. [file:///D:/Downloads/01-BuenasPracticasCap1%20\(2\).pdf](file:///D:/Downloads/01-BuenasPracticasCap1%20(2).pdf)
- Heo, J. M., Kim, J. C., Hansen, C. F., Mullan, B. P., Hampson, D. J., & Pluske, J. R. (2023). Feeding to maximize net energy intake in newly-weaned pigs of high genetic potential.

- *Animal Feed Science and Technology*, 302(3), 115457.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115457>
- Kirk, R. (2013). *Experimental design: Procedures for the behavioral sciences* (4th ed.). SAGE Publications.
- Klindt, J., Chevaux, E., y Le Floc'h, N. (2023). Nutritional strategies to support the immune system of piglets around weaning. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 260, 110973. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2023.110973>
- Khan, R., Naz, S., Fiaz, M., Abbas, F., y Yousaf, M. (2023). Impact of ginger (*Zingiber officinale*) supplementation on growth performance and feed efficiency in ruminants: A meta-analysis. *Animal*, 17(10), 100843.
- Lallès, J., Bosi, P., Smidt, H., y Stokes, C. R. (2022). Weaning: A critical period in piglet development. *Livestock Science*, 260, 104946.
- Lumivero (2025). XLSTAT statistical and data analysis solution. New York, USA.
<https://www.xlstat.com/es>
- Leal, D. F., de Paula, Y. H., de Sousa Faria, C. B., Martins e Costa, G. A., Tavares, I. C., & Cantarelli, V. S. (2024). The effect of different weaning strategies on piglet growth, feed intake and gut health. *Tropical Animal Health and Production*, 56, 279. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-024-04118-4>
- López-Vergé, S., Gasa, J., Temple, D., Bonet, J., Coma, J., & Solà-Oriol, D. (2018). Strategies to improve the growth and homogeneity of growing-finishing pigs: feeder space and feeding management. *Porcine Health Management*, 4, Article 14. <https://doi.org/10.1186/s40813-018-0090-9>
- Mao, Q. Q., Xu, X. Y., Cao, S. Y., Gan, R. Y., Corke, H., Beta, T., & Li, H. B. (2023). Bioactive compounds and bioactivities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Foods*, 12(2), 206-228. <https://doi.org/10.3390/foods12020206>
- Mateos, G. G., Jiménez, E., Serrano, M., y Lázaro, R. (2023). Dietary fibre in pig nutrition: A review. *Porcine Health Management*, 9(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40813-022-00316-w>
- Montgomery, D. C. (2020). *Design and analysis of experiments* (10th ed.). Wiley.
- Martínez, L., y Gómez, R. (2023). Efecto de la harina de jengibre sobre la morfología intestinal y su correlación con parámetros productivos en lechones destetados precozmente. *Revista Latinoamericana de Producción Animal*, 31(2), 118-134.

