

**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ALTAMIRA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

HARINA DE PEZ DIABLO (*Pterygoplichthys spp*) COMO FUENTE DE PROTEÍNA EN LA ALIMENTACIÓN DEL CERDO (*Sus scrofa domestica*) EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO Y SU EFECTO EN ALGUNOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS.

TESIS

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN PECUARIA TROPICAL**

PRESENTA:

JORGE HIRAM GARCÍA GARCÍA



ALTAMIRA, TAM. MÉXICO

JUNIO 2022

Altamira, Tamaulipas, Junio 2022

La presente Tesis titulada “**HARINA DE PEZ DIABLO (*Pterygoplichthys spp*) COMO FUENTE DE PROTEÍNA EN LA ALIMENTACIÓN DEL CERDO (*Sus scrofa domestica*) EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO Y SU EFECTO EN ALGUNOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS**” fue realizada por C. Ing. **Jorge Hiram García García**, bajo la dirección del comité de Tesis indicado, y ha sido aprobada y aceptada por el mismo, como requisito parcial para que el sustentante obtenga el grado de:

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN PECUARIA TROPICAL

COMITÉ DE TESIS

D.C.P. Elvia Margarita Romero Treviño
Directora de Tesis

M.C.P.A.T. José Luis Horak Loya
Co – Director de Tesis

D.C.A. Francisco García Barrientos
Asesor

M.I.A. Alfredo Enrique Vite Ramírez
Asesor



Altamira, Tam., 21/JUNIO/2022

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN PECUARIA TROPICAL

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS

COMITÉ DE TESIS

Los abajo firmantes, miembros del comité de tesis del **C. JORGE HIRAM GARCÍA GARCÍA**, estudiante de la Maestría en Producción Pecuaria Tropical, manifiestan que después de haber revisado su tesis: **"Harina de pez diablo (*Pterygoplichthys spp*) como fuente de proteína en la alimentación del cerdo (*Sus scrofa domestica*) en la etapa de crecimiento y su efecto en algunos parámetros productivos"** desarrollada bajo la dirección de la C. D.C.P. Elvia Margarita Romero Treviño, el trabajo se autoriza para proceder a su impresión.

ATENTAMENTE

COMITÉ DE TESIS

D.C.P. Elvia Margarita Romero Treviño
DIRECTOR

Cédula Profesional: 4476408

M.C.P.A.T. José Luis Horak Loya.
CO-DIRECTOR

Cédula Profesional: 7074253

D.C.A. Francisco García Barrientos.
ASESOR

Cédula Profesional: 5918792

MIA. Alfredo Enrique Vite Ramírez
ASESOR

Cédula Profesional: 4816499

Cp. Archivo.



Carretera Tampico – Mante, km 24.5 , C.P. 89600, Altamira, Tam tels. (833) 2-64-05-45,
2-64-12-94 email:dir_altamira@tecnm.mx,contacto.italtamira@gmail.com
www.italtamira.edu.mx



2022 Flores
Año de Magón
PRECLASION DE LA REVOLUCION MEXICANA

DEDICATORIA

Dedico este logro a todos aquellos que durante mi formación académica y personal mostraron su incondicional apoyo y confianza.

A DIOS

Por darme una segunda oportunidad en la vida, por la salud de mi familia y amigos, por mis hijos, situación que me ha permitido enfocarme totalmente a cuestiones académicas y laborales en esta etapa del camino.

A MI PADRE

Profesor Jorge García Ávila (†), por su intrepidez, por su carácter, por su honestidad y calidad humana que llevó consigo durante su vida; como recuerdo de sus enseñanzas que siguen presentes hoy día, ¡Un abrazo hasta el cielo!

A MI MADRE

Maestra Martha García Rocha, por su amor, por ser el motivo de mi vivir y por nunca perder la fe en mí, un firme agradecimiento por su tiempo y espacio en cada proyecto que he decidido emprender.

A MIS HIJOS

A lo más valioso que Dios me regalo mis hijos Hiram y Lucía Mariam García Flores en honor ustedes, esperando que este logro sirva como inspiración para su vida personal y profesional.

A LA FRATERNIDAD SENDERO DE LUZ MÉXICO AC

A la fraternidad como un todo, especialmente a quienes me recibieron en el momento más complicado de mi vida, Sebastián Vázquez Serrano y Melitón Basoria Niño por anteponer el servicio a sus situaciones personales, siempre los llevo presentes en mis oraciones.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a la directora de tesis la Dra. Elvia Margarita Romero Treviño, por aceptar asesorarme, su apoyo incondicional y la confianza en mi capacidad, por sus valiosas y acertadas sugerencias, aportaciones a mi trabajo y en general en mi formación académica en esta institución. Gracias

Se agradece a la DTA Diana Isis Llanes Gil López, por el apoyo en la realización de este proyecto de investigación, un ejemplo de profesionalismo y compromiso con su labor como docente. Gracias

Agradezco infinitamente al colectivo docente del programa de posgrado del Instituto Tecnológico de Altamira; MC. José Luis Horak Loya, MPA. Carlos Eduardo Wild Santamaría, Dr. Francisco García Barrientos, MIA. Alfredo Enrique Vite Ramírez, Dr. Ricardo Velasco Carrillo, por su apoyo con sus valiosas aportaciones y recomendaciones a este proyecto de investigación, así como el tiempo dedicado y el gran ejemplo profesionalismo mostrado a lo largo de la duración del programa de estudio y trabajo de campo. Gracias

Agradezco a la oficina de recursos materiales del Instituto Tecnológico de Altamira y al jefe de la misma Lic. Héctor Manuel Lara Cruz, por su incondicional apoyo en la logística de las necesidades de este proyecto y la adecuación de las instalaciones para el mismo efecto.

Se agradece al laboratorio UNElab perteneciente a la Universidad del Noreste, por las facilidades otorgadas para presenciar la determinación de metales pesados, situación clave para la viabilidad de este proyecto.

Un agradecimiento especial para los señores José Martín Flores Castillo y Alfonso Hernández Medina, por su apoyo en el diseño y armamento del deshidratador experimental, equipo que acompañó de forma positiva el trabajo realizado.

A mis compañeros (as) de posgrado con quienes compartimos momentos únicos divertidos y en ocasiones estresantes, pero siempre en un tono de respeto y colaboración. Gracias por su apoyo

Se agradece al Instituto Tecnológico de Altamira a la institución como un todo y al personal en general por su dedicación y desempeño en la formación de profesionales con nivel académico de excelencia y sentido humano en el desarrollo de valores.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis	4
2 REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Importancia de la producción porcina en México.....	6
2.1.1 Principales razas porcinas en México	10
2.1.2 Principales estados productores de carne de cerdo	14
2.2 Problemática de la porcicultura en México	15
2.3 Nutrición y alimentación en cerdos.....	17
2.3.1 Importancia de la nutrición y alimentación	18
2.3.2. Requerimientos nutricionales.....	20
2.3.3. Consumo de alimento por etapa fisiológica	22
2.3.4. Insumos convencionales en la alimentación de los cerdos	24
2.4. Problemática en la alimentación del cerdo	27
2.5. Alimentación no convencional de la especie	27
2.6. Pez diablo (<i>Pterygoplichthys</i> spp.) en la alimentación animal	29
2.6.1. Situación socio – económica del pez diablo (<i>Pterygoplichthys</i> spp)..	30
2.6.2. Situación ecológica del pez diablo	31
2.7. Análisis de laboratorio para alimentos.....	31
2.7.1. Análisis bromatológicos en alimentos balanceados	32
2.7.2. Determinación de metales pesados en alimentos balanceados	33
3. MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1 Localización del área de estudio	36
3.2 Producción de harina de pez diablo (<i>Pterygoplichthys</i> spp)	36
3.2.1 Colecta del material biológico	36

3.2.2	Deshidratación del pez diablo	37
3.2.2.1	Niveles de proteína en muestra de pez diablo con dos métodos de deshidratación.	37
3.2.3	Pulverizado y envasado.....	38
3.3	Análisis de la harina de pez diablo (<i>Pterygoplichthys spp</i>) y la dieta experimental.	39
3.3.1.	Análisis bromatológico de la harina de pez diablo y la dieta experimental	39
3.3.2	Determinación de metales pesados en la harina de pez diablo	41
3.4	Área y equipo para el experimento de campo	42
3.5	Dietas experimentales	43
3.5.1	Aporte nutricional de la dieta experimental	43
3.6	Unidades experimentales.....	44
3.7	Tratamientos	45
3.8.	Fase experimental	46
3.8.1.	Trabajo de campo	46
3.8.2	Variables a evaluar	47
3.8.3	Diseño experimental y análisis estadístico.....	48
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1	Análisis bromatológicos.	49
4.1.1	Análisis bromatológico de la harina de pez diablo.....	49
4.1.2	Análisis bromatológico de la dieta experimental.	50
4.2	Proteína cruda en diferentes épocas del año en harina de pez diablo	50
4.2.1	Niveles de proteína cruda por estación del año.	51
4.2.2	Niveles de proteína en muestra de pez diablo con dos métodos de deshidratación.	51
4.3	Determinación de metales pesados en harina de pez diablo	52
4.4	Evaluación de parámetros productivos	54
4.4.1	Etapas de crecimiento	54
4.4.1.1	Ganancia diaria de peso en etapa de crecimiento	54
4.4.1.2	Consumo diario de alimento en etapa de crecimiento.....	55
4.4.1.3	Conversión alimenticia en etapa de crecimiento	57
4.4.1.4	Conversión económica en etapa de crecimiento.....	58

