



**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**

---

**Indicadores productivos de lechones con bajo peso al destete que  
reciben un suplemento fitobiótico**

**TESIS**

**Para optar el título profesional de  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Autor**

**Bach. Idrogo Jimenez, Edinson Hames**

**Asesores**

**Ing. Sergio Rafael Bernardo Del Carpio Hernández, M. Sc.**  
(ORCID id: 0000-0002-1526-8099)

**Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr.**  
(ORCID id: 0000-0002-0236-1593)

**Lambayeque**  
**PERÚ**  
**05/03/2024**

**Indicadores productivos de lechones con bajo peso al destete que reciben un  
suplemento fitobiótico**

**TESIS**

**Presentada para  
optar el título profesional de**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Autor: Idrogo Jimenez, Edinson Hames**

**Sustentada y aprobada ante el  
siguiente jurado**

**Ing. Alejandro Flores Paiva, M. Sc.  
Presidente**



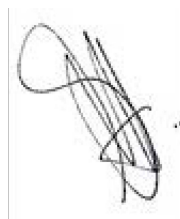
**Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. C.  
Secretario**



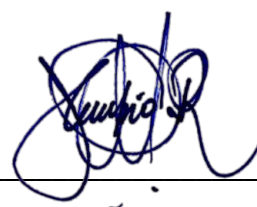
**Ing. Uber Joel Plasencia Ruiz, M. Sc.  
Vocal**



**Ing. Sergio R. B. Del Carpio Hernández, M. Sc.  
Asesor**



**Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr. C.  
Asesor**





**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**



**ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL**

**N° 004- 2024/FIZ**

Siendo las 5:00 pm del día martes 5 de marzo de 2024, de acuerdo a lo dispuesto en la Resolución N° 030-2024-VIRTUAL-FIZ/D, que autoriza la sustentación virtual de la tesis "INDICADORES PRODUCTIVOS DE LECHONES CON BAJO PESO AL DESTETE QUE RECIBEN UN SUPLEMENTO FITOBIOTICO", presentado por el bachiller EDINSON HAMES IDROGO JIMÉNEZ, se reunieron vía plataforma virtual: <https://meet.google.com/bjk-rztk-vgq> los miembros de jurado designados con Resolución N° 015-2024-VIRTUAL-FIZ, del 02 de febrero de 2024: Ing. Alejandro Flores Paiva, M. Sc. Presidente; ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr., Secretario; Ing. Uber Joel Plasencia Ruiz, M. Sc., Vocal; e Ingenieros Sergio Rafael Bernardo Del Carpio Hernández, M. Sc. y Pedro Antonio del Carpio Ramos, Dr. Asesores para dictaminar sobre el proyecto de tesis antes citado el cual fue aprobado mediante Resolución N° 017-2024-VIRTUAL-FIZ/D, de fecha 09 de enero de 2024.

Concluida la sustentación de la tesis por parte del sustentante, absueltas las preguntas realizadas por los miembros del jurado y aclaraciones del señor patrocinador, el jurado se reunió virtualmente en <https://meet.google.com/ffq-zibg-zyt?authuser=0> para evaluar y calificar la sustentación de la tesis "INDICADORES PRODUCTIVOS DE LECHONES CON BAJO PESO AL DESTETE QUE RECIBEN UN SUPLEMENTO FITOBIOTICO", habiendo acordado APROBAR el trabajo de tesis con la nota en escala vigesimal de 18 equivalente al calificativo de muy bueno

Por lo tanto, el bachiller en Ingeniería Zootecnia EDINSON HAMES IDROGO JIMÉNEZ; se encuentra APTO para recibir el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista de acuerdo a la Ley Universitaria N° 30220 y normatividad vigente de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y Facultad de Ingeniería Zootecnia.

Siendo las 6:10 pm. se dio por concluido el presente acto académico firmando en señal de conformidad los miembros de jurado.

Ing. Alejandro Flores Paiva, M. Sc.  
PRESIDENTE

Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.  
SECRETARIO

Ing. Uber Joel Plasencia Ruiz, M. Sc.  
VOCAL

Ing. Sergio Rafael B. Del Carpio Hernández, M. Sc.  
ASESOR

Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr.  
ASESOR

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Nosotros, Ing. Sergio Rafael Bernardo Del Carpio Hernández, M. Sc., e Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr., asesores de tesis del bachiller Edinson Hames Idrogo Jiménez.

Titulada “**Indicadores productivos de lechones con bajo peso al destete que reciben un suplemento fitobiótico**”, luego de la revisión exhaustiva del documento he constatado que tiene un índice de similitud de 18%, verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

Los suscritos hemos analizado dicho reporte y hemos concluido que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. Por lo que, a nuestro leal saber y entender, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”.

Lambayeque, febrero de 2024.

**Dr. Pedro A. Del Carpio Ramos**  
DNI 16407252  
Asesor

**M. Sc. Sergio R. B. Del Carpio Hernández**  
DNI 40158939  
Asesor

**Bach. Edinson Hames Idrogo Jimenez**  
DNI 45275645  
Autor

## Indicadores productivos de lechones con bajo peso al destete que reciben un suplemento fitobiótico

### INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

6%

2

[repositorio.untrm.edu.pe](https://repositorio.untrm.edu.pe)

Fuente de Internet

3%

3

[revistas.untrm.edu.pe](https://revistas.untrm.edu.pe)

Fuente de Internet

3%

4

[revistas2.unprg.edu.pe](https://revistas2.unprg.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

5

[cjascience.com](https://cjascience.com)

Fuente de Internet

2%

6

[scielo.sld.cu](https://scielo.sld.cu)

Fuente de Internet

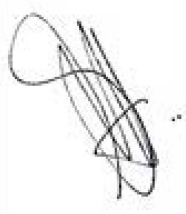
1%

7

Zeinab M.H. Mahasneh, Mohannad Abuajamieh, Mohamed A. Abedal-Majed, Mohmmad Al-Qaisi et al. "Effects of medical plants on alleviating the effects of heat stress on chickens", Poultry Science, 2024

Publicación

<1%



## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Idrogo Jiménez, Edinson Hames, investigador principal, y Del Carpio Hernández, Sergio Rafael Bernardo y Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, asesores, del trabajo de investigación **Indicadores productivos de lechones con bajo peso al destete que reciben un suplemento fitobiótico**, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso de que se demuestre lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y, por ende, el proceso administrativo a que hubiera lugar, que puede conducir a la anulación del grado o título emitido como consecuencia de este informe.

**Lambayeque, febrero de 2024.**



**Idrogo Jimenez, Edinson Hames**



**Del Carpio Hernández, Sergio Rafael Bernardo**



**Del Carpio Ramos, Pedro Antonio**

## **DEDICATORIA**

*Esta tesis la dedico a:*

***DIOS**, primeramente, por darme la vida y la sabiduría y ser la guía en mi camino.*

*Mi madre, **NURY MATILDE JIMENEZ JIMENEZ**, por su gran apoyo incondicional y a mi padre, **EVELIO HIDROGO RÍOS**, que está en el cielo, lo llevaré en el corazón y será mi ángel guardián; gracias infinitas por sus enseñanzas y excelente manera de instruirme sobre las verdades para afrontar la vida.*

*A mi esposa, **LEYNI MARGOT RUBIO CABRERA**, por brindarme su apoyo y paciencia incondicionales.*

*A mis hijos, **HAMES YAHIR IDROGO RUBIO** y **DAVID EVELIO IDROGO RUBIO**, por ser mi mayor motivación y darme la fuerza para seguir adelante y poder ser un ejemplo para ellos.*

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi agradecimiento a todas las personas, naturales y jurídicas, que debido a su apoyo hicieron posible la realización de la presente investigación; en especial a:

**Ing. Sergio Rafael Bernardo Del Carpio Hernández, M. Sc., e Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr. C.,** por la invalorable labor de asesoramiento y supervisión de la investigación que ha permitido arribar a este documento.

Los propietarios y trabajadores de la ganja porcícola Inveragro San Martín de Porres SAC que permitieron la realización del ensayo y obtener la información para procesar la tesis.

Al personal docente y administrativos de la Facultad de Ingeniería Zootecnia, en particular, y de la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, en general, por la formación profesional recibida y mi desarrollo como mejor persona.



## **Indicadores productivos de lechones con bajo peso al destete que reciben un suplemento fitobiótico**

### **Resumen**

La antibiótico resistencia es un problema de salud muy importante a nivel mundial y se ha vinculado a la producción animal en la estimulación de su desarrollo debido al uso de antibióticos promotores del crecimiento (APC), cuyo uso se ha prohibido en los países desarrollados y, tarde o temprano, la prohibición se implementará en los países en vías de desarrollo. Entre tanto, es necesario determinar alternativas que permitan no perder las ventajas productivas que se lograron con el empleo de APC. En el presente ensayo se buscó determinar el efecto de la inclusión de una mezcla de tomillo y algarrobo europeo en la dieta de lechones destetados de bajo peso durante 33 días experimentales. Ochenta lechones se distribuyeron en 4 grupos experimentales: T1, lechones de “cuerpo” con APC y sin la mezcla en la dieta; T2, lechones de “cola” con APC y sin la mezcla en la dieta; T3 y T4, lechones de “cola” con 0.1 y 0.2% de la mezcla, sin APC, en la dieta. Respectivamente, para los tratamientos en el orden mencionado, se obtuvo: 1.383, 1.406, 1.404 y 1.424 kg de alimento consumido en promedio por día por lechón; 0.642, 0.635, 0.634 y 0.570 kg de peso corporal incrementado por lechón por día ( $P=0.018$ ), la corrección por covarianza con el peso inicial permitió corregir los incrementos a 0.402, 0.468, 0.381 y 0.517 ( $P<0.05$ ); 1.383, 1.406, 1.404 y 1.424 de conversión alimenticia. Los resultados mostraron que la mezcla si puede reemplazar a los APC.

**Palabras clave:** lechones destetados; fitobiótico; alimentación; rendimiento del crecimiento.

## **Productive indicators of piglets with low weaning weight that receive a phytobiotic supplement**

### **Abstract**

Antibiotic resistance is a very important health problem worldwide and has been linked to animal production in the stimulation of its development due to the use of antibiotic growth promoters (APC), the use of which has been banned in developed countries and, Sooner or later, the ban will be implemented in developing countries. Meanwhile, it is necessary to determine alternatives that allow us not to lose the productive advantages that were achieved with the use of APC. In the present trial we sought to determine the effect of including a mixture of thyme and European carob in the diet of low weight weaned piglets for 33 experimental days. Eighty piglets were distributed into 4 experimental groups: T1, “body” piglets with APC and without the mixture in the diet; T2, “tail” piglets with APC and without the mixture in the diet; T3 and T4, “tail” piglets with 0.1 and 0.2% of the mixture, without APC, in the diet. Respectively, for the treatments in the aforementioned order, the following were obtained: 1,383, 1,406, 1,404 and 1,424 kg of food consumed on average per day per piglet; 0.642, 0.635, 0.634 and 0.570 kg of increased body weight per piglet per day ( $P=0.018$ ), the correction for covariance with the initial weight allowed correcting the increases to 0.402, 0.468, 0.381 and 0.517 ( $P<0.05$ ); 1,383, 1,406, 1,404 and 1,424 of feed conversion. The results showed that the mixture can replace APC.