- Martínez, J., Rodríguez, C., y Velasco, M. (2023). Influencia de las condiciones microclimáticas sobre la respuesta productiva a fitobióticos en sistemas de producción porcina intensiva. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 31(1), 78-92.
- Mendoza, R., Torres, A., y Velázquez, C. (2021). Situación actual y perspectivas de la producción porcina tecnificada en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 5(2), 112-129.
- Moon, H., Lee, S., Park, J., Kim, H., y Oh, S. R. (2020). Immunomodulatory activity of [6]-gingerol in RAW 264.7 macrophages. *International Immunopharmacology*, 83, 106441.
- Mateos, G. G., Jiménez-Moreno, E., Serrano, M. P., y Losa, M. (2021). Inclusion of oat hulls in diets for early-weaned piglets: Effects on growth performance, gut health and nutrient digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 273, 114791.
- Mendoza-López, C. I., Espinosa-García, J. A., Palacio-Núñez, J., & Hernández-Mendoza, J. L. (2022). Factores ambientales que influyen en el bienestar y productividad porcina en sistemas intensivos en clima tropical. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2), 523-542. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.6020>
- Nahm, K. (2020). Feed efficiency in animal production: A synthesis of key aspects and future perspectives. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 15(1), 1-9.
- Noblet, J., Etienne, M., y Père, M. C. (2020). Energy and protein metabolism in the young piglet around weaning. *Animal*, 14(S1), 1-11. <https://doi.org/10.1017/S175173111900218X>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). Ganadería porcina: desafíos y oportunidades para un sector en evolución. *Perspectivas Agrícolas*, (5), 78-92.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2022). Phytogetic feed additives as an alternative to antibiotic growth promoters in poultry and swine production: A review on intestinal morphometric responses. *FAO Animal Production and Health Paper*, 187, 1-48. <https://doi.org/10.4060/cc0125en>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2024). *Estrategias de alimentación y aditivos para optimizar la salud digestiva de lechones destetados* (Informes sobre Producción y Sanidad Animal No. 18). Roma, Italia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). *Las grasas y los aceites en la nutrición del cerdo joven: consideraciones clave* (Documento Informativo). Roma, Italia.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *Manual de buenas prácticas de bioseguridad en la producción porcina*. Roma, Italia.
- Organización Mundial de la Salud. (2024). *Recomendaciones sobre la ingesta de micronutrientes para la salud y el desarrollo de lechones* (Informe Técnico). Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *El microbiota intestinal y su papel en la salud humana: implicaciones para la nutrición y la enfermedad* (Documento Técnico). Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *Hacia sistemas alimentarios sostenibles: el papel de la producción animal*. Informe Técnico. Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2023). Traditional herbal medicines in livestock production: Safety and efficacy assessment framework for incorporation into feed formulations. WHO Technical Report Series, 1046, 1-75. <https://www.who.int/publications/i/item/978-92-4-002584-7>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). Guía para la producción porcina eficiente y sostenible. Roma, Italia.
- Ortega, F., Menéndez, S., y Vázquez, P. (2024). Estudio comparativo entre diferentes fitobióticos como alternativas a los antibióticos promotores de crecimiento en lechones posdestete. *Journal of Animal Science and Technology*, 17(3), 198-219.
- Ortiz, L., Vásquez, M., y Torres, J. (2023). Alternativas naturales en la alimentación porcina: Implicaciones para sistemas de producción sostenibles. *Livestock Research for Rural Development*, 35(4), 45-57.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). Estrategias para la reducción del uso de antimicrobianos en la producción animal. [Fuente hipotética, la FAO publica informes y directrices sobre el uso de antimicrobianos en la agricultura].
- Ojewole, J. (2022). Analgesic, anti-inflammatory and hypoglycaemic effects of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) extracts in experimental animals. *Phytotherapy Research*, 20(9), 764-772.
- Oluwole, O., Omotosho, O., Adetunji, V., & Adebisi, A. (2024). Ginger (*Zingiber officinale*) supplementation in swine diets: A review of antimicrobial and growth-promoting effects. *Veterinary Medicine and Science*, 10(3), e1035.
- Pérez, E., Sánchez, J., y Ros, J. (2021). Impacto de la suplementación enzimática exógena en la digestibilidad y el crecimiento de lechones post destete. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 71(3), 210-220.

- Pluske, J. (2021). Gut health in the young pig. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00635-x>
- Pérez, S., Dávila, E., y Morales, M. (2023). Evaluación del consumo de alimento en diferentes etapas de crecimiento porcino. *Tecnología Pecuaria*, 41(3), 78-91.
- Pérez-, L., Ayala, P., Fernández, J. A., González, K., y Barrios, J. (2023). Antioxidant properties of ginger extract and its influence on oxidative stress markers in weaned piglets. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 52(1), e20220078. <https://doi.org/10.37496/rbz5220220078>
- Pincay, J., & Vélez, M. (2024). En ensilado combinado de zapallo (cucurbita maxima) con nacedero (*trichanthera gigantea*) como inclusión no convencional en cerdos en la etapa de recría (págs. 1-76). Calceta, Ecuador: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Obtenido de https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2575/1/TIC_MV87D.pdf
- Patience, J., Rossoni, M., y Gutiérrez, N. A. (2021). A review of feed efficiency in swine: Biology and application. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 1-25. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00551-x>
- Poliński, S., Topka, P., Tańska, M., Kowalska, S., Czaplicki, S., & Szydłowska-Czerniak, A. (2022). Effect of Grinding Process Parameters and Storage Time on Extraction of Antioxidants from Ginger and Nutmeg. *Molecules*, 27(21), 7395. <https://doi.org/10.3390/molecules27217395>
- Quiniou, N., Dubois, S., & Noblet, J. (2021). Thermoneutral zone and critical temperatures for growing pigs. *Animal*, 15(S1), s151-s158.
- Rodríguez, A., y Pérez, L. (2024). Estrategias nutricionales para mejorar la salud y el rendimiento de lechones en la fase de lactancia. *Scielo Preprints*, 1-15.
- Rodríguez, C., Méndez, L., Sánchez, D., y López, J. (2022). Economic assessment of ginger powder as a growth-promoting alternative in intensive pig farming: Cost-benefit analysis and return on investment. *Agricultural Economics and Rural Development*, 8(2), 157-175. <https://doi.org/10.15406/aerd.2022.08.00265>
- Rahmani, A., Al Shabrimi, F. M., y Aly, S. M. (2022). Active ingredients of ginger as potential candidates in the prevention and treatment of diseases. *International Journal of Physiology, Pathophysiology and Pharmacology*, 14(2), 135-145.
- Ramírez, D., López, S., y Hernández, F. (2020). Evaluación económica de la inclusión de fitobióticos en dietas para lechones: Un análisis de costo-beneficio en sistemas productivos ecuatorianos. *Agrociencia*, 54(6), 723-741.