4.4.2 Efecto de las dietas comercial y experimental en la etapa de finalización	58
4.4.2.1 Ganancia diaria de peso en etapa de finalización	59
4.4.2.2 Consumo diario de alimento en etapa de finalización	60
4.4.2.3 Conversión alimenticia en etapa de finalización	61
4.4.2.4 Conversión económica en etapa de finalización	61
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
6. REFERENCIAS	64
7. ANEXOS	70
7.1 Consumo diario de alimento medido en el periodo de adaptación en la etapa de crecimiento.	70
7.2 Consumo diario de alimento medido en el primer periodo de evaluación en la etapa de crecimiento.....	70
7.3 Consumo diario de alimento medido en el segundo periodo de evaluación en la etapa de crecimiento.	71
7.4 Consumo diario de alimento medido en el tercer periodo de evaluación en la etapa de crecimiento.....	71
7.5 Consumo diario de alimento medido en el primer periodo de evaluación en la etapa de finalización.	72
7.6 Consumo diario de alimento medido en el segundo periodo de evaluación en la etapa de finalización.	72
7.7 Parámetros productivos de la dieta experimental en los tres periodos de la etapa de crecimiento.....	73
7.8 Parámetros productivos de la dieta comercial en los tres periodos de la etapa de crecimiento.....	73
7.9 Parámetros productivos de la dieta experimental en los tres periodos de la etapa de finalización.	74
7.10 Parámetros productivos de la dieta comercial en los tres periodos de la etapa de finalización.	74
7.11 Análisis estadístico de parámetros productivos en los dos periodos de la etapa de crecimiento.....	75
7.12 Análisis estadístico de parámetros productivos en los dos periodos de la etapa de finalización.	76
7.13 Análisis estadístico de dos métodos de deshidratación	77
7.14 Análisis de la varianza de proteína cruda por época del año.	77
7.15 Elaboración de harina de pez diablo	78

7.15.1 Colecta de pez diablo.	78
7.15.2 Deshidratado en equipo experimental.....	78
7.15.3 Molienda.	79
7.15.4 Pesado y envasado.	79
7.16 Determinaciones de laboratorio	80
7.16.1 Materia seca	80
7.16.2 Proteína cruda	80
7.16.3 Extracto etéreo	81
7.16.4 Fibra cruda	81
7.17 Trabajo de campo	82
7.17.1 Adecuación del área experimental	82
7.17.2 Bloqueo de unidades experimentales	82
7.17.3 Identificación de unidades experimentales.....	83
7.17.4 Toma de datos de parámetros para medir	83
7.17.5 Elaboración de alimento experimental	84
7.17.6 Pesado de unidades experimentales	84

ÍNDICE DE CUADROS

1. Características del cerdo raza Duroc Jersey.....	11
2. Características del cerdo raza Hampshire.....	11
3. Características del cerdo raza Pietrain.....	12
4. Características del cerdo raza Yorkshire.....	12
5. Características del cerdo raza Landrace.....	13
6. Características del cerdo raza Chester White	13
7. Producción nacional de carne de cerdo en México.	15
8. Requerimientos nutricionales de cerdos en crecimiento alimentados ad libitum	21
9. Consumo promedio de los cerdos en sus diferentes etapas fisiológicas	22
10. Parámetros productivos en cerdos, peso, consumo y conversión alimenticia.	23
11. Aporte nutritivo de recursos alimenticios para porcinos.....	26
12. Niveles máximos recomendables de metales pesados en insumos para animales	34
13. Aporte nutricional de las dietas evaluadas en el experimento	44
14. Calidad nutritiva de la harina de pez diablo	49
15. Información nutricional de la dieta comercial y la dieta experimental	50
16. Niveles de proteína de harina de pez diablo evaluada por estación del año...	51
17. Niveles de proteína cruda en harina de pez diablo con dos métodos de deshidratación.....	52
18. Metales pesados en tres épocas del año, de harina de pez diablo.....	53
19. Niveles de metales pesados en época de otoño (mg/kg) del año 2021	54
20. Ganancia diaria de peso GDP en la etapa de crecimiento	55
21. Consumo diario de alimento CDA en la etapa de crecimiento	56
22. Ganancia diaria de peso GDP evaluada en la etapa de finalización.....	59
23. Consumo diario de alimento CDA en la etapa de finalización.	60

ÍNDICE DE GRÁFICAS

1. Producción mundial de carne de cerdo (COMECARNE, 2021).....	7
2. Consumo mundial de carne de cerdo (COMECARNE, 2021).....	7
3. Consumo per cápita en el año 2020 de carne de cerdo.....	8
4. Consumo de alimento por etapa fisiológica	24
5. Conversión alimenticia evaluada durante la etapa de crecimiento.....	57
6. Conversión económica evaluada durante la etapa de crecimiento.....	58
7. Conversión alimenticia evaluada en la etapa de finalización.....	61
8. Conversión económica evaluada en la etapa de finalización.....	62

RESUMEN

La producción porcina en México presenta un déficit en relación con la demanda de la población, los altos costos de las materias primas, la competencia de los ingredientes para la formulación de raciones con la alimentación humana y actividades culturales respecto a la explotación de esta especie serían algunas de las agravantes para esta situación. Por otro lado, la producción del cerdo en el país transita en desventaja con la introducción sin restricción alguna de carne importada congelada del extranjero complica la posición de los productores porcícolas en México. A la par de esta situación en algunas regiones del país, incluida el sur de Tamaulipas se presenta un problema relacionado con la proliferación del pez diablo (*Pterygoplichthys spp*) en los cuerpos de agua, especie considerada como plaga por su nulo aprovechamiento comercial, esta situación afecta el crecimiento de especies nativas que tienen valor comercial, afectando así a pescadores y comerciantes de productos marinos. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el diseño de una dieta para cerdos incluyendo entre los ingredientes una inclusión del 6% de harina de pez diablo y evaluar el efecto en algunos parámetros productivos de interés zootécnico. Se utilizaron 10 cerdos de 63 días de nacidos y un peso vivo promedio de 25 Kg \pm 5 de las razas York Shire, Pietrain y Duroc, los ejemplares se alojaron en jaulas individuales con comederos y bebederos automáticos para ofrecer alimento y agua a libre acceso. El trabajo se planteó mediante un diseño al azar bloqueando por peso y sexo, distribuidos en dos tratamientos de cinco repeticiones con tres machos y dos hembras para ofrecer una dieta comercial y comparar con la dieta experimental con inclusión de harina de pez diablo. El periodo de evaluación se llevó a cabo en la etapa de crecimiento durante 45 días a los cuales se agregó un espacio de nueve días para su adaptación, en la etapa de finalización se continuó el registro de datos, ofreciendo una dieta comercial a los dos tratamientos con el propósito de observar el efecto de las dietas en la etapa posterior. Se determinó mediante pruebas de laboratorio la calidad nutritiva del pez diablo, entregando resultados satisfactorios sobre todo en el porcentaje de proteína cruda al ser el nutriente de mayor costo en las dietas, posteriormente se

analizó una posible contaminación por metales cuyos resultados se presentaron negativos, otorgando así la oportunidad de ofrecer en la dieta un producto inocuo y de alto impacto nutricional. Las variables analizadas ganancia de peso, consumo diario de alimento, conversión alimenticia y conversión económica fueron evaluadas mediante una prueba de t de student, no encontrando significancia ($P < 0.05$) en los parámetros de producción GDP, CDA y CA, sin embargo, se obtuvieron mejores resultados en cuanto a la conversión económica para la etapa de crecimiento, demostrando que la dieta experimental sugerida es capaz de competir eficazmente con alimento balanceado comercial a un menor precio, situación que puede repercutir en mejores utilidades para el productor y colaborando en suprimir los efectos negativos producidos por el pez diablo en los cuerpo acuáticos de la región.

ABSTRACT

Pork production in Mexico presents a deficit in relation to the demand of the population, the high costs of raw materials, the competition of the ingredients for the formulation of rations with human food and cultural activities regarding the exploitation of this species would be some of the aggravating factors for this situation. On the other hand, pork production in the country is at a disadvantage with the unrestricted introduction of imported frozen meat from abroad, complicating the position of pork producers in Mexico. Along with this situation in some regions of the country, including southern Tamaulipas, there is a problem related to the proliferation of devil fish (*Pterygoplichthys spp*) in water bodies, a species considered a pest due to its lack of commercial use, this situation it affects the growth of native species that have commercial value, thus affecting fishermen and merchants of marine products. The objective of this research work was to design a diet for pigs including among the ingredients an inclusion percentage of 6% of devil fish meal and to evaluate the effect on some productive parameters of zootechnical interest. 10 pigs of 63 days old and an average live weight of 25 Kg \pm 5 of the York Shire, Pietrain and Duroc breeds were used, the specimens were housed in individual cages with automatic feeders and drinkers to offer food and water with free access. The work was carried out by means of a randomized design blocking by weight and sex, distributed in two treatments of five repetitions with three males and two females to offer a commercial diet and compare with the experimental diet that included devil fish meal. The evaluation period was carried out in the growth stage for 45 days, to which a space of nine days was added for its adaptation, in the final stage the data recording was continued, offering a commercial diet to the two treatments. with the purpose of observing the effect of the diets in the later stage. The nutritional quality of the devil fish was determined by means of laboratory tests, giving satisfactory results, especially in the percentage of crude protein, as it is the nutrient with the highest cost in the diets, later a possible contamination by metals was analyzed, the results of which were negative, granting thus the opportunity to offer a safe product with a high nutritional impact in the diet. The analyzed variables weight gain, daily feed

intake, feed conversion and economic conversion were evaluated using a student's t test, not finding significance ($P < 0.05$) in the production parameters GDP, CDA and CA, however, better results were obtained in Regarding the economic conversion for the growth stage, demonstrating that the suggested experimental diet is able to compete effectively with commercial balanced feed at a lower price, a situation that can result in better profits for the producer and collaborating in suppressing the negative effects produced by the devil fish in the aquatic bodies of the region.

1 INTRODUCCIÓN

La producción porcícola en México en los años recientes se ha encontrado en una etapa de estancamiento, siendo que a principios del nuevo siglo era una de las actividades productivas y económicas más prometedoras, está situación parte de años atrás con una tendencia de ser un país que trabaja con déficit en el consumo de proteína de origen animal siendo principalmente esta observación en la carne de cerdo, de acuerdo al Consejo Mexicano de la Carne (COMEMARNE,2021) en su compendio anual México ocupa el sexto lugar en consumo de carne de cerdo, mientras que en este mismo departamento es el séptimo lugar en producción mundial. Sin embargo, actualmente este despunte no se logró debido a una serie de situaciones que han desfavorecido el crecimiento de dicha actividad. Una de las causas sin duda es la frecuencia de carne de importación que, si bien es de una calidad menor por ser un producto congelado, el precio lo hace atractivo al mercado nacional y la competencia es prácticamente nula para los productores locales; por otro lado, también se vuelve desfavorable los altos costos de los insumos para la elaboración de una dieta de calidad para los cerdos. La adquisición de alimentos comerciales balanceados no reflejaría una utilidad adecuada para el mantenimiento de las granjas porcinas en la región.