**Keywords:** weaned piglets; phytobiotic; feeding; growth performance.

## ÍNDICE

<b>N° Cap.</b>	<b>Título del Capítulo</b>	<b>N° Pág.</b>
	<b>Resumen/ Abstract</b>	<b>ix</b>
	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>01</b>
<b>I</b>	<b>ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO</b>	
	1.1. Tipo y Diseño de Estudio	04
	1.2. Lugar y Duración	04
	1.3. Tratamientos Evaluados	04
	1.4. Animales Experimentales	05
	1.5. Alimento Experimental	05
	1.6. Instalaciones y Equipo	06
	1.7. Técnicas Experimentales	07
	1.8. Variables Evaluadas	07
	1.9. Evaluación de la Información	08
<b>II</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	
	2.1. Antecedentes Bibliográficos	09
	2.2. Bases Teóricas	16
	2.2.1. La acción fitobiótica	16
	2.2.2. Tomillo y Algarrobo Europeo como fitobióticos	18
	2.2.3. La problemática del cerdo recién destetado	21
	2.2.4. Teoría de la Asignación de Recursos en Ganadería	23
<b>III</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
	3.1. Consumo de Alimento	24
	3.2. Peso Corporal y Cambios en el Peso	26
	3.3. Conversión Alimenticia	29
<b>IV</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>34</b>
<b>V</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>35</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	<b>38</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Título	Pág. Nº
1	<i>Composición porcentual de la ración local para cerdos en la fase de Crecimiento I</i>	06
2	<i>Consumo de alimento de cerdos de destete reciente que recibieron una mezcla de tomillo y algarrobo europeo en el alimento, reemplazando al APC</i>	24
3	<i>Información descriptiva del peso inicial (kg) de los cerdos según tratamientos</i>	26
4	<i>Información descriptiva del peso final (kg) de los cerdos según tratamientos</i>	26
5	<i>Información descriptiva de los cambios en el peso corporal (kg) de los cerdos según tratamientos</i>	27
6	<i>Conversión alimenticia de cerdos de destete reciente que recibieron una mezcla de tomillo y algarrobo europeo en el alimento, reemplazando al APC</i>	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Título	Pág. Nº
1	<i>Comparativo porcentual entre tratamientos para consumo de alimento</i>	25
2	<i>Comparativo porcentual entre tratamientos para cambios en el peso corporal con información sin corregir y corregida por covarianza con el peso inicial</i>	28
3	<i>Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia</i>	30

## ANEXOS

Nº	Título	Pág. Nº
1	<i>Prueba de varianzas homogéneas con los pesos iniciales</i>	39
2	<i>Prueba de normalidad con el incremento de peso</i>	39
3	<i>Prueba de varianzas homogéneas con los incrementos de peso</i>	39
4	<i>Análisis de la varianza con los incrementos de peso</i>	40
5	<i>Análisis de covarianza entre peso inicial e incremento de peso</i> <i>Medias ajustadas de tratamientos</i>	40

## INTRODUCCIÓN

El cerdo doméstico (*Sus scrofa domesticus*) es una especie importante en el abastecimiento de proteína animal para el ser humano; al punto que, en diferentes países del mundo desarrollado, es la especie animal más consumida. Aun cuando se le ha vinculado con problemas cardiovasculares en las personas, lo cierto es que se les ha orientado hacia la obtención de carcasas, cada vez, más magras. Adicionalmente, tratándose de una especie no rumiante, los ácidos grasos predominantes en su carne son no saturados que, lejos de ser dañinos, al contrario, son mejores para evitar problemas cardiovasculares.

En los sistemas de producción porcina, la fase más importante la constituye aquella comprendida entre el destete (los lechones son separados de la madre y dejan de consumir leche) y cuando alcanzan los 20 kilos de peso vivo; esta fase es la que determina el futuro productivo del cerdo y es la más difícil por cuanto el proceso de destete implica estrés, que ocasiona desequilibrio orgánico en el cerdo, además de las interacciones negativas con animales desconocidos (de otras camadas) y el incremento en la susceptibilidad a la acción de bacterias de tipo patógeno en el tracto gastrointestinal; situación que se intensifica negativamente cuando los animales tienen menor peso. Por tales motivos, los productores comerciales tienden a atiborrar a los cerditos con antibióticos promotores del crecimiento (APC) a través del alimento, en el afán de evitar problemas digestivos ocasionados por bacterias y asegurar la viabilidad de los animales; no obstante, el empleo de los APC ha sido prohibido en el mundo desarrollado y está en camino de serlo en el mundo en vías de desarrollo, debido a que se les ha vinculado fuertemente con el desarrollo de la resistencia antibiótica.

Se está buscando alternativas a los APC, entre estas se encuentran especies vegetales que tienen acción bacteriostática, antioxidante, inmuno-estimulante, entre otras;

que permitirían protección de los lechones y, consecuentemente, mejor rendimiento; ayudando, así, a los animales que tienen menor peso corporal que el promedio al momento del destete. Estas especies albergan muchos compuestos naturales bioactivos por lo que se encuentran entre las alternativas a los APC y, también, al óxido de zinc que se emplean para prevenir la diarrea post destete en los lechones. Suplementados en el alimento como material vegetal deshidratado en forma de extractos (ej., aceites esenciales o taninos), solos o en combinación con otros compuestos, como ácidos orgánicos, estos productos botánicos (también denominados como fitógenos o fitobióticos) representan una estrategia encaminada, por un lado, a tener efectos antimicrobianos; pero, así mismo, pueden estar implicados efectos vinculados con la inmunología y la autooxidación (Canibe et al., 2022).

En el Perú se ha introducido un producto comercial constituido por la combinación de extractos de tomillo (*Thymus vulgaris*) y semillas de algarrobo europeo (*Ceratonia siliqua*), que poseen principios activos de acción fitobiótica; por lo que se planteó el siguiente **problema** de investigación: ¿Cuál será el efecto de reemplazar al antibiótico promotor del crecimiento por el producto comercial proveedor de extractos de tomillo y algarrobo europeo sobre el consumo de alimento, incremento de peso y conversión alimenticia de lechones de menor peso al destete hasta alcanzar los 20 kilos de peso vivo?

Se asumió la siguiente **hipótesis**: La suplementación de la dieta con un producto comercial proveedor de extractos de tomillo y de algarrobo europeo permitirá reemplazar al antibiótico promotor del crecimiento ocasionando que los lechones recién destetados con bajo peso logren adecuado rendimiento hasta los 20 kilos de peso vivo.

Se consideró alcanzar los siguientes **objetivos**:

### **Objetivo General**

Determinar y evaluar el comportamiento productivo de lechones destetados con bajo peso corporal al recibir un suplemento comercial de extractos de tomillo y algarrobo europeo.

### **Objetivos Específicos**

1. Determinar y evaluar el consumo de alimento;
2. Determinar y evaluar los incrementos de peso;
3. Determinar y evaluar la eficiencia técnica de utilización del alimento.

La ejecución de la presente investigación se justificó debido a la trascendencia de buscar una alternativa a los APC que, controlando bacterias nocivas del tracto gastrointestinal porcino, sea incapaz de producir resistencia y que esta no llegue a las bacterias que pueblan el intestino de las personas. Así mismo, existió una justificación técnica debido a que se puede ejercer una acción benéfica sobre la aceptación de la carne y una reducción en la presentación de músculo pálido, blando y exsudativo, favoreciendo la comercialización de animales jóvenes.



# **I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO**

## **1.1. Tipo y Diseño de Estudio**

En la presente investigación se consideró como variable independiente el peso de destete de los lechones y la presencia de una combinación fitobiótica comercial, ambas variables fueron manejadas por el investigador; en consecuencia se trató de verdaderas variables independientes. Se determinó si los indicadores que midieron el rendimiento, sobre todo incrementos de peso y conversión alimenticia, fueron afectados por ambas variables. Por tal motivo, esta investigación fue de tipo experimental, cuantitativa y propositiva.

Para mayores detalles vinculados con el tipo y diseño puede consultarse a Hernández et al. (2010), Muñoz (2011), Maletta (2015), entre otros autores que tratan sobre la metodología de la investigación.

## **1.2. Lugar y Duración**

El ensayo se realizó en las instalaciones de la granja Inveragro San Martín de Porres SAC, ubicada en el distrito de Jazán, departamento de Amazonas.

La fase de campo tuvo una duración efectiva de 33 días, correspondientes a los períodos denominados como: pre-inicio (9), inicio (14) y crecimiento 1 (10 días).

## **1.3. Tratamientos Evaluados**

Se evaluaron los siguientes tratamientos:

**T<sub>1</sub>:** Testigo positivo, lechones con peso de destete entre 6 - 7 kilos y APC en la dieta.

**T<sub>2</sub>:** Testigo negativo, lechones con peso de destete menor a 6 kilos y APC en la dieta.

**T<sub>3</sub>:** Lechones con peso de destete menor a 6 kilos, con 0.1% de fitobióticos y sin APC en la dieta.

**T<sub>4</sub>:** Lechones con peso de destete menor a 6 kilos, con 0.2% de fitobióticos y sin APC en la dieta.

Si se lotiza en función del peso de destete, los animales que logran peso superior a los 7 kilos son cerdos de “cabeza”. El tratamiento 1 se consideró como testigo positivo debido a que los lechones lograron adecuados pesos de destete, pero no excelentes; también se les denomina cerdos de “cuerpo”. El tratamiento 2 se consideró como testigo negativo debido a que los lechones lograron pesos de destete bajos, menores a 6 kilos y se les denomina cerdos de “cola”. En ambos casos recibieron antibiótico promotor del crecimiento en la dieta, por lo que sirvieron para comparar con cerdos de “cola” que en vez de APC recibieron la combinación fitobiótica comercial; el testigo positivo permitió determinar si el mejor comportamiento productivo es influenciado por el mayor peso de destete. Sin embargo, además del peso corporal, se consideran otros factores para la lotización de “cabeza”, “cuerpo” y “cola”, como la apariencia desmejorada.

#### **1.4. Animales Experimentales**

Se emplearon ochenta lechones comerciales recién destetados, de ambos sexos; procedentes de madres Camborough y padres PIG 410 y 427. Veinte de los cerdos pertenecieron a la categoría de “cuerpo” (de 6 a 7 kilos de peso de destete) y los sesenta restantes a la categoría de “cola” (menos de 6 kilos de peso de destete). Las madres fueron homogéneas en número de parto.

#### **1.5. Alimento Experimental**

En las primeras dos fases (pre-inicio e inicio) los cerditos recibieron raciones comerciales, de fórmula cerrada. Para la fase de crecimiento I, recibieron una ración preparada en la granja, cuya composición porcentual de insumos se presenta en la Tabla 1; para los tratamientos 3 y 4 se extrajo el antibiótico promotor del crecimiento de la fórmula.

El producto comercial evaluado se comercializa con el nombre de Dysantic® producido por la firma Dr Bata® Ltd (Biotechnology in Feeding) y comercializado en el Perú por la firma Phartec SAC, que es representante exclusivo en el país de la marca de

origen. Para el producto, la ficha técnica indica que es un suplemento alimenticio con extractos de plantas, específicamente del tomillo (Thyme), del que se obtienen aceites esenciales como el timol, carvacrol y flavonoides que poseen actividad bactericida, viricida e inmuno modulador y de las semillas de algarrobo (St. John's bread seeds) el cual contiene sustancias como la galactopiranosas que son polisacáridos que actúan como prebióticos.

**Tabla 1.**  
***Composición porcentual de la ración local para cerdos en la fase de Crecimiento I***

Insumo	%
Maíz, amarillo nacional	27.6759
Arroz, granos partidos	25.0000
Soja, torta argentina-46	24.6722
Soja, harina integral extruida	05.0000
Arroz, polvillo	05.0000
Lactosa, 61%	04.9180
Hemoglobina bovina	01.5000
Fosfato mono-di-cálcico	01.0331
Carbonato de calcio	01.0056
Dextrosa monohidratada	01.0000
Plasma porcino – AP920	01.0000
Sal común	00.4111
Lisina – HCL	00.3150
Metionina DL	00.2334
Bicarbonato de sodio	00.2000
Trigo, afrecho	00.1723
Acidificante	00.1500
Treonina	00.1034
Anti-fúngico	00.1000
Veg-Pro, enzimas	00.1000
Proapak 13	00.1000
Mycosorb A+	00.1000
Amoxicilina, droga pura	00.0600
Sulfato de cobre	00.0600
Bio-colina	00.0400
Saborizante Star-Rich	00.0300
SSF, enzimas	00.0200

Se empleó la Amoxicilina, como antibiótico promotor del crecimiento (APC).

## **1.6. Instalaciones y Equipo**

Las instalaciones fueron de material noble, provistos de parrilla en alto y permitieron mantener lotes de 20 cerdos; estuvieron provistas de comederos de tipo tolva y bebederos

de chupón. Además, se empleó balanza electrónica, para pesar alimento y animales, lápices marcadores, libreta de campo, cámara fotográfica y ordenador electrónico.