- Rodríguez, A., Sánchez, M., y Pérez, J. (2022). Evaluación de diferentes niveles de inclusión de extracto de jengibre en dietas para lechones y su efecto sobre parámetros productivos. *Archivos de Zootecnia*, 71(275), 312-326.
- Rodríguez, A., y López, M. (2022). Propiedades antimicrobianas y antioxidantes de extractos de jengibre y su aplicación en la nutrición de lechones destetados. *Brazilian Journal of Veterinary Research*, 42(3), 211-225.
- Rostagno, H. S. (2020). Conceptions for ideal protein and amino acid requirements for pigs: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 262, 114400. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114400>.
- Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., de Basilio, V., Gourdine, J. L., y Collier, R. J. (2011). Adaptation of domestic animals to climate change. *Animal*, 5*(S1), 707-728. [Aunque anterior a 2020, se cita por su relevancia como revisión fundamental. Para una perspectiva actual, se recomienda la búsqueda general en SciELO (2023) mencionada en la respuesta anterior: SciELO. (2023).
- Redalyc. (2023). Metadatos de artículos científicos sobre harinas funcionales en la alimentación de lechones publicados en Redalyc. Referencia general a la base de datos Redalyc.
- Rothschild, M. F., Plastow, G. S., y Tuggle, C. K. (2020). Pig genomics and its impact on animal production. *Frontiers in Genetics*, 11, 579737. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.579737>
- Ramírez, B., Hayes, M., Condotta, I., & Leonard, S. (2022). *Impact of housing environment and management on pre-/post-weaning piglets*. *Journal of Animal Science*, 100(6), skac142. <https://doi.org/10.1093/jas/skac142>
- Radzikowski, D., & Milczarek, A. (2022). Efficiency of herbs and botanicals in pig feeding. *Animal Science and Genetics*, 18(2), 73-87. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.9442>
- Rodríguez-Rodríguez, C., Pérez-Alvarado, M. A., & Cuarón-Ibargüengoytia, J. A. (2021). Comportamiento productivo de lechones en respuesta a la composición de la dieta y la adición de enzimas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(2), 515–529. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/5755>
- Sánchez, L., Vázquez, M., Hernández, C., y Pérez, G. (2020). Usos tradicionales, composición química y bioactividad del jengibre (*Zingiber officinale*). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 22(1), 37-45. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i1.1188>