Una de las principales problemáticas en la producción de alimentos balanceados para las explotaciones porcinas, es el costo de la fuente de proteína. En el estado de Tamaulipas, la principal fuente de proteína es la pasta de soya, pero la sequía y la insuficiente producción en el país hace que se utilice soya importada, incrementando esto el valor final de la ración, debido a estos antecedentes se hace necesario la búsqueda de alternativas que favorezcan la obtención de otras fuentes de proteína.

El pez diablo (*Pterygoplichthys spp*) es considerado como una amenaza para la biodiversidad de los sistemas acuáticos, pues se alimenta de huevos de especies

nativas y de importancia comercial. Llegó a México hace 15 años y ahora se ha convertido en una plaga en lagos y ríos del sureste del País. En la Región sur de Tamaulipas tiene entre 5 y 8 años que se ha convertido en una gran amenaza para las otras especies marinas, así como para los pescadores que obtienen toneladas de esta especie, la cual no tiene posibilidades de comercialización para consumo humano, afectando la economía de los pescadores y sus familias.

Debido a estos antecedentes el objetivo de este trabajo es evaluar la calidad nutritiva del pez diablo (*Pterygoplichthys spp*) a través de un análisis bromatológico y de determinación de metales pesados, para ser utilizado como alternativa alimenticia en el uso de proteína en piensos balanceados para cerdos en la etapa de crecimiento.

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la harina de pez diablo (*Pterygoplichthys spp*) como fuente de proteína en la alimentación del cerdo (*Sus scrofa domestica*) en la etapa de crecimiento.

1.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar el valor nutritivo de la harina de pez diablo (*Pterygoplichthys spp*) materia seca (MS), cenizas (C), proteína cruda (PC), Extracto etéreo (EE) y fibra cruda (FC).
2. Determinar contenido de metales pesados en harina de pez diablo (*Pterygoplichthys spp*).
3. Formular una dieta para cerdos en etapa de crecimiento al 16% de proteína cruda con inclusión de harina de pez diablo.
4. Determinar el contenido nutritivo de la dieta experimental con la inclusión de harina de pez diablo (*Pterygoplichthys spp*); materia seca (MS), cenizas (C), proteína cruda (PC), Extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), Extracto libre de nitrógeno (ELN).
5. Evaluar la ganancia diaria de peso (GDP), consumo de alimento (CDA) y conversión alimenticia (CA) en cerdos en etapa de crecimiento.

1.3 Hipótesis

La inclusión de harina de pez diablo, utilizada como fuente de proteína en la alimentación del cerdo (*Sus scrofa domestica*), puede tener un efecto en algunos parámetros productivos en la etapa de crecimiento.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

En México entre los años de 2016 y 2018 se estimó que alrededor del 28% de la población en el país tuvo un acceso deficiente en alimentos adecuados y nutritivos para su adecuada calidad de vida, esta situación obedece a los principios de pobreza extrema que condiciona a nuestra población o la poca disponibilidad que se tiene para adquirirlos, esta posición alarmante responde a un tema de seguridad alimentaria. De acuerdo con la organización de las naciones unidas para la alimentación (FAO) la seguridad alimentaria se consigue cuando la población en general tiene acceso y disponibilidad tanto física como económica para la adquisición de alimentos inocuos que satisfagan sus necesidades nutritivas y les permita llevar a cabo sus actividades cotidianas (Rubio, 2019).

El tema de la seguridad alimentaria salió a relucir en las grandes controversias mundiales a partir de las crisis financieras, energéticas y productivas del 2008, el impacto de esta crisis fue paulatino, lo que omitió una respuesta integral, coordinada y expedita, acontecimiento que desencadenó un evento negativo en la volatilidad de los precios y aumento generalizado en el entorno mundial de la producción de granos básicos para la alimentación, focalizando el contenido de la seguridad alimentaria en las agendas políticas de las naciones. La pobreza alimentaria en México observó un aumento sin precedentes en paralelo con los niveles de decadencia del producto interno bruto (PIB) pues datos del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval) establece un incremento del 13.8% en 2006 a 18.2% en 2010 en términos de pobreza alimentaria. Esta situación obligó a los principales actores políticos del país llevar a términos jurídicos el tema de seguridad alimentaria, reconociendo constitucionalmente como derecho fundamental la alimentación de los mexicanos y las mexicanas; así como la puesta en marcha de programas sociales a favor de la alimentación como la Cruzada Nacional contra el Hambre programa de desarrollo establecido entre 2013 – 2018 (Urquía-Fernández, 2014).

La población mexicana supera en más del 40% de sus habitantes el vivir en condiciones de pobreza, datos del 2016 estiman alrededor de 53.4 millones de personas padecen esta condición, de este total 9.4 millones de mexicanos, es decir, 7.6% de la población del país vive en condiciones de extrema pobreza (Agricultura, 2019).

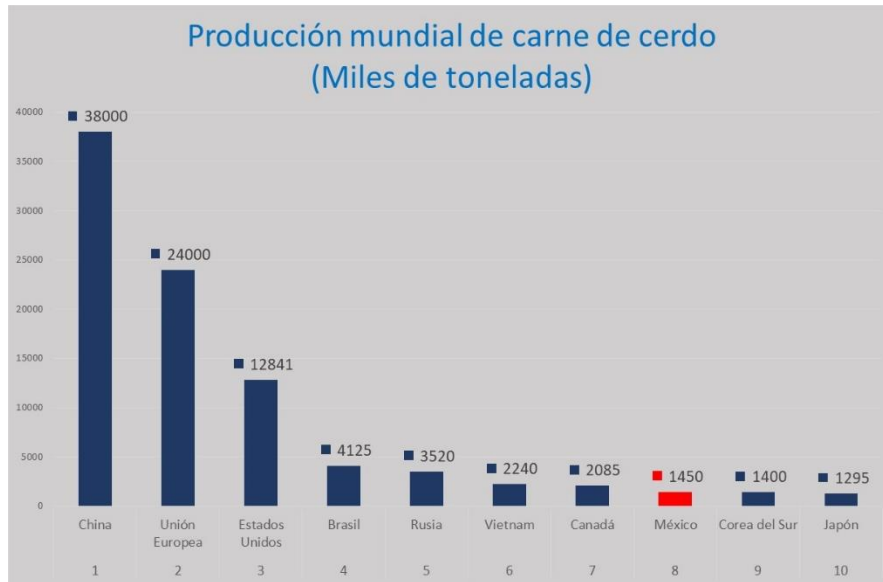
Estas situaciones sugieren el desempeño de actividades que incentiven la producción de alimentos brindando accesibilidad a productos alimenticios de calidad entre ellos los de proteína de origen animal y que a su vez estos cumplan con especificaciones nutritivas e inocuas a la población en general, cumpliendo con el primer postulado de la seguridad alimentaria.

2.1 Importancia de la producción porcina en México

El sector primario contribuye con el 3.1% a la economía total de México, si se considera el sector agropecuario y las actividades primarias de insumos y servicios, así como la transformación agroindustrial este aporte llega alrededor del 7.5%.

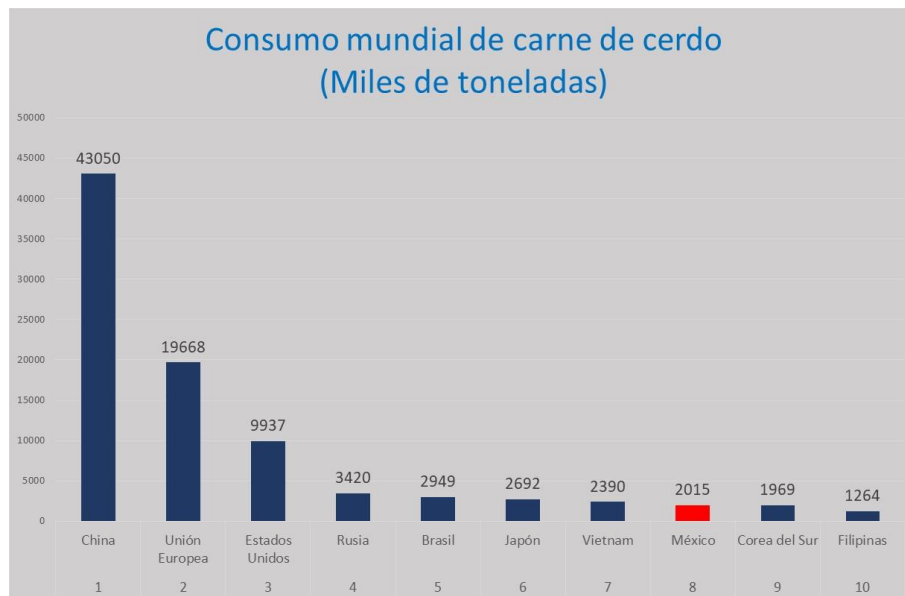
En este sector los productos con mayor demanda a la exportación son leguminosas, aguacate, jitomates, frutas, hortalizas y productos cárnicos de origen animal. Es importante precisar que los productos más importados son el soya, trigo, maíz y lácteos (Agricultura, 2019).

China, la Unión Europea y Estados Unidos concentran el 75% de la producción de carne de cerdo. Por otra parte, México se considera un productor mediano y deficitario, dado que su producción representa 1.1% de la producción mundial y es considerado el segundo importador más importante al representar el 9% de las compras de este producto en el panorama internacional (OCDE, 2019) (Gráfica1).



Gráfica 1. Producción mundial de carne de cerdo (COMECARNE, 2021).