### **1.7. Técnicas Experimentales**

Antes del traslado de los animales se hizo limpieza profunda, flameado y desinfección en los corrales con un producto comercial con glutaraldehído y carbono cuaternario, con la finalidad de proveer el ambiente adecuado.

Con el apoyo del personal de la granja, se seleccionaron 60 lechones (30 machos y 30 hembras), considerados como lechones de “cola”, generalmente con menos de 6 kilos de peso al destete, y 20 lechones con peso entre los 6 y 7 kilos, considerados como de “cuerpo”; los cerditos se trasladaron a corrales con capacidad de 20 (10 machos y 10 hembras) y piso de parrilla alta, provistos de comedero y bebederos de chupón.

Los cerditos se pesaron al inicio del ensayo (destete) y a los 9, 23 y 33 días post destete, implicando las fases de pre-inicio, inicio y crecimiento I.

El alimento se suministró en cantidades pesadas y el consumo se determinó por diferencia entre lo suministrado y el residuo. El alimento de las dos primeras etapas fue de origen comercial y el de la tercera etapa se preparó en la granja, en todos los casos se aplicó el producto proveedor de fitobióticos.

En cuanto al manejo sanitario, además del mantenimiento de la limpieza en las instalaciones y equipo se consideró la vacunación contra el cólera porcino. Los cerdos se supervisaron todos los días para determinar la presencia de diarreas.

### **1.8. Variables Evaluadas**

- Consumo de alimento, diferencia entre las cantidades suministradas y el residuo para cada una de las fases.
- Peso y cambios en el peso corporal, empleando balanza electrónica con aproximación de 100 gramos.

- Conversión alimenticia, kilos de alimento consumidos por kilo de peso vivo incrementado.

### 1.9. Evaluación de la Información

Se plantearon las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$H_1$ : AL MENOS UNA MEDIA DIFIERE DEL RESTO

Las que fueron contrastadas mediante un diseño irrestrictamente al azar (Ostle, 1979), descrito por el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \xi_{ij}$$

En el que:  $Y_{ij}$ , es la variable por evaluar;  $\mu$ , es el verdadero efecto medio;  $\tau_i$ , es el verdadero efecto del i-ésimo tratamiento;  $\xi_{ij}$ , es el verdadero efecto de la j-ésima unidad experimental sujeta a los efectos del i-ésimo tratamiento.

Se toleró una máxima probabilidad de 5% de cometer error de tipo I (Scheffler, 1981).

Se aplicaron las siguientes dójimas estadísticas:

Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) con los pesos iniciales y de cada fase; así mismo, se determinó la normalidad de la distribución, en cada período, aplicando la dójima de Kolmogorov-Smirnov.

Análisis de la varianza con los pesos y, en el caso de significación, la prueba de recorrido múltiple de Tukey.

El consumo de alimento y la conversión alimenticia se evaluaron a través de los comparativos porcentuales.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes Bibliográficos

Con la prohibición del empleo de antibióticos promotores del crecimiento (APC) en los países desarrollados, y dado que esta prohibición se va haciendo tendencia a nivel global, los Aditivos Alimenticios Fitogénicos (AAF) se consideran como una alternativa de primera línea a los APC, teniendo como base su bioactividad compleja. Las evidencias indican que los compuestos secundarios de las plantas tienen actividades biológicas que se reflejan sobre la palatabilidad del alimento, funciones digestivas, y la estructura del microbioma intestinal del animal; así como sobre la mejora en el rendimiento productivo de aves, cerdos y rumiantes y animales de acuicultura (Stevanovic et al., 2018).

Buena parte de perspectiva adecuada que se tiene de los fitobióticos recae en su contenido de aceites esenciales; en la revisión de bibliografía de Puvaca et al. (2022) se indicó que “los aceites esenciales son mezclas altamente concentradas de gran cantidad de compuestos diversos, fragantes y fácilmente volátiles que se localizan en diferentes partes de las plantas y juegan un rol clave en el tratamiento de diversas enfermedades, tanto en humanos como en animales; estos suelen ser flavonoides, polifenoles, taninos, alcaloides, terpenoides, polipéptidos y muchos otros compuestos que hacen que los aceites individuales sean específicos”.

El efecto de los constituyentes sobre el rendimiento y características de la salud de los fitobióticos ha sido reportado por diferentes investigadores.

Buenaño-Haro y Bravo-Sánchez (2022) realizaron un estudio en el que se extrajeron, caracterizaron y evaluaron aceites esenciales de jengibre (*Zingiber officinale*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) sobre indicadores productivos de gorrinos comerciales de reciente destete; se implementaron cuatro tratamientos: Testigo, 0.01, 0.05 y 0.10% de una mezcla (50: 50, p/p) de ambos aceites esenciales. El peso inicial de los cerdos fue, en

promedio, de  $10.82 \pm 0.77$  kg. Se registró efecto positivo sobre el incremento de peso y conversión alimenticia por efecto de la suplementación de los aceites esenciales. Respectivamente para T1, T2, T3 y T4 se obtuvo 0.391, 0.401, 0.421 y 0.436 kg/ día ( $P < 0.04$ ) de incremento de peso; 2.02, 1.97, 1.88 y 1.81 de conversión alimenticia. Los investigadores concluyeron que es conveniente el reemplazo del APC por 0.1% de la combinación ensayada de aceites esenciales.

Caprarulo et al. (2022) evaluaron el efecto protector de una premezcla fitobiótica innovadora, con y sin ácidos de cadena corta (AGCC) y media (AGCM), en lechones expuestos a *E. coli* 0138. Se implementaron cuatro grupos experimentales: (1) FIT 1, dieta basal suplementada con 0.2% de premezcla fitobiótica, (2) FIT 2, dieta basal suplementada con 0.2% de premezcla fitobiótica adicionada con 2000 ppm de AGCC y AGCM. Después de seis días de alimentación con las dietas experimentales los animales fueron desafiados con  $2 \times 10^9$  UFC/ dosis de *E. coli* y el grupo control (con dieta basal) se dividió en control positivo y negativo. Durante el período de pre desafío se observaron diferencias no significativas entre los grupos experimentales. En el período post desafío, respectivamente para los tratamientos FIT 1, FIT 2, Control+ y Control-, se obtuvo 12.33, 12.96, 11.55 y 13.42 kg de peso corporal ( $P > 0.05$ ); 0.29, 0.36, 0.18 y 0.41 kg para ganancia diaria promedio ( $P = 0.083$ ); 0.42, 0.51, 0.36 y 0.51 kg de ingestión promedio diaria de alimento ( $P < 0.05$ ); 1.70, 1.41, 2.60 y 1.36 ( $P = 0.054$ ) de conversión alimenticia. Los investigadores concluyeron indicando que se demostró que la suplementación dietética con los fitobióticos limitó el efecto perjudicial del desafío. Los ácidos grasos revelaron un efecto complementario que mejoró la ingestión de alimento y la consistencia fecal.

Radzikowski y Milczrek (2022) publicaron un artículo de revisión bibliográfica en el que se indicaron que diferentes estudios indicaron que las hierbas incrementan la

ingestión de alimento en los lechones, razón por la que exhibieron mayor incremento de peso. Así mismo, mencionan que estas hierbas regulan el equilibrio microbiológicos del tracto gastrointestinal, controlando bacterias de tipo patógeno y una consecuente reducción de diarreas, las que pueden ser causadas por *E. coli*. Estos investigadores citaron a Namking et al. (2004) quienes mostraron que canela, tomillo y orégano controlaron las poblaciones de *E. coli* en el tracto gastrointestinal de lechones destetados. También, indicaron que se reportaron propiedades parecidas para el ajo. Así mismo, observaciones de vellosidades intestinales más largas, mejor digestibilidad y conversión alimenticia por efecto de extractos de salvia, toronjil, ortiga y equinácea suplementales en dietas de lechones. Por otra parte, la suplementación de una combinación de *Lonicera japonica*, *Astragalus membranaceus*, *Eucommia folium* y *Codonopsis pilosula* moduló la capacidad antioxidante al reducir la actividad de superóxido dismutasa (SOD) y glutatión peroxidasa (GSH-Px) en el íleon, como se reportó en su cita de Wang et al. (2021).

Adedoyin et al. (2023) examinaron el potencial de hojas aromáticas, en forma de harina, de *O. gratissimum* sobre el rendimiento, bioquímica sanguínea y antihelmíntico en cerdos destetados; evaluaron los siguientes tratamientos: (1) Control positivo, suplementado con Kepro, (2) Control negativo, sin kepro y hojas aromáticas, y (3) Dieta suplementada con hojas aromáticas al 1%. Los resultados indicaron que hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos en ganancia de peso; la mayor ganancia diaria de peso (0.51 kg) y la mayor ingesta diaria de alimento (0.46 kg) se registraron en los cerdos alimentados con la dieta 3. Se indicó que la suplementación estratégica de harina de hojas aromáticas puede ser una alternativa a los productos sintéticos que pueden ser riesgosos para la salud de los consumidores.

Aroche et al. (2023) realizaron un estudio para evaluar las propiedades antimicrobianas y antioxidantes *in vitro* de hojas y extractos acuosos de cuatro plantas



medicinales (*Anacardium occidentale*, *Psidium guajava*, *Morinda citrifolia* y *Moringa oleifera*). Se emplearon seis cepas bacterianas y se determinó la concentración bactericida mínima (CBM) para las hojas; en tanto que para los extractos acuosos se evaluó la concentración inhibitoria mínima (CIM) y la CBM. La actividad antioxidante *in vitro* se determinó empleando 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo y los metabolitos secundarios se identificaron y cuantificaron mediante cromatografía líquida de ultra alta resolución. Los resultados mostraron que *A. occidentale* y *P. guajava* presentaron la mayor actividad antimicrobiana contra todas las cepas bacterianas; así mismo, ambas especies también mostraron la mayor actividad antioxidante. *A. occidentale* presentó una alta concentración de quercetina 3-O-glucósido-7-O-samanósido, kaempferol-7-O-glucósido, quercetina, ácido cafeico y ácido cinámico en sus hojas. Los investigadores concluyeron indicando que *A. occidentale* y *P. guajava* fueron las plantas más efectivas en términos antimicrobianos y antioxidantes *in vitro* en sus hojas y extractos acuosos; en tanto que, *Moringa oleifera* mostró buena actividad antioxidante pero ningún efecto bactericida, y *Morinda citrifolia* no presentó ninguno de los dos efectos.

Becker et al. (2023) realizaron un estudio de 42 días con cerdos destetados de, aproximadamente, 21 días de edad para evaluar los efectos del aditivo herbal D sobre el rendimiento del crecimiento, características del hueso y parámetros sanguíneos de lechones. Se evaluaron tres tratamientos dietéticos: Control (1650 UI de vit. D/ kg), Control con la adición de 120 o 200 mg de producto herbal D/ kg. En términos generales (0 a 42 días) se empeoró marginalmente ( $P=0.067$ ) la eficiencia alimenticia a medida que se incrementó el producto herbal, pero no hubo efecto alguno ( $P>0.10$ ) sobre el peso corporal final, la ganancia media diaria o la mortalidad. Teniendo en cuenta el resto de variables, los investigadores concluyeron que la inclusión del producto fitobiótico comercial tuvo un impacto mínimo sobre el crecimiento o los parámetros séricos; sin

embargo, el producto herbal incrementó el porcentaje de cenizas óseas, indicando mejoras en las características óseas.

Con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación dietética de aceite esencial de ajo de monte (*Maresoa alliacea* L.) en el desempeño productivo de lechones post-destete, Caicedo et al. (2023) emplearon 24 lechones machos castrados, cruce comercial, de 28 días de edad con un peso vivo promedio de  $9.33 \pm 0.34$  kg. Los tratamientos implementados fueron: Control; 500 mg de aceite/ kg de MS y 1000 mg de aceite/ kg de MS. No encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para el peso final, ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento y conversión alimenticia. Sin embargo, se apreció una tendencia a mejorar con 1000 mg de aceite/ kg, por lo que los autores recomendaron evaluar mayor suplementación en los siguientes ensayos.