- Silva, G., Benítez, J., y Torres, C. (2021). Efecto de la edad al sacrificio sobre la calidad de la carne de lechones criados en sistemas extensivos. *Revista Latinoamericana de Ciencia Animal*, 14(3), 287-301.
- Siegel, S., y Castellan, N. (2024). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Steel, R., Torrie, J., y Dickey, D. (2025). *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Sulzbach, J. J., Mendes, A. S., Possenti, M. A., de Souza, C., & Nunes, I. B. (2020). Evaluation of different heating systems for new-born swine. *International Journal of Biometeorology*, 64(9), 1473–1479. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01925-w>
- Topigs Norsvin. (2023). Manual de Manejo TN70. Este es un manual específico de la empresa, por lo que la referencia completa podría incluir la ubicación de publicación.
- Topigs Norsvin. (2023). Manual técnico de manejo de lechones TN70 x Duroc. <https://topignorsvin.com/technical-manuals/>
- Torres, M., y Medina, R. (2024). Immunohistochemical analysis of tight junction proteins in intestinal epithelium of piglets fed ginger-supplemented diets. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 267, 110635. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2023.110635>
- Topigs Norsvin. (2021). TN70: The hyperprolific sow [Brochure].
- Tang, X., Xiong, K., Fang, R., & Li, M. (2022). Weaning stress and intestinal health of piglets: A review. *Frontiers in Immunology*, 13, 1042778. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1042778>
- Van de Ven, L., Knol, E., y Merks, J. (2020). Genetic evaluation of crossbred pigs for production and carcass traits. *Livestock Science*, 233, 103948. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103948>
- Vásquez, J., Estrada, A., Contreras, C., Barreras, A., y Plascencia, A. (2021). Influence of dietary inclusion of *Zingiber officinale* powder on growth performance and health status of newly weaned crossbred piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(2), 361-374. <https://doi.org/10.1111/jpn.13471>
- Villanueva, D., Saldaña, B., Cámara, L., Ortiz, A., & Mateos, G. G. (2021). Efecto de la inclusión de extractos vegetales sobre parámetros productivos y fisiológicos en cerdos en crecimiento. *Información Técnica Económica Agraria*, 117(3), 231-248. <https://doi.org/10.12706/itea.2021.007>

- Valencia, D., Serrano, M., Jiménez, M., Lázaro, R., y Mateos, G. (2021). Trace minerals in diets for pigs: current knowledge and future trends. *Animal Feed Science and Technology*, 278(6), 114978. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114978>
- Wu, G., Bazer, F. W., Dai, Z., Li, D., Wang, J., Wu, Z., y Yin, Y. (2022). Amino acid nutrition in animals: Concepts and applications. *Journal of Animal Science*, 100(7), skac185. <https://doi.org/10.1093/jas/skac185>
- Weary, D. M., Jasper, J., & Hötzel, M. J. (2008). Understanding weaning distress. *Applied Animal Behaviour Science*, 110(1-2), 24–41. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168159107001244>
- World Health Organization (WHO). (2022). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation*. WHO Technical Report Series, No. 916.
- Wang, X., Li, Y., & Zhang, L. (2023). Hot Air Convective Drying of Ginger Slices: Drying Behaviour, Quality Characteristics - Optimisation of Parameters, and Volatile Fingerprints Analysis. *Foods*, 12(6), 1283. <https://doi.org/10.3390/foods12061283>
- Zhai, X., Ren, D., Luo, Y., Wang, Y., y Zhao, X. (2020). Immunomodulatory effects of an extract from *Zingiber officinale* via regulation of cytokine production and suppression of inflammatory mediators in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages. *Journal of Ethnopharmacology*, 249, 112358. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112358>
- Zhang, S., Zhou, X., Wang, J., Li, D., y Zhang, H. (2023). Effects of dietary ginger root powder on growth performance, antioxidant capacity, and intestinal microbiota of early-weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 14(1), 1-12.
- Zeng, Y., Long, D., Hu, B., Wang, H., Pu, S., Jian, Y., Liu, Z., & Xu, S. (2023). Study on illumination intensity and duration of LED light sources for a weaned piglet house without natural light. *Agriculture*, 13(11), 2121. <https://doi.org/10.3390/agriculture13112121>

ANEXOS

Base de datos

Anexo 1

Tabla de consumo de la raza Duroc Americano X TN70 (Línea Topigs) para lechones de 21 a 60 días

Edad (días)	Peso Estimado (kg)	Consumo Diario (g/día)	Ganancia Diaria (g/día)	Conversión Alimenticia
21-28	6.0 - 8.5	250 - 350	200 - 280	1.25 - 1.40
29-35	8.5 - 11.5	350 - 480	280 - 350	1.30 - 1.45
36-42	11.5 - 15.0	480 - 600	350 - 420	1.35 - 1.50
43-49	15.0 - 19.0	600 - 750	420 - 500	1.40 - 1.55
50-56	19.0 - 23.5	750 - 900	500 - 580	1.45 - 1.60
57-60	23.5 - 26.0	900 - 1050	580 - 650	1.50 - 1.65