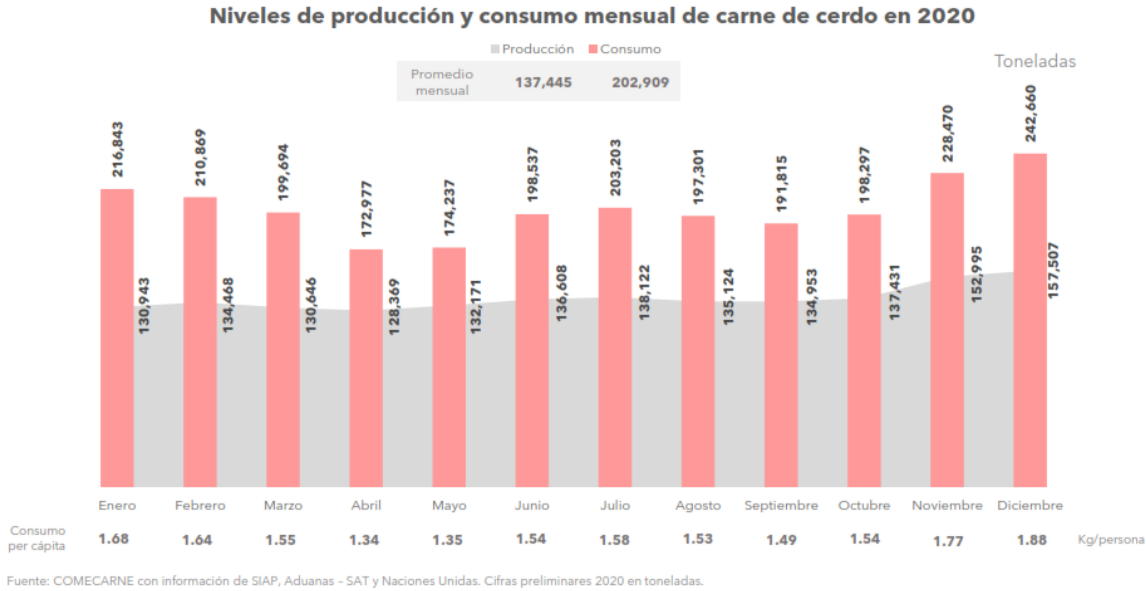
De acuerdo con datos del Consejo Mexicano de la Carne (COMECARNE, 2021) en su compendio estadístico, México se ubica como un país que consume más de lo que produce específicamente en lo que refiere a la carne de cerdo y con una proyección para nada alentadora, en ese sentido y bajo este argumento se vuelve vulnerable y dependiente con respecto a producción de otros países para satisfacer la demanda de la población (Gráfica 2).



Gráfica 2. Consumo mundial de carne de cerdo (COMECARNE, 2021).

En México prácticamente el 50% del total de la producción agrícola y pecuaria destinados a la alimentación se concentra en los estados de: Jalisco, Veracruz, Sinaloa, Michoacán, Sonora, Chiapas y Puebla (Urquía-Fernández, 2014). La producción porcina en México ocupa un lugar relevante a nivel nacional, es considerada una de las actividades de mayor importancia económica en el sector agropecuario y representa uno de los más elevados niveles de captación de la producción de granos en la república (Alarcón, 2005).

La porcicultura es una actividad primordial en el ámbito del sector pecuario mexicano, existen índices que sugieren que el 25% de la compra de alimentos en los hogares está destinado a la carne de cerdo, la misma fuente precisa que en 2017, la carne de cerdo se galardonó con el segundo puesto de las preferencias de la población, con un consumo per cápita de 18.87 Kg (Gráfica 3), lo anterior con el conocimiento de causa de ser una excelente fuente de proteína de origen animal y proveedora de vitaminas y minerales, aunado a ello la carne de cerdo forma parte de numerosos platillos típicos y tradicionales de la comida mexicana (Comecarne, 2020).



Gráfica 3. Consumo per cápita en el año 2020 de carne de cerdo.

La producción de carne de cerdo para consumo humano se denomina porcicultura, rama de la zootecnia dedicada a la producción, reproducción, cría, así como las actividades complementarias como sanidad, manejo, genética y nutrición.

De este modo la actividad porcícola en México juega un papel preponderante en la economía social, tomando en cuenta que las actividades que emanan de esta industria propician el desarrollo de las zonas donde lleva a cabo, generación de empleos, compra de granos, etc. Existen tres sistemas de producción establecidos en México tecnificado, semi tecnificado y de traspatio (Rural, 2020).

La generación de empleos es uno de los puntos más importantes en cuanto a la economía social, tal y como lo menciona OPORPA en 2019, pues su estadística estima que en ese año se llevó a cabo una producción de 1.5 millones de toneladas de carne, lo que valió para la generación de 245 mil empleos directos y alrededor de 1.2 millones de empleos indirectos a consecuencia de esta actividad, estimando entonces dos millones de familias mexicanas dependen de actividad pecuaria (Machorro, 2019).

La carne de cerdo junto con la de ovino y bovino son las principales fuentes de carne roja en nuestro país, por lo que es importante el reconocimiento de la extensa cadena de valor que representa la actividad porcícola granja, acopiador, rastro, mayoreo, medio mayoreo, industria y consumidor final.

El alcance en 2018 de las exportaciones de carne de cerdo mexicana alcanza 8 naciones, destacando Japón y Corea del Sur como los destinos más recurridos. En enero de 2018 estadísticas del SIAP sugirieron el precio de la carne al sacrificio en 27 mil pesos por tonelada, dando tendencia a un incremento anual y producción y precio (Puebla, 2018).

2.1.1 Principales razas porcinas en México

La porcicultura en México, debido a las condiciones climáticas no es posible llevarse a cabo con razas genuinas, si no con las llamadas razas híbridas, que surgen como resultado de cruce de animales que han sido bien adaptados a las condiciones ambientales de nuestro país.

Los porcinos tienen un ciclo de producción y reproducción más corto que el ganado bovino, situación que lo hace más redituable económica en retorno de inversión, sin embargo, este mismo entorno lo vuelve vulnerable a cambios coyunturales del entorno macroeconómico y del sector agropecuario.

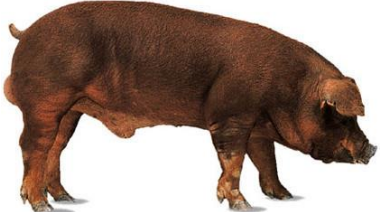
Las principales razas utilizadas en nuestro país destacan Duroc Jersey (Cuadro 1), Hampshire (Cuadro 2), Pietrain (Cuadro 3), Yorkshire (Cuadro 4), Landrace (Cuadro 5), Chester White (Cuadro 6).

Las cruces York Shire – Landrace, Chester White, York Shire – Pietrain, Duroc, Landrace y York Shire en su mayoría representa la primordial fuente de cría en la producción nacional (CEDRSSA, 2018).

En general las razas de los porcinos pueden dividirse en dos grandes grupos líneas maternas y líneas cárnicas. La primera mantiene condiciones especiales para cría de esta especie prolificidad, producción de leche, habilidad materna y un temperamento dócil son las cualidades que llaman la atención de estas razas.


Las razas cárnicas o de sugerencia paterna por su parte tienen en su haber características relacionadas con parámetros productivos como conversión alimenticia, abundancia de músculos y velocidad de crecimiento (Campagna, 2015).

Cuadro 1. Características del cerdo raza Duroc Jersey.

	Duroc – Jersey Origen: Estados unidos de América	
	Fenotipo	Características productivas
	<ul style="list-style-type: none"> • Pelo colorado • Cabeza pequeña y cuello corto • Dorso arqueado 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza como padre • Buen aumento diario de peso • Adaptación al clima tropical • Buena conversión alimenticia • Alta calidad de carne magra

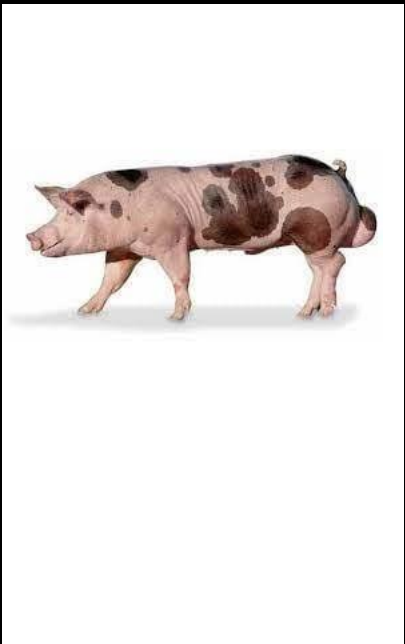
Fuente: AMVEC, 2015

Cuadro 2. Características del cerdo raza Hampshire.

	Hampshire Origen: Estados unidos de América	
	Fenotipo	Características productivas
	<ul style="list-style-type: none"> • Pelo negro con franja blanca • Mucosas negras • Aplomos pronunciados 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza como padre • Buena área de lomo • Menor porcentaje de grasa dorsal • Buena conversión alimenticia • Alta calidad de carne magra


Fuente: AMVEC, 2015

Cuadro 3. Características del cerdo raza Pietrain.

	<p style="text-align: center;">Pietrain</p> <p style="text-align: center;">Origen: Europa (Bélgica / Alemania)</p>	
	Fenotipo	Características productivas
	<ul style="list-style-type: none"> • Pelo blanco con manchas negras • Concavilíneo 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza como padre o raza pura • Buena eficiencia en conversión alimenticia • Musculatura pronunciada de cuarto posterior • Poco prolífica


Fuente: AMVEC, 2015

Cuadro 4. Características del cerdo raza Yorkshire.

	<p style="text-align: center;">York Shire</p> <p style="text-align: center;">Origen: Inglés</p>	
	Fenotipo	Características productivas
	<ul style="list-style-type: none"> • Pelo blanco • Mucosa rosada • Dorso largo y recto • Jamones llenos 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza como raza pura y cruzamientos en líneas maternas • Adaptación al confinamiento • Alta prolificidad • Elevado número de pezones


Fuente: AMVEC, 2015

Cuadro 5. Características del cerdo raza Landrace.