Li et al. (2023) realizaron un estudio con el objetivo de examinar la suplementación de diferentes combinaciones de aceites esenciales junto con 1600 mg/ kg de óxido de zinc (ZnO) sobre el rendimiento del crecimiento, incidencia de diarrea, índice sérico inmune, ácidos grasos volátiles fecales y estructura de la microflora de lechones destetados. El peso promedio inicial fue de  $8.85 \pm 0.21$  kg. Se prepararon cinco diferentes dietas experimentales y se administraron por 28 días: (1) Control (C), (2) Control + 400 mg de la combinación 1 de aceite esencial/ kg (EOM1), (3) Control + 1600 mg de ZnO/ kg (Z), (4) Dieta Z + EOM1 (ZOM1), (5) Dieta Z + mezcla de dos aceites esenciales, 400 mg/ kg (ZOM2). Respectivamente para los tratamientos del primero al quinto, para el período completo de 28 días, se obtuvo: 345, 357, 401, 413 y 413 g/día de incremento de peso ( $P < 0.042$ ); 600, 649, 732, 742 y 752 g/ día de alimento consumido ( $P > 0.05$ ); 0.53, 0.55, 0.55, 0.56 y 0.55 de conversión alimenticia ( $P > 0.05$ ); 10.06, 8.07, 5.09, 4.47 y 5.06% de tasa de diarrea. Los hallazgos indicaron que la utilización de las combinaciones

de aceites esenciales, como suplementos, pueden servir potencialmente como una alternativa a las dosis farmacéuticas de ZnO.

Luise et al. (2023) realizaron un estudio en el que 96 lechones ( $7058 \pm 895$  g) se asignaron a cuatro tratamientos, balanceados por peso corporal y camada: (1) Control (CO), (2) ZnO (2400 mg/kg del día 0 al 14), (3) Combinación 1 (aceites esenciales de canela, ajowan y clavo, 1500 mg/kg de alimento), (4) Combinación 2 (cinamaldehído, eugenol y ácidos grasos de cadena corta y media, 2000 mg/kg de alimento). El ensayo tuvo una duración de 35 días. Respectivamente para los tratamientos del 1 al 4, al día 35 el peso promedio fue de 22.495, 22.235, 22.235 y 20.541 kg ( $P > 0.05$ ); 438, 432, 431 y 387 g de incremento de peso diario promedio; 673, 665, 684 y 597 g/día de alimento ingerido; 1.54, 1.54, 1.57 y 1.55 de conversión alimenticia. Los investigadores concluyeron mencionando que “incluir una mezcla de aceites esenciales en una dieta post-destete podría ser una estrategia potencial para mantener la salud intestinal de los lechones...”. No obstante, indicaron, que la eficiencia dependerá de su composición e inclusión en la dieta; permitiendo la modulación de la microbiota y de la salud intestinal.

Papadomichelakis et al. (2023) probaron una formulación fitogénica natural (FFN) como alternativa al óxido de zinc (ZnO) farmacéutico en lechones destetados con respecto al rendimiento del crecimiento, la digestibilidad total aparente y la composición de la microbiota fecal y actividad metabólica. Se compararon dos proporciones de FFN en la dieta (FFN: 1000 y 2000 mg/kg de dieta) con un control positivo (ZnO: 3000 mg ZnO/kg de dieta) y un control negativo (CON: sin ZnO ni FFN); se emplearon 84 lechones destetados de 29 a 78 días de edad. Respectivamente para los tratamientos ZnO, CON, FFN1 Y FFN2 se obtuvo 1.019, 1.032, 1.029 y 1.025 kg de ingestión promedio diaria de alimento; 0.613, 0.614, 0.626 y 0.638 kg de ganancia de peso promedio diaria; y 1.629, 1.671, 1.650 y 1.609 de conversión alimenticia. Los investigadores concluyeron

indicando que el FFN parece ser una alternativa prometedora para reemplazar a las dosis farmacéuticas de ZnO.

Prudyus (2023) realizó un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de diversos aditivos alimenticios sobre el estado morfofuncional de la mucosa duodenal de lechones en el período anterior al destete. Implementó cuatro tratamientos: (1) control y libre acceso al agua a partir del sétimo día de vida; (2) control + suplemento de levadura viva (*Sacharomyces*) y un complejo enzimático (proteasas, celulasas, xilanasas,  $\alpha$ -amilasas,  $\beta$ -glucanasas y fitasas) 0.5Kg/ tonelada; 3) control + 0.2 kg/ tonelada de un aditivo mezcla de aceites esenciales de extractos de plantas; 4) control + levadura seca y huevo en polvo enriquecido con inmunoglobulinas. Los estudios morfométricos demostraron que, en comparación con el grupo control de lechones, la adición de los aditivos con la combinación de aceites esenciales aumentó el sabor y olor del alimento, permitiendo mayor consumo, afectando positivamente el estado de las mucosas. El investigador concluyó que se observó que varios aditivos alimenticios tuvieron efecto positivo sobre el estado de la mucosa del duodeno, siendo más eficaz el suplemento que contuvo la combinación de aceites esenciales de extractos de plantas.

Alagbe et al. (2024) investigaron el rendimiento del crecimiento y la respuesta fisiológica de cerdos destetados alimentados con dietas suplementadas con un nuevo fitogénico (FCTNC). Implementaron cuatro tratamientos: (1) dieta basal sin antibióticos, (2) dieta basal con 1.5 g de neomicina, (3), (4) y (5) dieta basal con 5, 10 y 15 g de FCTNC/ kg, respectivamente. Encontraron efecto ( $P<0.05$ ) de los tratamientos en la ganancia promedio de peso, consumo diario de alimento, mortalidad y conversión alimenticia. Los cerdos en T4 (24.54 kg) y T5 (24.22 kg) tuvieron la mayor ganancia de peso, la que fue intermedia en T2 (21.55 kg) y T3 (22.51 kg) y menor en T1 (12.83 kg). Así mismo, se disminuyó ( $P<0.05$ ) notablemente las poblaciones de *E. coli* y *Salmonella*

sp., conforme se incrementó el FCTNC. En T4 y T5 se incrementó en recuento de lactobacilos. Concluyeron que el FCTNC podría administrarse a cerdos destetados hasta por 15 g/ kg sin manifestarse efecto negativo en la salud de los animales.

Como se puede apreciar en las citas, relativamente recientes, los fitobióticos constituyen una potencial alternativa, tanto para los APC como para el ZnO; en los ensayos en los que no se ha logrado mejoras en los incrementos de peso y conversión alimenticia, tampoco se han deteriorado como para afirmar que ocasionan daño a los animales que los consumen. Así mismo, buena parte de la acción no muy explicada está por el lado del potencial antioxidante y efectos sobre la calidad de la carne, aspectos que merecen investigaciones adicionales, sobre todo en un medio como el de Lambayeque en el que se realiza muy poca investigación en cerdos.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. La acción fitobiótica**

Liu et al. (2024) han indicado que los fitobióticos constituyen una lista grande (más de 5000) de productos biológicos; caracterizados a partir de aceites esenciales, frutas y verduras, cereales integrales, hierbas y nueces, etc. No se les considera aportantes de energía o aminoácidos; sin embargo, se ha podido determinar efectos promotores del crecimiento en diferentes especies animales de interés zootécnico, como los cerdos. Entre sus acciones en el organismo, estos investigadores han indicado las siguientes: “mejoras en la digestión, absorción de nutrientes y secreción de moco intestinal, saliva, bilis, actividades antibacterianas, autooxidación e inmunomodulación”.

Así mismo, indicaron que “la búsqueda de fitobióticos como alternativas a los antibióticos promotores del crecimiento se inició con extractos de hierbas y especias”, los reconocidos “aceites esenciales”. Estos están constituidos por una mezcla compleja de compuestos orgánicos (volátiles, aromáticos y lipófilos), incluidos terpenos y

fenilpropenos. Se ha podido determinar que su acción sobre las bacterias se centra en el daño que ejercen sobre las paredes de las células bacterianas.

Aun cuando se viene sosteniendo una consistentemente fuerte investigación en relación a los beneficios en la alimentación animal, se debe tener en consideración algunas precauciones debido a:

1. Posibles efectos tóxicos con sus características lipofílicas, que en altas concentraciones pueden dañar el hígado, el tracto gastrointestinal y el sistema reproductor de los animales.
  2. Posibles interacciones con otros componentes de la dieta, incluidos el azúcar, las grasas y las proteínas, comprometiendo la actividad y eficacia antimicrobiana, que podría superarse aplicando la microencapsulación.
  3. Altos costos de inclusión en la producción porcina debido a su volatilidad y al requerimiento de una concentración inhibitoria mínima (CIM) para eliminar bacterias.
- (Liu et al., 2024).

Las acciones de los aceites esenciales sobre el organismo animal también han sido referidas por otros investigadores (Stevanovic et al., 2018; Duarte y Kim, 2022; Puvaca et al., 2022; Pandey et al., 2023).

La referencia a los aceites esenciales implica compuestos hidrofóbicos de extractos de plantas, que se obtienen de ciertas plantas aromáticas tales como diversas especias que contienen terpenos (carvacrol, timol y eugenol), aldehídos (cinamaldehído), alcaloides (capsaicina) y compuestos azufrados (alicina); a menudo suelen tener unos pocos compuestos dominantes (como carvacrol y timol en orégano y tomillo), pero contienen docenas de compuestos diferentes (Canibe et al., 2022).

No son pocas las especies de plantas que interesan por su acción fitobiótica (aceites esenciales); se ha indicado que a nivel internacional existen 60 familias de plantas, entre las que se encuentran: compuestas, labiadas, lauráceas, mirtáceas, pináceas,

rosáceas, rutáceas y umbelíferas; generalmente se hallan en zonas templadas y tropicales (Caicedo et al., 2022). Así mismo, se ha determinado que los compuestos activos se encuentran en las hojas (albahaca, eucalipto, hierbabuena, mejorana, menta, romero, salvia, toronjil), raíces (angélica, azafrán, cúrcuma, jengibre, valeriana), semillas (anís, eneldo, hinojo, comino), tallo (canela), flores (lavanda, manzanilla, tomillo, rosa) y frutos (limón, mandarina, naranja, alcaravea, cilantro, laurel, nuez moscada, pimienta); que se almacenan en células secretoras, cavidades, canales, células epidérmicas o tricomas glandulares y se obtiene mediante destilación por vapor (Caicedo et al., 2022).

### **2.2.2. Tomillo y Algarrobo Europeo como fitobióticos**

Con relación al tomillo, Huang y Lee (2018), en su revisión de bibliografía, indicaron que el timol, carvacrol,  $\rho$ -cimeno y  $\gamma$ -terpineno son los principales componentes activos en el aceite esencial, que la suplementación dietética del tomillo se dio como aceite esencial o polvo de hojas, y se mejoró la hipersensibilidad cutánea de los basófilos a la fitohemaglutinina- $\rho$  (PHA- $\rho$ ) y redujo la relación H/L; así mismo, produjo una microbiología intestinal más equilibrada, como lo indicaron los recuentos mayores de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* y los niveles más bajos de *Escherichia coli* en el íleon. Reportaron los resultados de varios estudios que indicaron que el estrés por calor puede afectar la respuesta inmune mediada por células PHA- $\rho$ , destacándose el beneficio de utilizarlo en la alimentación animal debido aceite esencial de tomillo. Por otro lado, la relación H/L (relación entre los conteos de heterófilos y linfocitos) es un indicador de estrés, así como una relación H/L reducida demuestra la capacidad inmunoreguladora mejorada del huésped. También, el microbioma intestinal juega un papel importante en el sistema inmunológico, tal que los agentes estresores ambientales pueden cambiar el microbioma e incrementar la susceptibilidad a la colonización del intestino por patógenos.

“Los **monoterpenos** son el subgrupo más común de terpenoides presentes en los aceites esenciales aislados de material vegetal, donde constituyen hasta el 90% de la mayoría de los aceites esenciales y se caracterizan por un olor suave muy agradable. En su estructura, los monoterpenos contienen dos unidades de isopreno, es decir, 10 átomos de carbono. Este grupo de compuestos incluye timol, carvacrol,  $\alpha$ -pineno,  $\gamma$ -terpineno y 1,8-cineol” (Puvaca et al., 2022).