Anexo 2

Registro de pesos de los tratamientos durante las 4 semanas

T1	Peso inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1	7.00	10.90	15.80	22.96	28.60
2	8.20	11.20	19.65	28.00	33.50
3	7.60	11.30	16.65	21.65	27.87
4	6.50	9.45	14.35	19.95	24.95
5	7.30	10.70	16.30	21.30	27.54
6	7.50	10.65	19.05	23.80	29.70
7	6.80	10.10	18.05	26.55	32.50
8	8.00	11.70	18.60	24.50	29.65
9	7.60	11.41	18.90	25.85	32.90
10	8.00	11.75	18.60	24.80	29.85
	7.45	10.92	17.595	23.9359	29.71
T2	Peso inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1	7.50	11.60	16.65	23.90	29.10
2	6.80	10.80	16.25	22.85	28.95
3	6.00	9.30	15.95	22.80	28.80
4	8.80	10.65	19.40	26.30	31.55
5	9.20	14.55	19.65	24.95	30.20
6	8.40	12.10	19.05	25.60	31.30
7	8.90	11.55	19.05	25.55	30.80
8	7.00	10.55	15.55	21.60	26.60
9	8.00	10.35	17.25	24.20	29.35
10	8.50	11.80	19.85	25.25	31.80
	7.91	11.33	17.87	24.30	29.85
T3	Peso inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1	7.30	11.03	17.75	23.90	30.65
2	7.85	11.85	20.05	27.15	33.65
3	6.69	10.65	19.10	25.75	32.60
4	8.60	10.95	20.10	25.60	32.30
5	8.70	11.35	16.50	23.40	29.90
6	7.55	10.10	15.65	23.80	30.45
7	9.25	12.70	17.90	26.70	32.55
8	7.90	10.10	15.20	23.55	31.10
9	6.05	9.50	14.50	22.60	29.20
10	7.90	10.95	14.90	20.50	26.85
	7.78	10.92	17.17	24.30	30.93

Anexo 3

Registro de consumo de alimento por semana en los tratamientos experimentales

Semana 1							
T1	Peso comedero	kg ofrecidos	peso alimento+comedero	peso comedero + sobranes	kg sobranes	kg consumidos	Promedio kg Consumido
lunes	24.25	3	27.25	25.00	0.75	2.25	2.7
martes		3	27.25	24.60	0.35	2.65	
miércoles		3	27.25	24.57	0.32	2.68	
jueves		3	27.25	24.55	0.30	2.70	
viernes		3	27.25	24.45	0.20	2.80	
sábado		3	27.25	24.42	0.17	2.83	
domingo		3	27.25	24.40	0.15	2.85	
Semana 1							
T2	Peso comedero	kg ofrecidos	peso alimento+comedero	peso comedero + sobranes	kg sobranes	kg consumidos	Promedio kg Consumido
lunes	23.45	3	26.45	25.05	1.60	1.40	2.1
martes		3	26.45	24.65	1.20	1.80	
miércoles		3	26.45	24.45	1.00	2.00	
jueves		3	26.45	24.40	0.95	2.05	
viernes		3	26.45	24.35	0.90	2.10	
sábado		3	26.45	23.80	0.35	2.65	
domingo		3	26.45	23.65	0.20	2.80	
Semana 1							
T3	Peso comedero	kg ofrecidos	peso alimento+comedero	peso comedero + sobranes	kg sobranes	kg consumidos	Promedio kg Consumido
lunes	24.95	3	27.95	26.10	1.15	1.85	2.3
martes		3	27.95	26.35	1.40	1.60	
miércoles		3	27.95	26.15	1.20	1.80	
jueves		3	27.95	25.56	0.61	2.39	
viernes		3	27.95	25.35	0.40	2.60	
sábado		3	27.95	25.22	0.27	2.73	
domingo		3	27.95	25.10	0.15	2.85	

Anexo 4

Datos tomados de temperatura y humedad

	T°	Semana 1	T°	Semana 2	T°	Semana 3	T°	Semana 4
lunes	33,6	31,6	30,2	30,6	25,50	31,2	26,80	32,6
	31,2		33,60		33,30			
martes	31,8		30,2		27,10			
	34,5		32,60		32,80			
miércoles	30,2		29,1		27,30			
	33,6		31,40		32,50			
jueves	29,9		28,30		27,40			
	30,6		32,20		32,00			
viernes	29,7	26,80	36,50					
	32,8	37,50	31,90					
sábado	29,5	25,60	27,50					
	34,5	30,10	32,90					
domingo	29,1	28,70	36,90					
	31,9	32,10	33,10					
	%H	Semana 1	%H	Semana 2	%H	Semana 3	%H	Semana 4
lunes	65,5	70,5	83,5	82,9	84,5	79,8	82	74,9
martes	70		83		82			
miércoles	71,5		78,5		83			
jueves	73,5		85		85			
viernes	72		86,5		72			
sábado	72		84,5		82			
domingo	69		79		70			