	Landrace Origen: Europeo (Danés / Inglés)	
	Fenotipo	Características productivas
	<ul style="list-style-type: none"> • Pelo blanco • Mucosa rosada • Cabeza alargada • Dorso largo y recto 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza como raza pura y cruzamientos en líneas maternas • Alta prolificidad • Buen aumento de peso • Mayor longitud

Fuente: AMVEC, 2015

Cuadro 6. Características del cerdo raza Chester White

	Chester White Origen: Estados unidos de América	
	Fenotipo	Características productivas
	<ul style="list-style-type: none"> • Pelo blanco • Orejas ibéricas • Constitución fuerte y vigorosa • Jamones pronunciados 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza como raza pura y cruzamientos en líneas maternas • Alto porcentaje de concepción • Buen peso de lechones al destete de la camada

Fuente: AMVEC, 2015

Actualmente la producción porcícola centra su interés en el desarrollo de material genético que sea capaz de tener como resultado una mejor y mayor producción de carne magra.

Debido a esta situación hoy en día este subsector agropecuario asigna un mayor peso a la calidad genética; con la finalidad de trabajar con las razas híbridas que cumplan con los requerimientos del mercado nacional e internacional, siendo los sistemas básicos para obtención de carne el Tecnificado, el Semi - tecnificado y el Traspatio (CEDRSSA, 2018).

2.1.2 Principales estados productores de carne de cerdo

Los estados de Jalisco, Sonora, Guanajuato y Yucatán son los principales productores porcícolas en México, se estima que la población mexicana consume 22 millones de cerdos anualmente de los cuales alrededor de 8 millones son importados del mercado de Estados Unidos de América (Diéz, 2007).

El 48% de la producción total de la carne principal producto de la actividad porcícola mexicana está ubicado en los estados de Jalisco, Sonora y Puebla, generando poco más de 1.3 millones de toneladas de carne anuales (Puebla, 2018).

La porcicultura es una actividad que se desarrolla y se practica en todos los estados del país, aunque hasta un 80% de la producción está contenida en 8 estados república mexicana.

Existen reportes que subrayan que en 2011 la actividad porcícola correspondió el 6.2% del total de la producción pecuaria nacional y llevó un aumento de 6.6% en 2014, esta situación demuestra la importancia de esta actividad en términos económicos y sociales para nuestro país (González, 2016).

En el estado de Tamaulipas a pesar contar con un clima adecuado para la instalación de la industria porcícola mediante razas híbridas, sólo se produjo 805 toneladas de carne de cerdo en 2021 (Cuadro 7) lo que representa apenas el 0.53% de la producción total del país, esta situación lleva a buscar alternativas que fomente la producción porcina en el estado dando paso a la generación de empleos, desarrollo de la investigación científica en este ramo y cumplir con autosuficiencia alimentaria en este caso mediante proteína de origen animal de calidad.

Cuadro 7. Producción nacional de carne de cerdo en México.

Estados		Producción en toneladas de carne de cerdo 2021
1	JALISCO	35,836
2	SONORA	28,718
3	PUEBLA	15,762
4	VERACRUZ	13,622
5	YUCATAN	13,138
6	GUANAJUATO	11,272
7	MICHOACAN	4,177
8	OAXACA	3,233
9	CHIAPAS	2,586
10	SAN LUIS POTOSI	2,207
21	TAMAULIPAS	805
TOTAL NACIONAL		151,446

Fuente: SIAP, 2021

2.2 Problemática de la porcicultura en México

La integración productiva y la alianza estratégica son pilares que fortalecen la producción porcícola mexicana y busca satisfacer la demanda del mercado local e internacional, esta tarea requiere un posicionamiento de cooperación entre los productores interesados, con el propósito de encaminarse a la especialización productiva mediante la modernización de las instalaciones, equipos y técnicas innovadoras de manejo, reproducción y nutrición de la especie, que traería como consecuencia una mejor atención a los riesgos sanitarios que se pudieran presentar en esta actividad pecuaria, mayor productividad y rentabilidad en la porcicultura.

Actualmente con proyectos de esta naturaleza se busca la reducción significativa de los problemas sanitarios, 50% de incremento en el número de lechones por año y lograr un 25% más de peso al momento del destete logrando de esta forma una reducción en el periodo de engorda traduciendo en menores costos de alimentación y una mejor calidad de la carne al consumidor. Aunado a estos problemas se busca trabajar en el valor agregado de la carne de cerdo mexicana, reducción de riesgos sanitarios entre los que se encuentra el uso de materias primas inocuas y aditivos que no representen un riesgo de salud a las personas o alteren el medio físico como lo pudiera ser el uso de antibióticos como promotores de crecimiento en la especie (González, 2016).

Para satisfacer el abasto de carne porcino en el país se propicia una cadena de valor en la que salen a relucir varios actores en la comercialización de la canal desde la granja, acopiador, mayoreo, medio mayoreo, industrialización de productos hasta llegar al consumidor final, esta cadena tiene repercusiones importantes en la económica mexicana con los empleos directos e indirectos que genera, sin embargo, gran parte de la carne que llega a las mesas de los consumidores de nuestro país es importada, de acuerdo al Consejo Mexicano de la Carne (COMECARNE, 2021) en su compendio estadístico 2021 se importaron alrededor de 910 mil toneladas de carne de cerdo, es importante remarcar que estos productos son considerados de baja calidad en cuestión de sabor y rendimiento pero el precio en ocasiones muy por debajo de lo que ofrece el productor de la región hace un alternativa casi imposible de rechazar para el consumidor tomando en cuenta el contexto actual de la economía en México (Cortés, 2012).

Los principales problemas de salud humana suelen tener su origen en enfermedades zoonóticas cuyo origen está marcado en productos de origen animal la carne de cerdo uno de los principales, es por ello la importancia que los productos ofrecidos a las familias mexicanas se encuentren libres de residuos de pesticidas, medicamentos, priones, micotoxinas y metales pesados (especialmente focalizando la detención de plomo, cadmio, arsénico y mercurio) la mayoría de estos problemas

obedecen a las fuentes de alimentación administradas a los suinos y su manejo (SAGARPA, 2004).

2.3. Nutrición y alimentación en cerdos

Dentro de las explotaciones porcinas el objetivo primordial es el obtener animales de rápido crecimiento y disminuir en forma considerable el tiempo tradicional establecido para tener ejemplares de peso promedio que oscile de 95 a 105 kg de peso vivo, situación que lo vuelve adecuado para su comercialización. Para ello, es indispensable brindar a los cerdos condiciones adecuadas de bienestar animal, no sólo con programas sanitarios y de manejo si no también con una correcta alimentación y nutrición que enmarque las actividades indispensables que ocurren a su alrededor, selección de materias primas, almacenamiento, análisis de nutrientes entre otros.

La producción del ganado porcino dependerá alimento apropiado, correctamente balanceado que satisfaga sus necesidades nutricionales de acuerdo con su etapa fisiológica o propósito de la granja de acuerdo con parámetros establecidos de energía, proteína, agua, vitaminas y minerales, esta situación traerá una buena respuesta en condiciones de producción como ganancia de peso, menor consumo de alimento y mayor eficiencia en la conversión alimenticia (SAGARPA, 2004).

En cuestión de buenas prácticas de alimentación y nutrición es preciso recomendar el utilizar materias primas de buena calidad y sólo productos que cuenten con autorización de Sagarpa, es imprescindible seguir a detalle las instrucciones de los fabricantes con el propósito de mantener la garantía del producto terminado en calidad de inocuo, tomar siempre en cuenta el manejo de medicamentos, productos químicos, aditivos y respetar los tiempos de retiro determinados a fin de evitar el riesgo de contaminación en la carne.

Así mismo se deberá atender las medidas de almacenamiento en lugares seguros, limpios, frescos, secos, evitando el contacto directo y prolongado con la luz y rayos de sol, con personal responsable y capacitado encargado de esta área son algunas de las encomiendas que pueden evitar la contaminación entre otros del alimento balanceado e insumos por fauna nociva. Es importante en todo momento vigilar que las dietas formuladas cumplan con los requisitos nutricionales para cada etapa fisiológica (SAGARPA, 2004).

2.3.1 Importancia de la nutrición y alimentación

Para brindar la cantidad y calidad adecuada de nutrientes en la granja los cerdos se pueden dividir en dos grandes grupos para esta actividad, animales que saldrán a venta de mercado y los que pertenecen al pío de cría de la piara. El objetivo del grupo de venta al mercado consumidor es alcanzar un peso vivo que oscile entre los 90 y 100 kg de peso vivo al momento del sacrificio, una de las observaciones más importantes para este trabajo es lograr el peso mencionado en el menor tiempo posible que no debe ser rebasado por los 170 días de vida del animal. Cualquier reducción como producto de buenas prácticas de manejo y de alimentación representa una ventaja económica que se traduce en mayor utilidad para esta actividad.

Existen parámetros promedio establecidos para obtener buenos resultados productivos en la piara, por ejemplo, el cerdo debe tener una ganancia de peso mayor a 600 gramos desde el nacimiento hasta el sacrificio. El uso de razas híbridas productos del cruce de líneas maternas y cárnicas puede disminuir el tiempo de la llegada al mercado entre 10 a 20 días situación favorable para las finanzas de la granja. Es importante mencionar que existen cuatro categorías dentro de los animales destinados al pío de cría del hato reproductor hembras de reemplazo, cerdas gestantes, lactantes y verraco, cuyas necesidades alimenticias son similares a los de producción al mercado, aunque se utilizan algunos aditivos que como

coadyuvantes para cumplir con su propósito en la fase reproductiva (Campabadal, 2009).

La inclusión de nuevas líneas como productos de las cruzas entre líneas maternas y cárnicas siguen en desarrollo un claro ejemplo son las cruzas trilinea entre Hampshire, Duroc y Pietrain o Yorkshire, Duroc y Pietrain cuyo propósito es mejorar parámetros productivos, sin embargo, la cuestión genética debe ser complementada con una nutrición que contenga un equilibrio adecuado de aminoácidos. Algunos aminoácidos se sintetizan mediante esqueletos de carbono y grupos amino, estos aminoácidos se conocen como "No esenciales". Los aminoácidos que no pueden ser sintetizados, pero que son necesarios para permitir el crecimiento óptimo se denominan "esenciales" en este sentido los aminoácidos esenciales deben ser suministrados en la dieta de los cerdos manteniendo un equilibrio correcto para evitar deficiencia o en su defecto exceder los niveles necesarios y disminuir la eficiencia de la ración. El concepto de un perfil óptimo de aminoácidos esenciales se denomina "proteína ideal", al ser la lisina el aminoácido esencial como primera limitante, el requisito de cada aminoácido es expresado en relación con la lisina (Paulino, 2016).