La misma fuente indica que: “El **timol** (2-isopropil-5-metilfenol) es un derivado fenólico del cimen y un isómero del **carvacrol**. El timol se caracteriza por una estructura cristalina incolora con un olor muy agradable; no se disuelve en agua, pero se disuelve bien en alcohol y otros solventes orgánicos. El carvacrol (5-isopropil-2-metilfenol) es un líquido viscoso de incoloro a amarillo pálido que no se disuelve en agua, se disuelve muy bien en etanol, éter etílico, propilenglicol y bases. El timol y el carvacrol son compuestos que inhiben la peroxidación lipídica, tienen un efecto estimulante digestivo y se caracterizan por sus propiedades antioxidantes, antiespasmódicas, diuréticas, antivirales, antibacterianas, antifúngicas e inmunomoduladoras. La presencia y alto porcentaje de hidrocarburos monoterpénicos, p-cimeno y  $\gamma$ -terpineno, no se puede observar independientemente de la presencia de timol y carvacrol ya que estos compuestos son sus precursores; por lo tanto, en su mayoría ocurren simultáneamente en los aceites esenciales”.

Con relación al algarrobo, este crece en las regiones áridas y semiáridas del Mediterráneo y es originario de Oriente Medio; los antiguos griegos lo llevaron a Grecia e Italia, mientras que los árabes lo extendieron por la costa norteafricana, Portugal y España. El nombre científico, *Ceratonia siliqua* L., deriva de la palabra griega “keras” y la palabra latina “siliqua” que describe la textura dura de la vaina. Es un arbusto deciduo, siempre verde, con tronco grueso y ramas fuertes que crece hasta 8 – 17 metros. Las



vainas son comestibles, comúnmente denominadas “algarroba” que comprende pulpa y semillas (90 y 10%, respectivamente). La vaina madura es parda y tiene una forma larga y comprimida (derecha o curvada) de varias dimensiones, con una superficie arrugada. La pulpa consiste de una capa exterior rugosa, el pericarpio, y una capa interior suave, el mesocarpio. Una cantidad de semillas, de textura dura, aovadas y marrones (de casi 10 mm de longitud y 0.2 g de peso por semilla), están ubicadas transversalmente dentro de la vaina, separadas por el mesocarpio. Las semillas de algarrobo se obtienen después que se rompen las vainas y están compuestas de la cubierta (30-35%), el endospermo blanco y translúcido (40-50%) y el germen o embrión (20-25%). Las hojas son esclerófilas cubiertas por una epidermis muy gruesa, la que se considera rica en compuestos fenólicos. La vaina es rica en azúcares (45-56% p/p), de los que la sacarosa es hasta el 95%. La glucosa y la fructosa se encuentran en concentraciones más bajas, concretamente del 2 al 4% y del 6 al 7%, respectivamente. Otros carbohidratos como maltosa, rafinosa, estaquiosa, verbascosa y xilosa también se han identificado en pequeñas proporciones, pero los inositoles están presentes en cantidades apreciables. Las vainas son una excelente fuente de otros compuestos bioactivos que contrarrestan el alto contenido de azúcar, principalmente fibra dietética, que representa hasta el 40% p/p de la algarroba. La fracción insoluble de la fibra incluye celulosa, hemicelulosa y lignina, y representa hasta el 70% de la fibra total. La fibra dietética soluble está presente en pequeñas cantidades (máximo 10 g/ 100 g de fibra). La vaina tiene un alto contenido de compuestos fenólicos; principalmente ácidos fenólicos, galotaninos y flavonoides, y se caracteriza por un elevado potencial antioxidante. El contenido de polifenoles varía mucho, dependiendo de factores ambientales y genéticos, así como del método de extracción seguido; por lo tanto, la concentración total oscila entre 7.1 y 382.0 mg de equivalente de ácido gálico por 100 g. (Bulca, 2016; Gioxari et al., 2022).

Brassesco et al. (2021) hacen referencia a que “la algarroba (*Ceratonia siliqua*) tiene un gran potencial para ser utilizada en la industria alimentaria, no solo por sus beneficios para la salud y su fuerte aroma característico, que permanece incluso después del procesamiento. Esta propiedad única puede explicarse por la presencia de ácidos, ésteres y aldehídos/cetonas, emitidos por la fruta y el polvo de algarroba, que son compuestos orgánicos volátiles biogénicos que contribuyen al crecimiento, reproducción y defensa de las plantas. Por otro lado, se necesita la diversificación y el desarrollo innovador de la industria alimentaria, la modernización tecnológica completamente nueva y las estrategias de expansión de la línea de productos”. Citan a Lobanov et al. (2018), quienes “estudiaron el impacto económico de incorporar ingredientes vegetales en la producción innovadora de **alimentos funcionales** a base de harina. En particular, la producción de un panecillo de lecitina con 4% de algarroba resultó en un aumento del contenido de proteínas, grasas y fibras y una disminución del contenido de carbohidratos, con una mejor eficiencia de producción que la producción de panecillo de lecitina sin algarroba. El precio del bollo de algarroba es sólo un 6% superior al del bollo sin algarroba. Este análisis permite reconocer a la algarroba como una excelente materia prima para elaborar panes sin gluten y harinas enriquecidas con vitaminas, minerales y proteínas”.

### **2.2.3. La problemática del cerdo recién destetado**

En el destete los lechones se enfrentan a un retiro repentino de la leche, además de cambios en las condiciones sociales y el entorno físico, e ingieren alimento sólido por primera vez en su vida. Estos cambios ocasionan cambios en las poblaciones bacterianas, disminuyen las poblaciones de algunas especies bacterianas, en tanto que otras se incrementan. Así, se pueden sostener que no solo la microbiota intestinal es inestable,

sino que los animales todavía tienen un sistema inmunológico inmaduro y bajas capacidades digestivas impactando en el rendimiento del crecimiento (Liu et al., 2024).

Los cambios en la dieta también (más proteína y fibra) son un desafío para el intestino de los animales, esto puede ocasionar disbiosis e inflamación de la microbiota intestinal. Así, se sabe, por ejemplo, que la elevación en el contenido de proteínas, de hasta 20%, puede aumentar la fermentación de proteínas bacterianas y la producción de metabolitos potencialmente tóxicos, como amoníaco y aminas, en el intestino grueso, aumentando el riesgo de diarrea. Por tal motivo, a nivel mundial se constituyó en una costumbre el suministro de antibióticos (Liu et al., 2024). Con todo, en esta fase se da el incremento de *E. coli*, de las que algunas cepas son las causantes más importantes de diarrea.

Canibe et al. (2022) realizaron una revisión detallada de bibliografía acerca de medidas para reducir la diarrea post-destete en los lechones; entre las que se encuentran:

1. Establecimiento de una microbiota intestinal robusta.
2. Promoción de la maduración del intestino antes que se produzca el destete.
3. Inhibición/ reducción del crecimiento de patógenos (efecto antibacterial).
4. Promoción del crecimiento de bacterias benéficas (y reducción indirecta de patógenos).
5. Modulación de la respuesta inmune/ provisión de la respuesta inmune.

Se ha enfatizado que un “aditivo/ estrategia puede ejercer su acción a través de más de un modo de acción, lo que dependerá del ecosistema intestinal del hospedero individual que el momento de la aplicación” (Canibe et al., 2022; Duarte et al., 2023).

Se ha indicado que “la plena realización del potencial genético de la productividad de los animales de granja mediante tecnologías industriales es imposible sin la inclusión en la dieta de diversos aditivos biológicamente activos que incrementarán la productividad, normalizarán la homeostasis del organismo y garantizarán el

funcionamiento adecuado del tracto gastrointestinal” (Ermolaev, 2023). Es evidente que este rol era jugado por los antibióticos promotores del crecimiento; sin embargo, debido al desarrollo de la resistencia a los fármacos por las bacterias su empleo ya no es sostenible, por lo que el desempeño productivo adecuado de los lechones inmediatamente después del destete tiene que sustentarse en aditivos alimenticios que no ocasionen resistencia.

#### **2.2.4. Teoría de la asignación de recursos en ganadería**

Los cerdos constituyen una especie doméstica de interés zootécnico, debido a que el ser humano lo domesticó para aprovisionarse de proteína y energía, sobre todo en climas fríos; aunque en la actualidad se le explota en casi todos los climas. La carne de cerdo es la más consumida tanto a escala mundial, así como en los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo y se espera que su consumo siga creciendo, lo que estará influenciado por el importante crecimiento del consumo de China (McDonald et al., 2013).

Esta situación obliga a los productores a ser cada vez más eficientes en la utilización de los recursos con la finalidad de lograr el potencial productivo de los animales. El humano se ve obligado a suministrar los recursos adecuados para lograr producción eficiente ya que en forma natural los cerdos serían incapaces de lograrla. Así, en el marco de la teoría de la asignación de recursos (Rauw, 2012), los cerdos destetados deben recibir una alternativa que pueda reemplazar a los antibióticos promotores del crecimiento para que puedan alcanzar potencialidad productiva sin causar inconvenientes a la salud de los consumidores.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Consumo de alimento

El consumo de alimento se presenta en la Tabla 2, para lechones recién destetados que recibieron un suplemento fitobiótico (tomillo + algarrobo europeo) en el alimento.

**Tabla 2.**

***Consumo de alimento de cerdos de destete reciente que recibieron una mezcla de tomillo y algarrobo europeo en el alimento, reemplazando al APC***

Ítem	Tratamiento			
	1	2	3	4
Cerdos	20	20	20	20
Días	33	33	33	33
APC en el alimento	Sí	Sí	No	No
Mezcla en alimento, %	--	--	0.1	0.2
<b>Consumo total/ lote, kg.</b>				
Acumulado	423.48	419.1	418.42	376.38
<b>Consumo total/ cerdo, kg.</b>				
Acumulado	21.174	20.955	20.921	18.819
<b>Consumo promedio/ cerdo/ día, kg.</b>				
Acumulado	0.642	0.635	0.634	0.570

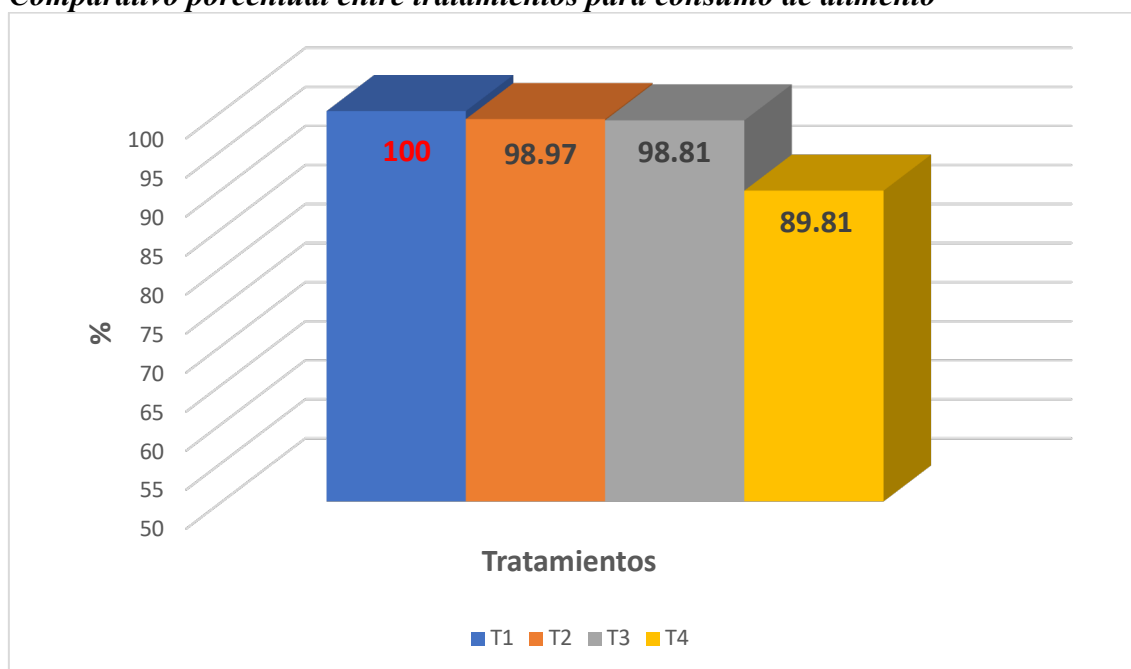
Se apreció que en los tratamientos 1, 2 y 3, el consumo registrado fue muy parecido; al punto que al comparar las cifras de consumo promedio diario (de todo el período) las diferencias fueron de unos pocos gramos; sin embargo, el tratamiento 4 evidenció una diferencia considerable con el tratamiento 1, esta fue de 10.2%. Se podría asumir que esta diferencia se debió a la mayor proporción del fitobiótico empleada en este tratamiento; no obstante, es posible que el consumo haya sido influenciado por el peso corporal de los cerdos, ya que en este tratamiento estuvieron los cerdos más ligeros (peso promedio de 4.3 kg) en comparación con el tratamiento 1 (peso promedio de 5.8 kg).