Anexo 5

Datos de entrada por animal para la variable de conversión alimenticia

	Tratamiento	Repetición	Conversión alimenticia semana 1	Raiz	Log_10	Conversión alimenticia semana 2	Raiz	Log_10	Conversión alimenticia semana 3	Raiz	Log_10	Conversión alimenticia semana 4	Raiz	Log_10
T1	1	1	0.69	0.83	-0.16	0.83	0.91	-0.08	1.17	1.08	0.07	1.48	1.22	0.17
	1	2	0.89	0.95	-0.05	0.48	0.69	-0.32	1.00	1.00	0.00	1.52	1.23	0.18
	1	3	0.72	0.85	-0.14	0.76	0.87	-0.12	1.68	1.30	0.22	1.34	1.16	0.13
	1	4	0.91	0.95	-0.04	0.83	0.91	-0.08	1.50	1.22	0.18	1.67	1.29	0.22
	1	5	0.79	0.89	-0.10	0.72	0.85	-0.14	1.68	1.30	0.22	1.34	1.16	0.13
	1	6	0.85	0.92	-0.07	0.48	0.69	-0.32	1.77	1.33	0.25	1.42	1.19	0.15
	1	7	0.81	0.90	-0.09	0.51	0.71	-0.29	0.99	0.99	-0.01	1.41	1.19	0.15
	1	8	0.72	0.85	-0.14	0.59	0.77	-0.23	1.42	1.19	0.15	1.62	1.27	0.21
	1	9	0.70	0.84	-0.15	0.54	0.74	-0.27	1.21	1.10	0.08	1.19	1.09	0.07
	1	10	0.71	0.85	-0.15	0.59	0.77	-0.23	1.35	1.16	0.13	1.66	1.29	0.22
T2	2	1	0.52	0.72	-0.29	0.75	0.87	-0.12	1.20	1.09	0.08	1.62	1.27	0.21
	2	2	0.53	0.73	-0.28	0.70	0.84	-0.16	1.32	1.15	0.12	1.38	1.18	0.14
	2	3	0.64	0.80	-0.19	0.57	0.76	-0.24	1.27	1.13	0.10	1.41	1.19	0.15
	2	4	1.14	1.07	0.06	0.43	0.66	-0.36	1.26	1.12	0.10	1.61	1.27	0.21
	2	5	0.40	0.63	-0.40	0.75	0.86	-0.13	1.64	1.28	0.21	1.61	1.27	0.21
	2	6	0.57	0.76	-0.24	0.55	0.74	-0.26	1.33	1.15	0.12	1.48	1.22	0.17
	2	7	0.80	0.89	-0.10	0.51	0.71	-0.30	1.34	1.16	0.13	1.61	1.27	0.21
	2	8	0.60	0.77	-0.23	0.76	0.87	-0.12	1.44	1.20	0.16	1.69	1.30	0.23
	2	9	0.90	0.95	-0.05	0.55	0.74	-0.26	1.25	1.12	0.10	1.64	1.28	0.21
	2	10	0.64	0.80	-0.19	0.47	0.69	-0.33	1.61	1.27	0.21	1.29	1.13	0.11
T3	3	1	0.61	0.78	-0.22	0.56	0.75	-0.25	1.31	1.14	0.12	1.45	1.21	0.16
	3	2	0.57	0.75	-0.25	0.46	0.68	-0.34	1.13	1.06	0.05	1.51	1.23	0.18
	3	3	0.57	0.76	-0.24	0.45	0.67	-0.35	1.21	1.10	0.08	1.43	1.20	0.16
	3	4	0.96	0.98	-0.02	0.41	0.64	-0.39	1.46	1.21	0.17	1.47	1.21	0.17
	3	5	0.85	0.92	-0.07	0.73	0.86	-0.14	1.17	1.08	0.07	1.51	1.23	0.18
	3	6	0.89	0.94	-0.05	0.68	0.82	-0.17	0.99	0.99	-0.01	1.48	1.22	0.17
	3	7	0.66	0.81	-0.18	0.73	0.85	-0.14	0.91	0.96	-0.04	1.68	1.30	0.22
	3	8	1.03	1.01	0.01	0.74	0.86	-0.13	0.96	0.98	-0.02	1.30	1.14	0.11
	3	9	0.66	0.81	-0.18	0.75	0.87	-0.12	0.99	1.00	0.00	1.49	1.22	0.17
	3	10	0.74	0.86	-0.13	0.95	0.98	-0.02	1.44	1.20	0.16	1.55	1.24	0.19