Existen principalmente dos formas de ofrecer el alimentos balanceados a los suinos, paletizado y en harina, cada forma tiene sus ventajas y desventajas en el caso de los alimentos peletizados existen estudios que sugieren mejores niveles de digestibilidad aunque en algunos su exposición al calor suele perder algunas propiedades en cuestión de aroma y sabor cualidades que hacen atractivo el pienso para los animales, en la presentación en harina se reconoce un mayor desperdicio, si la molienda no es adecuada se tendrá un impacto negativo en el metabolismo y absorción de nutrientes, sin embargo, a favor encontramos que una molienda intermedia ha demostrado ser más efectiva al momento de reducir la proliferación de salmonela principal amenaza en el almacenamiento del alimento situación que se maximiza cuando entre las materias primas se utiliza harinas de pescado y residuos de la pesca (Hees, 2012).

Es importante revisar que los niveles de proteína siempre sean los adecuados ya que de lo contrario no se tendrían los rendimientos esperados por el productor o en su defecto si estos valores se sobrestiman se llegaría a propiciar eventos de ciertas enterocolitis afectan el inicio de la pira dedicada al mercado y que pudieran estar asociados a agentes bacterianos o parásitos gastrointestinales procedentes de la fase de transición del destete a la etapa de engorde. Dada la relación entre el aparato digestivo y la nutrición del cerdo en sus diferentes etapas productivas y ante la cada vez más estricta prohibición de antimicrobianos como aditivos alimenticios en los piensos, se ha despertado el interés en comprobación de aditivos naturales que funjan como promotores de crecimiento sin violentar la inocuidad de los productos industrializados del cerdo (Río, 2005).

2.3.2. Requerimientos nutricionales

La nutrición comprende un conjunto de fenómenos en los nutrientes tras la ingestión de los piensos, es decir, la digestión, absorción y asimilación en las células del organismo, en tanto se define la nutrición como la ciencia que examina la relación entre la dieta ofrecida a una especie de interés zootécnico y la salud de esta (Campagna, 2016).

En la producción porcina la fase de engorde con fines de canal al mercado para su industrialización comienza a los 20 kg de peso vivo y termina entre 90 a 100 kg peso para el sacrificio aquí la nutrición juega el papel más importante en términos cuantitativos y cualitativos de la dieta ofrecida (Yagüe, 2015).

Es importante trabajar con los diferentes líderes de opinión de nutricionales que han establecido y sugerido parámetro nutritivos a través de comisiones de especialistas y grupos de trabajo con experiencia en la materia, quienes a partir de investigación científica han elaborado recomendaciones para la adecuada calidad de los piensos de las especies de interés zootécnico como la Fundación Española para el

Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), Agricultural Research Council (ARC) y la National Research Council (NRC) (Cuadro 8) en el apartado Nutrient Requirements of Swine (Campagna, 2016).

Cuadro 8. Requerimientos nutricionales de los cerdos en crecimiento alimentados ad libitum

	Peso Vivo Kg			
	10 a 20	20 a 50	50 a 75	75 a 110
Peso estimado	15	35	65	100
E.D. de la dieta (Kcal/Kg)	3400	3400	3400	3400
Proteína Bruta (%)	20.9	18	15.5	13.2
Aminoácido				
Lisina total (%)	1.15	0.95	0.75	0.6
Metionina total (%)	0.3	0.25	0.2	0.16
Metionina + Cistina (%)	0.65	0.54	0.44	0.35
Triptofano total (%)	0.21	0.17	0.14	0.11
Treonina total (%)	0.74	0.61	0.51	0.41
Minerales y vitaminas				
Calcio (%)	0.7	0.6	0.5	0.45
Fosfóro (%)	0.6	0.5	0.45	0.4
Zinc (mg/Kg en alimento)	80	60	50	50
Vit A (UI/kg)	1750	1300	1300	1300
Riboflavina (mg/Kg)	3	2.5	2	2
Ingesta estimada de alimento (g/día)	1000	1855	2575	3075

Fuente: NRC, 1998

El agua no se considera un nutriente, sin embargo, tiene como función ser el vital líquido de diferentes organismos, ya que representa entre 60-70% del peso corporal de los animales, funciona como transporte de metabolitos e interviene en procesos del metabolismo de las sustancias, por lo tanto, es imprescindible ofrecer agua limpia y fresca en bebederos automáticos para garantizar la cantidad suficiente a las pjaras (Boulanger, 2011).

El consumo de agua en cerdos varia de la etapa fisiológica llegando a consumir hasta 25 L como es el caso de las cerdas lactantes (Cuadro 9).

Cuadro 9. Consumo promedio de los cerdos en sus diferentes etapas fisiológicas.

Etapa	Litros / Día
Lechón maternidad	0.1 - 0.2
Lechón post destete	2.0 - 2.5
Desarrollo < 50 Kg	5 - 6
Engorde > 50 Kg	8 - 10
Cerda gestante	12 - 15
Cerda Lactante	22 - 25
Verracos	10 - 15

Fuente: Boulanger, 2011

2.3.3. Consumo de alimento por etapa fisiológica

El programa de alimentación del cerdo inicia desde los 12 o 15 días de vida en la fase de lactancia con consumo mínimos entre 50 y 100 gramos de alimento balanceado diario, este consumo aumenta en forma paulatina, para ello es necesario que sea un producto rico en proteína y con saborizante agradable al lechón.

Este programa requiere un trabajo de asistencia puntual en la ración sobre todo va relacionado con los tiempos de destete que sugerirá cada granja de acuerdo con sus necesidades y recursos con que cuente ya sea destete a 21 días, 28 días, 35 días, aunque es preciso mencionar que algunas piaras sobre todo en explotación de traspato se tienen como tiempo de destete un rango entre 45 a 60 días.

De acuerdo con cada empresa de alimentos balanceados o expertos en nutrición animal se manejan distintos programas de alimentación que sugieren diversas etapas de acuerdo con el peso vivo del cerdo, por ello es responsabilidad del nutriólogo la versatilidad para poder optar entre recomendaciones de consumo de alimentos sin que se vea afectados los parámetros nutritivos necesarios para el desarrollo de la etapa fisiológica correspondiente, el periodo de desarrollo y engorde comprende en el cerdo entre el 75 y 80% de la alimentación total, para su vida

productiva por lo que vuelve las etapas de mayor énfasis, debido a que este rubro es el más relevante en la porcicultura al estar altamente relacionado con la rentabilidad del negocio.

Cuando el cerdo cuenta con un sistema digestivo que ha madurado, inicia generalmente alrededor de los 20 Kg de peso vivo y termina cuando la pira llegar al sacrificio en peso oscilante de 95 a 105 Kg (Campabadal, 2009).

Parámetros productivos por semana en cerdos para producción de carne de acuerdo con la FAO (Cuadro 10).

Cuadro 10. Parámetros productivos en cerdos, peso, consumo y conversión alimenticia.

EDAD		PESO			Consumo		E. Conversión	
Días	Semanas	Gan. Diaria	G.d. acum.	Peso acum.	Diario	Acumulado	Semanal**	Acumulada*
0				1,400 ⁽¹⁾				
7	1	0,200		2,800				
14	2	0,242		4,400	0,029	0,2	0,12	0,05
21	3	0,272	0,300	6,300	0,043	0,5	0,16	0,08
28	4	0,286	0,296	8,288	0,329	2,8	1,15	0,34
35	5	0,328	0,303	10,605	0,386	5,5	1,18	0,52
42	6	0,386	0,317	13,314	0,571	9,5	1,48	0,71
49	7	0,471	0,339	16,611	0,800	15,1	1,70	0,91
56	8	0,571	0,368	20,608	0,986	22,0	1,73	1,07
63	9	0,643	0,398	25,074	1,143	30,0	1,78	1,20
70	10	0,700	0,429	30,030	1,314	39,2	1,88	1,31
77	11	0,735	0,459	35,343	1,500	49,7	2,04	1,41
84	12	0,771	0,483	40,572	1,729	61,8	2,24	1,52
91	13	0,807	0,508	46,228	1,929	75,3	2,39	1,63
98	14	0,835	0,531	52,038	2,157	90,4	2,58	1,74
105	15	0,871	0,554	58,170	2,400	107,2	2,76	1,84
112	16	0,900	0,575	64,400	2,643	125,7	2,94	1,95
119	17	0,928	0,569	67,711	2,829	145,5	3,05	2,15
126	18	0,971	0,617	77,742	3,071	167,0	3,16	2,15
133	19	0,985	0,636	84,588	3,229	189,6	3,28	2,24
140	20	1,000	0,655	91,700	3,386	213,3	3,39	2,33
147	21	1,000	0,671	98,637	3,557	238,2	3,56	2,42
154	22	1,014	0,687	105,798	3,743	264,4	3,69	2,50
161	23	1,000	0,700	112,700	3,929	291,9	3,93	2,59
168	24	0,985	0,712	119,616	3,943	319,5	4,00	2,67
175	25	0,971	0,723	126,525	3,917	346,9	4,03	2,74

Fuente: FAO, 2012

Consumo de alimento de acuerdo con la etapa fisiológica del cerdo desde la etapa de preiniciación hasta la finalización y los días por etapa (Gráfica 4) reportados por Paulino (2016).