El experimento fue planificado para que se compararan cerdos de “cuerpo” (tratamiento 1) con cerdos de “cola” (tratamientos 2, 3 y 4). En la producción de cerdos, al efectuarse el destete, el personal lotiza a los destetados como de “cabeza” (peso

corporal de destete superior a 7 kilos), de “cuerpo” (peso corporal de destete entre 6 y 7 kilos) y de “cola” (peso corporal de destete inferior a 6 kilos). A pesar que los cerdos de los tratamientos 2, 3 y 4 fueron de “cola”, al azar, en el tratamiento 4 se ubicaron los menos pesados. Resultó evidente que el tamaño del cuerpo influenció sobre la cantidad consumida de alimento, debido al menor tamaño del tracto gastrointestinal de los cerditos más ligeros.

En la Figura 1 se consigna el comparativo porcentual entre tratamientos para el consumo de alimento.

**Figura 1.**  
***Comparativo porcentual entre tratamientos para consumo de alimento***



Se aprecia las similitudes entre los tratamiento 1, 2 y 3 y la reducción en el consumo del tratamiento 4.

Caprarulo et al. (2022) reportaron mejoras en el consumo de alimento de cerdos de destete reciente, expuestos a *E. coli*, al ser suplementados con fitobióticos. Así mismo, Radzikowski y Milczrek (2022), en su revisión bibliográfica indicaron incrementos en el consumo de alimento debido a la suplementación con productos fitobióticos. Adedoyin et al. (2023) encontraron incrementos en el consumo de alimento al suplementar hojas

aromáticas en la dieta de lechones destetados. Así mismo, habiendo desarrollado un suplemento fitogénico novedoso, Alagbe et al. (2024) mencionan mejoras significativas en el consumo de alimento.

Sin embargo, existen reportes bibliográficos en los que no se encontraron diferencias significativas en el consumo de alimento, aunque tampoco se evidenciaron efectos negativos, a evaluar diferentes proporciones, combinaciones y especies fitobióticas (Caicedo et al., 2023; Luise et al., 2023; Papadomichelakis et al., 2023).

En el caso del presente ensayo, con 01% de la combinación de tomillo + algarrobo europeo, en cerditos destetados catalogados como de “cola” el consumo se comportó muy parecido al logrado por cerditos de “cuerpo” suplementados con APC.

### 3.2. Peso Corporal y Cambios en el Peso

La información descriptiva del peso corporal inicial y final se presenta en las Tablas 3 y 4, para cerdos de destete reciente que recibieron una mezcla de tomillo + algarrobo europeo en la dieta.

**Tabla 3.**

***Información descriptiva del peso inicial (kg) de los cerdos según tratamientos***

Tratamiento	N	Media	Error estándar media	D.E.	Varianza	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
1	20	<b>5.885</b>	0.108	0.482	0.232	8.18	5.200	5.850	6.900
2	20	<b>5.240</b>	0.090	0.402	0.162	7.67	4.400	5.250	5.900
3	20	<b>5.960</b>	0.113	0.506	0.256	8.49	5.000	5.900	6.700
4	20	<b>4.400</b>	0.103	0.460	0.212	10.45	3.700	4.350	5.600

**Tabla 4.**

***Información descriptiva del peso final (kg) de los cerdos según tratamientos***

Tratamiento	N	Media	Error estándar media	D.E.	Varianza	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
1	20	<b>21.191</b>	0.359	1.604	2.573	7.57	18.400	21.200	25.000
2	20	<b>20.149</b>	0.412	1.840	3.387	9.13	17.400	20.350	24.600
3	20	<b>20.825</b>	0.478	2.140	4.579	10.28	16.700	20.900	25.000
4	20	<b>17.620</b>	0.666	2.978	8.868	16.90	10.140	17.650	21.800

En los pesos iniciales del ensayo (Tabla 3) se notó mayor variabilidad en el tratamiento 4 (10.45%), aunque no muy alejada de los tratamientos 1, 2 y 3 (8.18, 7.67 y 8.49%, respectivamente); los valores mínimo y máximo del tratamiento 4 estuvieron considerablemente por debajo de los mismos valores del resto de tratamientos; lo cual indicaría una desventaja para el rendimiento del crecimiento en este tratamiento, pero debe recordarse que son cerdos de “cola” y es en este tipo de cerdos en que se quiso determinar si el suplemento fitobiótico le ayudaría a compensar peso peso corporal hacia el final del ensayo.

En los pesos finales, se corroboró que el que estuvo en desventaja fue el tratamiento 4, fue el más variable (16.9%) y los valores mínimo y máximo estuvieron considerablemente por debajo de los mismos valores de los otros tratamientos, incluidos los tratamientos 2 y 3, que también fueron clasificados como cerdos de “cola”.

La información descriptiva de los cambios en el peso corporal se consignan en la Tabla 5.

**Tabla 5.**  
***Información descriptiva de los cambios en el peso corporal (kg) de los cerdos según tratamientos***

Tratamiento	N	Media	Error estándar media	D.E.	Varianza	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
1	20	<b>15.306<sup>a</sup></b>	0.377	1.687	2.847	11.02	12.80	15.31	19.30
2	20	<b>14.909<sup>a</sup></b>	0.430	1.924	3.703	12.91	11.60	15.23	19.20
3	20	<b>14.905<sup>a</sup></b>	0.452	2.021	4.084	13.56	11.20	15.10	18.30
4	20	<b>13.220<sup>b</sup></b>	0.663	2.965	8.791	22.43	5.44	13.43	17.40

<sup>a, b</sup> Letras diferentes sobre las medias indicaron diferencias significativas (P=0.018) entre tratamientos

El análisis estadístico (anexos) mostró que la información estuvo distribuida normalmente y hubo homocedasticidad, corroborando la exigencia para aplicar el análisis de la varianza. El valor de P fue igual a 0.018, aplicada la prueba de rango múltiple de Tukey se determinó que los tratamientos 1, 2 y 3 fueron iguales entre ellos y superiores al tratamiento 4.



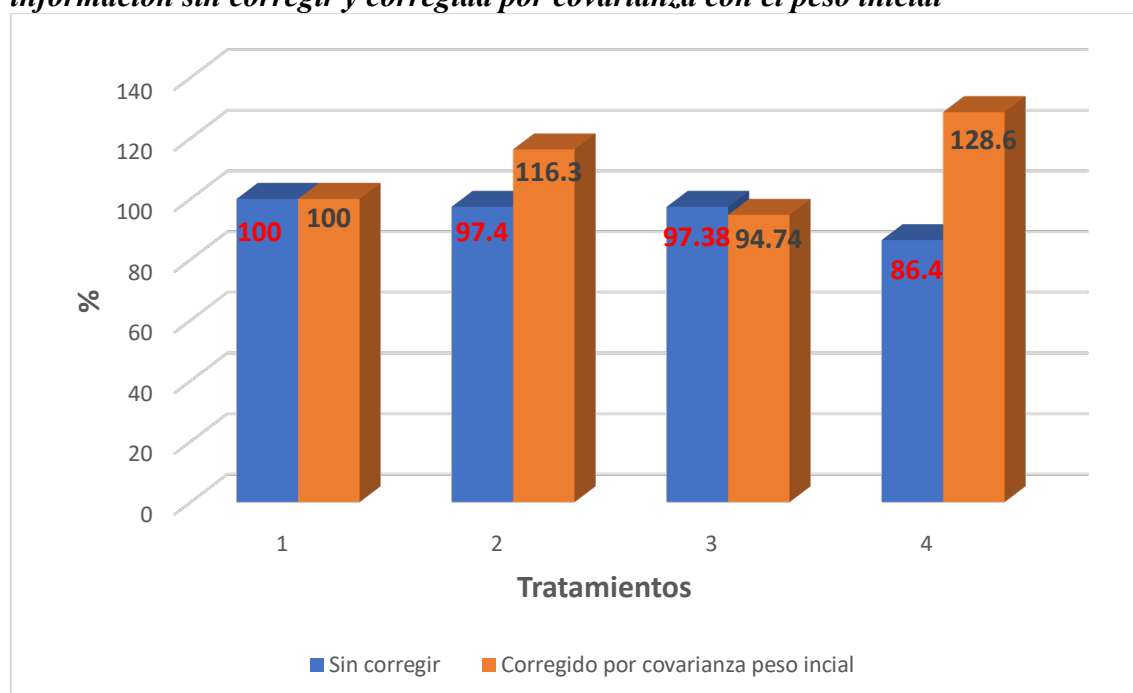
Debido a los menores pesos corporales en el tratamiento 4 al inicio del ensayo se asumió que esta situación podría haber afectado el desenvolvimiento del crecimiento, razón por la que se recurrió al análisis de covarianza ente el peso inicial (variable concomitante) y los incremento de peso (variable Y), los resultados mostraron que después de corregir por efecto del peso inicial las diferencias entre los tratamientos siguieron siendo significativas, motivo por el que se procedió a aplicar la corrección de las medias de Y en función de la variable concomitante.

Respectivamente para los tratamientos 1, 2, 3, y 4 las medias corregidas de los incrementos de peso fueron **13.271**, **15.429**, **12.573** y **17.067** kilos; resultando en un panorama completamente distinto que indicó que si no hubiese sido por el peso corporal inicial la mejor respuesta en el crecimiento correspondería al tratamiento 4 con 0.2% de la mezcla fitobiótica.

En la Figura 2 se presenta el comparativo porcentual entre tratamientos para la información real y la corregida.

**Figura 2.**

***Comparativo porcentual entre tratamientos para cambios en el peso corporal con información sin corregir y corregida por covarianza con el peso inicial***



La información corregida resaltó la importancia de la utilización de 0.2% de la mezcla fitobiótica en la promoción del incremento de peso, sin emplear APC. Así mismo, se resalta la trascendencia de procurar que los lechones de “cola” no pierdan peso; en otras palabras, implementar un programa de manejo más exigente con estos lechones para que lleguen con mejores pesos al destete y, así, que tengan mejores oportunidades de alcanzar pesos de mercado similares o superiores a los cerdos de “cuerpo”.

El análisis de covarianza corroboró la sospecha que el rendimiento final se debía más al peso corporal con el que iniciaron el ensayo y que este comportamiento ocultó al verdadero efecto de la mezcla fitobiótica.

Diferentes investigadores (Buenaño-Haro y Bravo-Sánchez, 2022; Radzikowski y Milczrek, 2022; Adedoyin et al., 2023; Li et al., 2023; Papadomichelakis et al., 2023; Alagbe et al., 2024) han reportado que el empleo de fitobióticos promovió el incremento de peso de lechones de destete reciente, lo cual se debió a la promoción del consumo de alimento, a la más eficiente utilización de alimento, al control de problema digestivos (diarrea), control de la microbiota intestinal, entre otras acciones; sin embargo, también los resultados de otros investigadores (Caicedo et al., 2023; Luise et al., 2023) no mostraron efecto y en algunos casos efecto negativo (Becker et al., 2023).