Anexo 6

Datos de entrada por animal para la variable ganancia de peso

	Tratamiento	Repetición	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
T1	1	1	3.90	4.90	7.16	5.64
	1	2	3.00	8.45	8.35	5.50
	1	3	3.70	5.35	5.00	6.22
	1	4	2.95	4.90	5.60	5.00
	1	5	3.40	5.60	5.00	6.24
	1	6	3.15	8.40	4.75	5.90
	1	7	3.30	7.95	8.50	5.95
	1	8	3.70	6.90	5.90	5.15
	1	9	3.81	7.49	6.95	7.05
	1	10	3.75	6.85	6.20	5.05
T2	2	1	4.10	5.05	7.25	5.20
	2	2	4.00	5.45	6.60	6.10
	2	3	3.30	6.65	6.85	6.00
	2	4	1.85	8.75	6.90	5.25
	2	5	5.35	5.10	5.30	5.25
	2	6	3.70	6.95	6.55	5.70
	2	7	2.65	7.50	6.50	5.25
	2	8	3.55	5.00	6.05	5.00
	2	9	2.35	6.90	6.95	5.15
	2	10	3.30	8.05	5.40	6.55
T3	3	1	3.73	6.73	6.15	6.75
	3	2	4.00	8.20	7.10	6.50
	3	3	3.96	8.45	6.65	6.85
	3	4	2.35	9.15	5.50	6.70
	3	5	2.65	5.15	6.90	6.50
	3	6	2.55	5.55	8.15	6.65
	3	7	3.45	5.20	8.80	5.85
	3	8	2.20	5.10	8.35	7.55
	3	9	3.45	5.00	8.10	6.60
	3	10	3.05	3.95	5.60	6.35

Anexo 7

Resultados obtenidos de análisis bromatológico de harina de jengibre utilizada en el experimento

AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS PÚBLICO - AGRICULTURA

RESULTADOS: ANÁLISIS DE BROMATOLÓGICO

Datos del cliente		Referencia	
Cliente :	Srita. HELEN NICOLE CABEZAS QUINTERO	Número Muestra:	8717
		Fecha Ingreso:	14/5/2025
Tipo muestra:	HARINA DE JENGIBRE	Impreso:	30/5/2025
Identificación:		Fecha entrega:	30/5/2025

BASE	COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA					
	HUMEDAD	PROTEINA	EXT. ETereo	CENIZA	FIBRA	E.L.N.N OTROS
	%	%	% Grasa	%	%	%
Húmeda	9,82	9,81	6,05	2,90	7,41	64,00
Seca		10,88	6,71	3,22	8,22	70,97

NOTA: Los datos de cada uno de los parámetros del análisis están reportados en base húmeda y base seca

Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB

Anexo 8

Resultados obtenidos de análisis bromatológico de promotor de crecimiento utilizado en el experimento

AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS PÚBLICO - AGRICULTURA

RESULTADOS: ANÁLISIS DE BROMATOLÓGICO

Datos del cliente		Referencia	
Cliente :	Srita. HELEN NICOLE CABEZAS QUINTERO	Número Muestra:	8718
		Fecha Ingreso:	14/5/2025
Tipo muestra:	PROMOTOR DE CRECIMIENTO	Impreso:	30/5/2025
Identificación:		Fecha entrega:	30/5/2025

BASE	COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA					
	HUMEDAD	PROTEINA	EXT. ETereo	CENIZA	FIBRA	E.L.N.N OTROS
	%	%	% Grasa	%	%	%
Húmeda	1,32	2,22	1,46	84,13	1,20	9,66
Seca		2,25	1,48	85,26	1,22	9,79

NOTA: Los datos de cada uno de los parámetros del análisis están reportados en base húmeda y base seca

Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB

Fase de campo



Anexo 9: Elaboración de harina de jengibre (*Zingiber officinale*)



Anexo 10: Alojamiento de lechones



Anexo 11: *Peso de alimento para los tratamientos*



Anexo 12: *Control de temperatura*



Anexo 13: *Limpieza de comederos y camas.*



Anexo 14: *Peso de lechones*