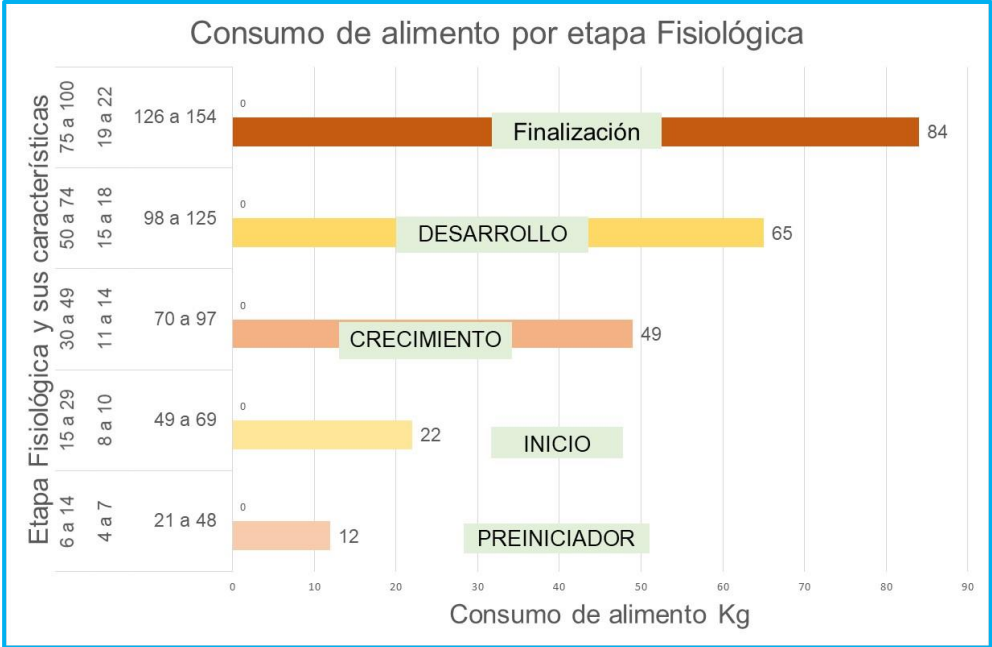


Gráfico 4. Consumo de alimento por etapa fisiológica

2.3.4. Insumos convencionales en la alimentación de los cerdos

El alimento balanceado para cerdos consiste principalmente en pastas o harinas de oleaginosas y granos de cereales, es importante atender indicaciones nutricionales de los productos de origen vegetal ya que algunos se caracterizan por contener factores anti nutricionales (FAN), estos ingredientes afectan la digestibilidad y disponibilidad de los nutrientes, lo que provoca un exceso en las excretas y orinas mostrando niveles elevados en fósforo y nitrógeno. El uso de aditivos con fines de incrementar la eficiencia de las dietas puede ser una actividad rentable siempre y cuando se cuente con información suficiente de los productos y sus niveles de inclusión recomendados, con el propósito de maximizar la digestibilidad y

aprovechamiento de los piensos en las diferentes etapas de los porcinos (Miguel Cervantes, 2009).

El nutriente más importante en la alimentación de los cerdos es la proteína que son estructuras químicas complejas compuestas por su unidad básica, el aminoácido. Son nueve los aminoácidos esenciales que deben ser suministrados en las dietas de los cerdos ya que estos no tienen la capacidad de sintetizarlos por cuenta propia. Son incontables los procesos metabólicos en los que intervienen los aminoácidos desde factores hereditarios, formación de los músculos, formación de hormonas, inmunoglobinas, enzimas, etcétera, por tanto, es el nutriente necesario para asegurar el correcto desarrollo y las funciones vitales de los cerdos.

Los carbohidratos moléculas de estructura química compleja, son los alimentos más abundantes en cuestión de productos energéticos en la alimentación de los suinos. Los carbohidratos los podemos encontrar con características “no estructurales” y los “estructurales”, los primeros se encuentran en formas de almidón o azúcares más simples, de fácil aprovechamiento por el cerdo, mientras que los segundos también conocidos como componentes fibrolíticos son de nulo aprovechamiento por el cerdo.

Los lípidos, comúnmente conocidos como grasas o aceites, aportan hasta 2,25 veces más energía que los hidratos de carbono, su uso en la nutrición porcina es debido a la necesidad de compactar las harinas en los casos que se decida ofrecer el alimento paletizado, en otros casos se utilizan para lograr la concentración de la energía en las dietas donde el requerimiento de energía es muy alto la etapa de lactancia, por ejemplo. Por otro lado, las vitaminas son un compuesto distinto de los aminoácidos, carbohidratos y lípidos, debido a que es requerido en cantidades muy precisas para las funciones metabólicas del crecimiento y la reproducción. Algunas vitaminas pueden ser sintetizadas por los cerdos, de modo que pueden no incluirse en las dietas. Las vitaminas actúan principalmente como coenzimas en diversos procesos metabólicos de la nutrición. En cuanto a los minerales, los cerdos tienen

requerimientos dietarios de elementos inorgánicos tales como calcio, fósforo, cloro, cobre, yodo, hierro, magnesio, manganeso, potasio, selenio, sodio, azufre y zinc (FAO, 2012).

En el cuadro 11 se pueden observar el aporte de nutrientes de algunos insumos utilizados en la formulación de las dietas alimenticias en cerdos.

Cuadro 11. Aporte nutritivo de recursos alimenticios para porcinos

INSUMOS	Composición Proximal						Energía E.D porcino (Kcal/Kg)	Aminoácidos			
	PB (%)	EE (%)	FB (%)	Ca (%)	P (%)	MS (%)		Lys (%)	Met (%)	Met + Cys (%)	Tryp (%)
Carbohidratos											
Arroz (pulido)	12.0	13.0	5.0	0.04	1.30	87	3.900	0.65	0.20	0.45	0.10
Maíz en grano naranja común	9.0	4.0	2.0	0.02	0.27	96	3.500	0.20	0.15	0.30	0.08
Melaza de caña de azúcar	3.0	---	---	0.90	0.10	73	2.400	---	---	---	---
Sebo de res	---	100.0	---	---	---	---	9.020	---	---	---	---
Sorgo en grano	9.0	3.0	1.9	0.02	0.30	96	3.500	0.20	0.15	0.30	0.10
Trigo grano (comercial)	13.0	1.7	2.9	0.05	0.40	96	3.520	0.40	0.20	0.40	0.15
Proteicos											
Algodón (harina)	37.0	2.0	14.0	0.25	1.00	90	2.150	1.45	0.50	1.10	0.45
Glutén Meal	60.0	2.5	3.5	---	0.40	90	4.000	1.35	1.50	2.40	0.30
Harina de carne	39.5	2.0	2.5	13.00	6.00	90	2.540	2.20	0.45	0.75	0.20
Harina de pescado	62.5	6.0	1.0	5.00	2.90	90	3.050	5.00	1.75	2.50	0.75
Harina de soja	45.0	1.0	5.0	0.02	0.65	90	3.270	2.90	0.65	1.35	0.65
Aditivos											
Levadura de cerveza	46.0	2.0	2.40	0.30	1.31	92	2.950	6.70	1.44	2.47	1.25

Fuente: NRC, 1998

Existe también en los alimentos balanceados la inclusión de aditivos que tienen el firme propósito de coadyuvar en los procesos metabólicos de los nutrientes en el organismo de la especie, saborizantes, antibióticos, antidiarreicos (tiamulina), estimuladores de crecimiento, prebióticos y probióticos. Estos últimos han demostrado mejorar el equilibrio del microbiota intestinal, no generan resistencia a patógenos ni residuos indeseables, contribuyen al control de salmonelosis y sugieren capacidad inmunoestimulante.

El objetivo de la inclusión de probióticos específicamente de la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) como estimulantes de crecimiento es sustituir a los antibióticos como promotores de aumento de peso en cerdos, ofreciendo así un producto terminado de calidad con la garantía de inocuidad que requiere el consumidor (Chiquieri, 2006).

2.4. Problemática en la alimentación del cerdo

En la industria porcícola la alimentación tiene un valor total de la producción del cerdo alrededor del 65 al 80%, es por esta situación que se considera la nutrición y el balance de raciones como una prioridad. Es importante que el especialista en nutrición tenga siempre en cuenta la normatividad oficial de cada país a fin de conocer los parámetros y restricciones sobre algunas materias primas y cumplir con los requerimientos sugeridos en investigaciones internacionales. El alimento debe ser un producto inocuo, con facilidad de almacenamiento y disponibilidad de los insumos para cada región, asumiendo las prácticas culturales de cada país en cuestión de forma de presentación del pienso, instalaciones, sistema de producción utilizadas en cada etapa fisiológica de los cerdos.

Todas estas actividades deben tener comunión con la calidad de la nutrición para elaborar una dieta correctamente balanceada considerando la etapa fisiológica, peso, edad, sexo, potencial genético, estado de salud, época del año, objetivos productivos y de producto final, las limitantes legales y que propicie un margen amplio en las ganancias del sistema productivo (García, 2012).

2.5. Alimentación no convencional de la especie

En la búsqueda de alternativas económica y técnicamente viables, las principales investigaciones se han centrado, primordialmente, en el uso de productos y subproductos de la industria azucarera, que han contribuido a enriquecer las fuentes de alimentación para cerdos utilizables en las distintas etapas productivas. De acuerdo a la semejanza entre los aparatos digestivos del hombre y el cerdo hace

que enfrenten una competencia por los alimentos, situación que desfavorece a la porcicultura desde algunos puntos de vista sociales, puesto que otros actores de esta industria ven la oportunidad de la utilización de producto residuos de la industria alimentaria en general, esta competencia se lograría disminuir si en la dietas para cerdos se incluyen subproductos de origen vegetal y animal no aptos para el consumo humano (Campagna, 2016).

Los países en vías de desarrollo generalmente están ubicados en las regiones tropicales y subtropicales, donde existe un potencial para la producción de alimento y por ende se sugiere una elevada cantidad de subproductos, especialmente aquellos que destacan por su cantidad de biomasa un ejemplo es la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), que es un cultivo destacado en estas regiones. Uno de los métodos no convencionales más aceptado son los residuos proteicos de destilerías de alcohol (RPD), resultantes de la fermentación y que contiene levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que incluye en el sustrato enzimas, péptidos, aminoácidos, vitaminas, que lo consideraron favorable la sustitución de la ración por 20 % de este producto para la alimentación de los cerdos en crecimiento (Castro, 2015).

. Los países con producciones importantes de carne de cerdo y pollo generalmente deben corresponder de igual forma en la producción de soja y maíz; para reducir esta competencia con la alimentación humana, preservar el ambiente y evitar así costosas importaciones, se debe considerar el uso de materias primas alternativas que con ayuda de la investigación tener respuesta sostenible, eficiente y que tengas las condiciones nutritivas adecuadas para la formulación de piensos de calidad (Savón, 2002).