En el presente trabajo de investigación se ha podido determinar que el empleo de la mezcla de tomillo + algarrobo europeo es prometedor de buenos resultados en la alimentación de lechones de reciente destete, pero se requiere que sean manejados convenientemente para mitigar el efecto del poco peso corporal que es normal en camadas numerosas.

### **3.3. Conversión Alimenticia**

Las cifras correspondientes a la conversión alimenticia se presentan en la Tabla 6, para lechones de destete reciente que recibieron una mezcla fitobiótica en el alimento.

**Tabla 6.**

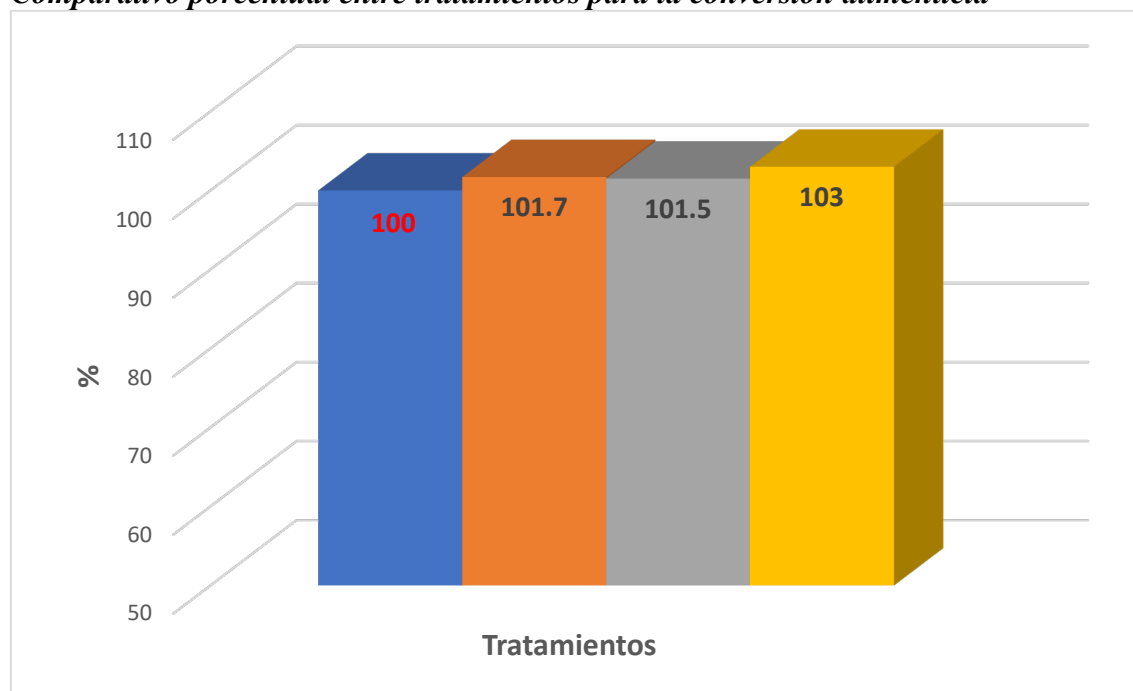
***Conversión alimenticia de cerdos de destete reciente que recibieron una mezcla de tomillo y algarrobo europeo en el alimento, reemplazando al APC***

Ítem	Tratamiento			
	1	2	3	4
Cerdos	20	20	20	20
Días	33	33	33	33
APC en el alimento	Sí	Sí	No	No
Mezcla en alimento, %	--	--	0.1	0.2
<b>Consumo total/ lote, kg.</b>				
Acumulado	423.48	419.1	418.42	376.38
<b>Incremento peso total/ lote, kg.</b>				
Acumulado	306.12	298.18	298.10	264.40
<b>Conversión alimenticia, kg/ kg.</b>				
Acumulada	1.383	1.406	1.404	1.424

En la Figura 3 se presenta el comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia.

**Figura 3.**

***Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia***



Como se puede apreciar las diferencias entre los valores obtenidos son pequeñas, al punto que los tratamientos 2 y 3 fueron 1.7 y 1.5% menos eficientes, respectivamente, que el testigo; en tanto que, el tratamiento 4 fue 3% menos eficiente; si se tiene en consideración que ambos tratamientos testigo (T1 y T2) tuvieron APC, entonces se puede

afirmar que la mezcla fitobiótica se ha comportado con eficiencia, ya que en el tratamiento 1 los animales fueron seleccionados como lechones de “cuerpo”, es decir con mejores condiciones físicas que los animales que estuvieron en los tratamientos 2, 3 y 4, en los que todos fueron clasificados como lechones de “cola”.

La acción de los fitobióticos sobre la conversión alimenticia se centra en los efectos que los principios activos (terpenos, politerpenos, flavonoides, etc.) ejercen a nivel del tracto gastrointestinal, principalmente sobre el intestino. La regulación de la microbiota y su acción, el control de radicales libres, la integridad sanitaria de los epitelios intestinales, la estimulación de la inmunocompetencia, etc.; difícilmente estos efectos se pueden tratar por separado, al parecer se trataría de una acción simultánea (Puvaca et al., 2022).

Genéricamente, a los principios activos de los fitobióticos, se les denomina como aceites esenciales; estos realizan acciones complementarias, en diferentes especies animales (principalmente pollos de carne y cerdos) controlan los componentes de la microbiota (reduciendo a los microorganismos de tipo patógeno, como clostridios, salmonela, coli, etc., e incrementando a los de tipo benéfico, como lactobacilos, bífidobacterias, etc.) y, de esta manera, participan en el cuidado sanitario de las vellosidades intestinales, permitiendo la disponibilidad de una amplia superficie de absorción de nutrientes.

Así mismo, los aceites esenciales tienen la particularidad de reducir la viscosidad de la digesta, reduciendo el tamaño de las moléculas, facilitando la absorción. Rol vinculado directamente con la conversión alimenticia.

Pero, probablemente el papel trascendente se centre en la acción antioxidante. Bajo la condiciones de crianza intensiva, los cerdos son sometidos a condiciones de albergue de alta densidad en las que están compitiendo permanentemente por espacio, alimento,

agua, etc., incluso interactuando entre sí para lograr una posición en la jerarquía social y asegurar algo de bienestar. El hecho es que, esta situación propicia estrés y este, a su vez, la aparición de radicales libres; estos deben ser bloqueados para que no dañen tejidos y los nutrientes puedan destinarse a fines productivos y no de reparación, reflejándose en mejor conversión alimenticia o, si se quiere, mayor eficiencia en la utilización de los nutrientes para incrementar peso corporal.

En las modernas condiciones de explotación animal (porcina, avícola, etc.) se dan, también, las condiciones para el brote de otras enfermedades, de manifestación clínica o subclínica, que no solo afectan a los indicadores del rendimiento sino también a otras funciones orgánicas (reproductivas, por ejemplo), por lo que un adecuado sistema inmunológico que responda adecuadamente al desafío sanitario es necesario; sobre todo si se tiene en cuenta que, debido a los modernos criterios de mejora genética implementados, los animales más productivos son los menos capaces en la respuesta del sistema inmunológico, ya que una respuesta inmediata de este sistema implica la detención de los procesos de síntesis, bajo este principio “los más inmunocompetentes son los menos eficientes productivamente”. Entonces, el moderno cerdo precisa de una estimulación de su sistema inmune que no bloquee a los procesos de síntesis, aquí es donde entran en juego los principios activos contenidos en los fitobióticos, que incrementan las poblaciones de microbios benéficos y controlan a los de tipo patógeno, produciéndose protección bajo condiciones no adversas. Este tipo de acción también se relaciona directamente con la conversión alimenticia, porque implica eficiente utilización de la alta densidad de nutrientes ingresada con los alimentos.

Existen suficientes revisiones bibliográficas que explican estos procesos en el organismo animal, por parte de los componentes de los fitobióticos, tanto en cerdos, aves, como en otras especies de interés zootécnico y de elevado rendimiento, en este trabajo de

investigación se hizo referencia a, entre otros, Stevanovic et al. (2018), Canibe et al. (2022), Duarte y Kim (2022), Pandey et al. (2023), Prudyus (2023), Liu et al. (2024).

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que el peso (tamaño) que logran los lechones al destete es determinante en su rendimiento del crecimiento inmediato, se infiere que todo aquello que se haga por lograr que los lechones de “cola” por lo menos lleguen como lechones de “cuerpo” al destete sería importante para el rendimiento de la empresa porcina y deberían implementarse investigaciones relacionadas con la solución de esa problemática, dentro de la que juega un rol trascendente esta investigación en la búsqueda de potencial productivo (Ermolaev, 2023); considerando que los lechones de “cola” son más susceptibles a problemas sanitarios en el intestino.

En este reporte de investigación no se trató el mérito económico debido a que su finalidad era determinar si la mezcla de fitobióticos permitiría mejorar el rendimiento de los lechones de “cola” y no, necesariamente, su economía que puede ser tomada en investigaciones complementarias.

## IV. CONCLUSIONES

Se llegó a las siguientes:

1. No rechazar la hipótesis planteada, por cuanto la mezcla de fitobióticos que se ensayó puede reemplazar al antibiótico promotor del crecimiento (APC).
2. El consumo de alimento fue afectado principalmente por el peso que lograron los lechones al destete y no por la presencia del APC o de la mezcla fitobiótica, como fue corroborado por los resultados de consumo de los tratamientos 2 y 3, que fueron clasificados como lechones de “cola”, también los del tratamiento 4.
3. Hubo diferencias significativas ( $P=0.018$ ) entre tratamientos para el cambio en el peso corporal, el tratamiento 4 fue el que menos incrementó; sin embargo, se debió al efecto concomitante del peso inicial ya que el análisis de covarianza indicó que este tratamiento habría sido el más eficaz en la manifestación de esta variable (13.271, 15.429, 12.573 y 17.067 kg por lechón respectivamente para los tratamientos 1, 2, 3 y 4).
4. Con los datos reales, la conversión alimenticia fue prácticamente similar entre todos los tratamientos, con diferencias entre 1.5 y 3% a favor del testigo.

## **V. RECOMENDACIONES**

- 1.** Emplear 0.2% de la mezcla de fitobióticos ensayada debido a que puede reemplazar al APC en el logro de adecuada conversión alimenticia con los datos observados.
- 2.** Implementar trabajos de investigación con la finalidad de determinar procedimientos para que los lechones de “cola” al nacimiento puedan llegar a lechones de “cuerpo” al destete y determinar su impacto sobre la producción y economía del crecimiento.
- 3.** Buscar otras alternativas técnicas, económicas, sociales y ambientales a los APC en la producción de cerdos.



## BIBLIOGRAFÍA

- Adedoyin, A., Akindele, O., Onifade, O., & Bankole, O. (2023). Potentials of scent leaves (*O. gratissimum*) as feed additive on performance, selected blood biochemicals and helminthiasis in weaner pigs. *Journal of Livestock Policy*, 2(1), 28–43. <https://doi.org/10.47604/jlp.v2i1.2117>
- Alagbe, J. O., Anorue, D. N., Shittu, M. D., Ramalan, S. M., Faniyi, T. O., and Ajagbe, A. D. (2024). Growth performance and physiological response of weaned pigs fed diet supplemented with novel a phytogenics. *Brazilian Journal of Science*, 3(1), 43-57. DOI: 10.14295/bjs.v3i1.444
- Aroche, R., Jiang, X., Rodríguez, R., Li, X., Avellaneda, C., and Martínez, Y. (2023). *In vitro* antimicrobial and antioxidant activity of leaves and aqueous extract of four medicinal plants with phytobiotic potential in animal production. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 57. [Retrieved from: <https://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/1104>]
- Becker, L. L., Tokach, M. D., Woodworth, J. C., Goodband, R. D., DeRouchey, J. M., and Gebhardt, J. T. (2023). Influence of herbal active D on nursery pig growth performance. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*: 9: 7. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.8514>
- Brassesso, M. E., Brandao, T. R. S., Silva, C. L. M., Pintado, M. (2021). Carob bean (*Ceratonia siliqua* L.): A new perspective for functional food. *Trends in Food Science & Technology*, 114: 310–322. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.037>
- Buenaño-Haro, C. X. and Bravo-Sánchez, L. R. (2022). Uso del jengibre (*Zinger officinale*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) como aditivos fitobioticos en lechones posdestete. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 7(14): 32 – 43. <http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v7i14.1853>
- Bulca, S. (2016). Some properties of carob pod and its use in different areas including food technology. *Scientific Bulletin Series F. Biotechnologies*, XX: 142-147. [ISSN Online 2285-1372, ISSN-L 2285-1364]
- Caicedo, W., Margoth Chinque, D., Jimena Grefa, V.. (2022). Phytobiotic additives and their effect on the productive performance of pigs. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 56 (2), e02. [Available in: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=653773103002>]
- Caicedo, W., Caicedo, L., Buenaño, C., and Caicedo, M. (2023). Productive performance of post-weaning piglets supplemented with essential oil of wild garlic (*Mansoa alliacea* L.) Technical note. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 57, <https://cu-id.com/1996/v57e18>
- Canibe, N.; Højberg, O.; Kongsted, H.; Vodolazska, D.; Lauridsen, C.; Nielsen, T.S.; Schönherz, A.A. (2022). Review on preventive measures to reduce post-weaning diarrhoea in piglets. *Animals*, 12, 2585. <https://doi.org/10.3390/ani12192585>
- Caprarulo, V., Turin, L., Hejna, M., Reggi, S., Dell'Anno, M., Riccaboni, P., Trevisi, P., Luise, D., Baldi, A., and Rossi, L. (2022). Protective effect of phytogenic plus short and medium-chain fatty acids-based additives in enterotoxigenic *Escherichia coli* challenged piglets. *Veterinary Research Communications*, 47:217–231. <https://doi.org/10.1007/s11259-022-09945-0>
- Duarte, M. E. and Kim, S. W. (2022). Intestinal microbiota and its interaction to intestinal health in nursery pigs. *Animal Nutrition*, 169e184. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.05.001>

- Duarte, M. E., Garavito-Duarte, Y., and Kim, S. W. (2023) Impacts of F18<sup>+</sup> *Escherichia coli* on intestinal health of nursery pigs and dietary interventions. *Animals*, 13, 2791. <https://doi.org/10.3390/ani13172791>
- Ermolaev, V. (2023). Development of technologies for the production of innovative phytobiotic and adaptogenic additives for animal nutrition. *E3S Web of Conferences* **380**, 01008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338001008>
- Gioxari, A., Amerikanon, C., Nestoridi, I., Gourgari, E., Pratsinis, H., Kalogeropoulos, N., Andrikopoulos, N. K., and Kaliora, A. C. (2022). Carob: A sustainable opportunity for metabolic health. *Foods*, 11: 2154. <https://doi.org/10.3390/foods11142154>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. 5ta edición. McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A. de C.V. Impreso en Chile. ISBN: 978-607-15-0291-9
- Huang, C. M. and Lee, T. T. (2018). Immunomodulatory effects of phytochemicals in chicken and pigs – a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 31(5): 617-627. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0657>
- Li, Y., Cao, H., Zhang, S., Guo, P., Zhao, J., Zhang, D., and Zhang, S. (2023). Effects of the Supplementation of Essential Oil Mixtures on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Immune Status and Microbial Community in Weaned Piglets. *Animals*, 13, 3697. <https://doi.org/10.3390/ani13233697>
- Liu, H.-Y., Zhu, C., Zhu, M., Yuan, L., Li, S., Gu, F., Hu, P., Chen, S., and Cai, D. (2024). Alternatives to antibiotics in pig production: looking through the lens of immunophysiology. *Stress Biology*, 4:1. <https://doi.org/10.1007/s44154-023-00134-w>
- Luise, D., Correa, F., Negrini, C., Viridis, S., Mazzoni, M., Dalcanale, S., and Trevisi, P. (2023). Blend of natural and natural identical essential oil compounds as a strategy to improve the gut health of weaning pigs. *Animal*, 17, 101031. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.101031>
- Maletta, H. (2015). *Hacer Ciencia. Teoría y práctica de la producción científica*. Universidad del Pacífico: Lima, Perú. 700 PP. ISBN: 978-9972-57-339-2
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., and Wilkinson, R. G. (2013). *Nutrición Animal*. 7<sup>ma</sup> ed. Acribia. Zaragoza, España. ISBN: 978-84-200-1169-1
- Muñoz R., C. (2011). *Cómo Elaborar y Asesorar una Investigación de Tesis*. 2<sup>da</sup> ed. Pearson Educación: México. ISBN: 978-607-32-0456-9
- Ostle, B. (1979). *Estadística Aplicada. Técnicas de la Estadística Moderna, Cuándo y Dónde Aplicarlas*. Limusa. México: D.F. 629 pp. ISBN: 968-18-0734-0
- Pandey, S., Kim, E. S., Cho, J. H., Song, M., Doo, H., Kim, S., Keum, G. B., Kwak, J., Ryu, S., Choi, Y., Kang, J., Choe, J. and Kim, H. B. (2023). Cutting-edge knowledge on the roles of phytobiotics and their proposed modes of action in swine. *Frontiers in Veterinary Science*, 10:1265689. DOI: 10.3389/fvets.2023.1265689
- Papadomichelakis, G., Palamidi, I., Paraskeuas, V. V., Giamouri, E., Mountzouris, K. C. (2023). Evaluation of a Natural Phytochemical Formulation as an Alternative to Pharmaceutical Zinc Oxide in the Diet of Weaned Piglets. *Animals*, 13, 431. <https://doi.org/10.3390/ani13030431>
- Prudys, T. (2023). Morphological characteristics of the duodenum of piglets fed with various feed additives. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14(2): 266-272. DOI: 10.15421/022339

- Puvaca, N., Tufarelli, V., and Giannenas, I. (2022). Essential oils in broiler chicken production, immunity and meat quality: Review of *Thymus vulgaris*, *Origanum vulgare*, and *Rosmarinus officinalis*. *Agriculture*, 12: 874. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060874>
- Radzikowski, D. and Milczarek, A. (2022). Efficiency of herbs and botanicals in pig feeding. *Animal Science and Genetics*, 18(2): 73-87. DOI: 10.5604/01.3001.0015.9442
- Rauw, W. M. (2012). Immune response from a resource allocation perspective. *Front. Gene.* 3: 267. Review Article. Doi: 10.3389/fgene.2012.00267
- Scheffler, W. C. (1981). *Bioestadística*. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N.A. 267 pp.

## ANEXOS

### Anexo 1.

#### *Prueba de varianzas homogéneas con los pesos iniciales*

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándares

Tratamiento	N	Inferior	Desv.Est.	Superior
1	20	0.341287	0.481527	0.788586
2	20	0.284806	0.401838	0.658080
3	20	0.358754	0.506172	0.828947
4	20	0.326013	0.459977	0.753294

Prueba de Bartlett (distribución normal)

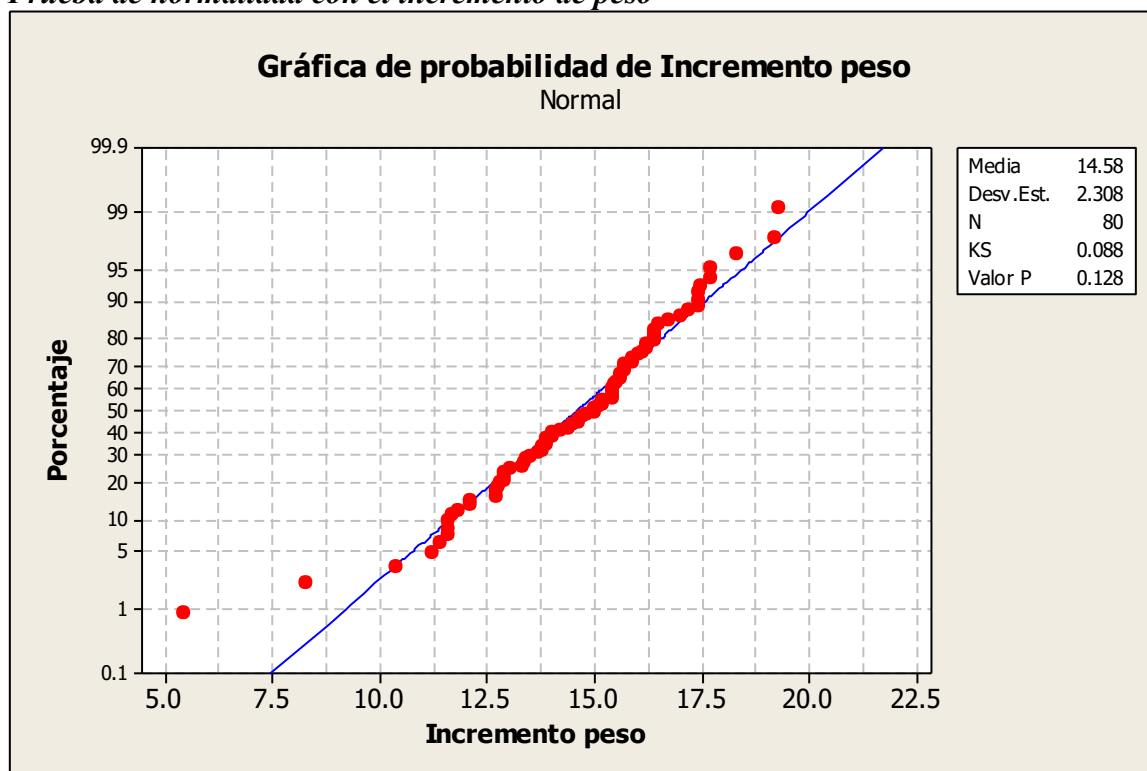
Estadística de prueba = 1.05, valor p = 0.788

Prueba de Levene (cualquier distribución continua)

Estadística de prueba = 0.30, valor p = 0.825

### Anexo 2.

#### *Prueba de normalidad con el incremento de peso*



### Anexo 3.

#### *Prueba de varianzas homogéneas con los incrementos de peso*

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándares

Tratamiento	N	Inferior	Desv.Est.	Superior
1	20	1.19590	1.68732	2.76328
2	20	1.36379	1.92419	3.15120
3	20	1.43226	2.02080	3.30941
4	20	2.10148	2.96502	4.85574

**Prueba de Bartlett (distribución normal)**

Estadística de prueba = 7.16, valor p = 0.067

**Prueba de Levene (cualquier distribución continua)**

Estadística de prueba = 1.94, valor p = 0.131

**Anexo 4.*****Análisis de la varianza con los incrementos de peso***

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Tratamiento	3	51.81	17.27	3.56	0.018
Error	76	369.07	4.86		
Total	79	420.87			

S = 2.204 R-cuad. = 12.31% R-cuad.(ajustado) = 8.85%

**Anexo 5.*****Análisis de covarianza entre peso inicial e incremento de peso***

FV	GL	$\Sigma x^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma y^2$	$\Sigma y^2 - (\Sigma xy)^2 / \Sigma x^2$	GL	CM
Tratamientos	3	31.4224	-36.8409	51.8088			
Error	76	16.99153	67.2996	369.0652	102.5063	75	1.3668
Tratam.+Error	79	48.4139	30.4587	420.874	401.7115	78	-----
Diferencia para probar entre medias ajustadas de tratam.					299.2052	3	99.7351

F = 72.97\*\*

F<sub>reg.</sub> = 195\*\*\*

***Medias ajustadas de tratamientos***

	Tratamientos			
	1	2	3	4
Media tratam. P. I.	5.885	5.240	5.960	4.400
Dif. con media general P. I.	0.5137	- 0.1313	0.5887	- 0.9713
b x Dif.	2.0347	-0.5201	2.3317	-3.8471
Media tratam. I. P.	15.306	14.909	14.905	13.220
Media I. P. ajust.	<b>13.2713</b>	<b>15.4291</b>	<b>12.5733</b>	<b>17.0671</b>

Media general de peso inicial= 5.37

Media general de incremento de peso= 14.585

Coefficiente de regresión = b = 3.9608