Los alimentos convencionales, deben analizarse antes de su utilización para identificar su aportación nutrimental, la presencia de efectos anti nutricionales o tóxicas que pudieran poner en riesgo la inocuidad de la carne, la textura; existen productos como la harina de pescado una fuente rica de proteína, pero que en caso

de no presentarse en una inclusión correcta tiende a transmitir un olor desagradable a la carne, así como otros productos que representen posteriores efectos en la calidad de la canal (Campagna, 2016).

2.6. Pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) en la alimentación animal

Los principales subproductos marinos son empleados en la alimentación animal, entre ellos la harina de pescado que es una fuente de proteína utilizada en el balance de raciones de diversas especies, ofrecido en diferentes etapas productivas y alcanzando buenas referencias en parámetros productivos y calidad de la carne en el producto final.

La harina de pescado es la fuente de proteína animal que contiene el mejor balance de nutrimentos. La harina de pescado, con relación a la fuente de donde surja, de acuerdo con la especie, se encuentre en partes o entero, tiene una variación en su composición nutricional que se ubica entre 40 al 70% de proteína y el nivel de lisina del 3 al 5,5%.

La inclusión de harina de pescado adecuado en dietas balanceadas aplicables en cerdos depende del sabor que se asigne a la carne de cerdo; en cerdos en desarrollo y engorde solo se utilizan valores alrededor de 5% por problemas en el sabor de la carne.

En la alimentación de lechones y cerdos en crecimiento, especialmente para las primeras dietas es común encontrar niveles de inclusión de harina de pescado de 5 a 10 % si la calidad de esta es alta (Campabadal, 2009).

El uso de la harina de pez diablo como ingrediente en dietas para la alimentación está justificado en el aporte de alto valor nutritivo, destacando el caso de la proteína cruda, que se ha reportado valores de hasta 89.45% al ser analizado el músculo de esta especie (Ayala *et al*; 2015).

2.6.1. Situación socio – económica del pez diablo (*Pterygoplichthys spp*)

El impacto económico por la presencia de pez diablo en los sistemas lagunarios de México, es negativo, estudios realizados concluyen que esta especie representa hasta el 32,57 % de la biomasa total de peces capturados en la zona. Se ha capturado en variedad de ambientes, tanto en el río como en los cuerpos lagunares; se capturan con cualquier tipo de arte de pesca, principalmente con red de filamento 64 % y en períodos nocturnos 71 %. Se estima un promedio del pez diablo capturado por red es de 210 organismos, con un peso promedio de 400 g. Del total de los pescadores participantes en diversas encuestas el 45 % desconoce alguna utilidad del pez diablo, mientras que el 55 % restante señaló que lo utilizan como carnada para langostinos y otros peces; lo que representa solamente una situación perjudicial a la actividad pesquera. Su introducción se considera como una de las mayores amenazas para la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos continentales (Carrió, 2014).

A medida que está especie se dispersa por las costas del país especialmente en el sureste y golfo de México se van tomando decisiones basados en proyectos para mitigar los problemas ecológicos y ambientales, como incluirlos en platillos culinarios, preparación de frituras y aprovechamiento para la alimentación animal, sin embargo, estos esfuerzos no han sido suficientes para disminuir el impacto económico para los pescadores y sus familias.

Dentro de la problemática causada por esta especie invasora se encuentra la disminución de especies cuyo valor comercial es de importancia y efectos directos en la actividad pesquera, pues, además de romper las redes, evita que la misma trabaje en forma adecuada debido al movimiento brusco que realiza para escaparse al momento de estar enmallado, impidiendo la captura de especies económicamente deseadas (Carranza, 2018).

2.6.2. Situación ecológica del pez diablo

El impacto ecológico en la presencia de esta especie es de suma consideración, principalmente es inevitable contemplar sus hábitos de alimentación y la actividad excavadora que frecuentan, ya que la perturbación que provocan con estas actividades resulta en la formación de bordos en el cuerpo acuífero y la suspensión de sólidos indeseables.

La nula ocupación económica tiene como consecuencia el descarte y abandono de esta especie en las orillas de los cuerpos de agua incitando la actividad de organismos que propician un foco de infección. Aunado a esta situación la principal fuente de alimentación son las crías de tilapia y otras especies de peces de importancia económica, llevando consigo a la escasez de estas (Carrió, 2014).

El problema de esta especie, venida de países de sudamericanos es el aprovechamiento de los recursos de los ecosistemas del país provocando un desequilibrio en el mismo; incidiendo directamente en la cadena alimentaria de las cuencas y ríos mexicanos, además de su capacidad de adaptación situación que lo vuelve resistente a sus depredadores.

El control de esta especie esta de lejos de llevarse a cabo debido al desconocimiento en alternativas de utilización, incluso de le ha denominado por autoridades mexicana “especie exótica invasora perfecta”, ya que su fisiología, comportamiento, adaptación y morfología, le permiten establecerse y adueñarse sin problema del ecosistema al que lleguen (Fischer, 2021).

2.7. Análisis de laboratorio para alimentos

La importancia de los análisis de laboratorio de los insumos para la elaboración de dietas animales tiene implicaciones directas con la productividad de las especies de interés zootécnico, así como el valor económico de los productos y la rentabilidad

del negocio agropecuario. Conocer la composición química, seleccionar insumos, predecir el potencial productivo, identificar deficiencias nutricionales, la respuesta animal al consumo para corregir optimizando la producción, también se busca cumplir con los parámetros internacionales y las legislaciones específicas que cada país regula sobre la alimentación, nutrición y temas sobre bienestar animal (INTA, 2013).

2.7.1. Análisis bromatológicos en alimentos balanceados

El análisis bromatológico se define como la ciencia que estudia los alimentos, composición, aportes nutricionales, caracterización y posibles adulteraciones, a través de estos análisis se determina la calidad y seguridad de los alimentos, así como su composición nutricional, que forman parte de la dieta alimentaria de la actividad agropecuaria. Dentro de los objetivos primordiales del análisis bromatológico es cumplir con los rangos establecidos según las normas del Codex alimentarius, comprobando y garantizando inocuidad a los alimentos que llegaran al consumidor (Rocha, 2019).

En la alimentación animal el uso indiscriminado de algunos productos, sin conocer a fondo su composición química, puede tener efectos antinutricionales para los animales impidiendo así, el aprovechamiento integral de la dieta final, de tal manera, es importante reconocer que el análisis de los alimentos permite poner en contexto adecuado la incorporación de insumos a los piensos de acuerdo con sus factores nutricionales y cantidades.

La relevancia del análisis proximal sugiere un punto de partida en la evaluación de los contenidos nutrimentales de los productos. Los métodos analíticos que se emplean han sufrido innumerables modificaciones, sin embargo, la esencia y conceptos fundamentales permanecen intactos; los constituyentes del análisis próximo son: Humedad, Proteína cruda, Extracto etéreo o grasa cruda, Fibra cruda, Cenizas o materia mineral y Extracto libre de nitrógeno (Tejada, 1980).

2.7.2. Determinación de metales pesados en alimentos balanceados

La alimentación saludable, nutritiva e inocua del ser humano a traído consigo el interés de abundar en la determinación de contaminantes o agentes indeseables como parte de la calidad integral de los productos que llegan a la mesa del consumidor, la determinación de metales pesados viene como consecuencia de la creciente movilidad industrial que propicia la emisión de sustancias contaminantes hacia los ecosistemas que pueden interactuar directamente con las especies de interés zootécnico introduciendo la presencia de estas sustancias a la cadena trófica.

El contenido residual de algunos elementos puede representar un indicador del grado de contaminación en productos como carne y leche. Esta situación obedece a la aplicación indiscriminada de fertilizantes, agroquímicas e irrigación de cultivos y pastos con aguas negras, así mismos eventos ajenos en océanos como derrames petroquímicos. Los problemas no solo se ven en la cadena trófica, sino que también la exposición de estas sustancias pudiera incidir en la salud y bienestar animal provocando trastornos digestivos, anemias, disminución de índices reproductivos, alteraciones mutagénicas y productivas, apatía al alimento, entre muchas otras afecciones al organismo del animal (Montaña, 2009).

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS) los principales problemas de salud causados en el consumo de alimentos de origen animal son causados por microorganismos, micotoxinas, priones, residuos de pesticidas y de metales pesados principalmente por acumulación de plomo, cadmio y mercurio.

En la producción animal es importante asegurar que las materias primas y alimentos balanceados se encuentren libres de riesgo para el consumidor mediante puntos estrictos de verificación para hacer que se cumplan las normativas vigentes regionales e internacionales para garantizar los límites máximos permisibles de metales pesados y otros agentes contaminantes. La Asociación Estadounidense de Oficiales de Control de Alimentos (AAFCO), establece una clasificación de metales

pesados por categorías de acuerdo con el nivel de toxicidad asignando niveles máximos recomendables de metales pesados en la elaboración de piensos que serán ofrecidos a los animales (Batán, 2001) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Niveles máximos recomendables de metales pesados en insumos para animales

Categoría	Nivel máximo (mg/Kg)	Metales
Altamente tóxico	10	Cadmio, Mercurio, Selenio
Tóxico	40	Bario, Cobalto, Cobre, Plomo, Molibdeno, Tungsteno, Vanadio
Moderadamente tóxico	400	Antimonio, Arsénico, Yodo, Níquel
Ligeramente tóxico	1000	Aluminio, Bromo, Boro, Bismuto, Cromo, Manganeso, Zinc

Fuente: AAFCO, 1996

Los elementos de mayor consideración en la regulación de alimentos balanceados para animales son el Cadmio, Plomo y Mercurio. El primero su importancia radica en la bioacumulación que puede tener en el cuerpo humano, específicamente en el riñón, ya que su eliminación es demasiado lenta, lo cual suele provocar alteraciones óseas, reproductivos y fallos renales, este elemento se encuentra en el ambiente en diversas soldaduras, baterías, pigmentos; en los alimentos se encuentra abundantemente en moluscos bivalvos, carnes, hígados y riñones.

La ingesta en cualquier modalidad del plomo sugiere un problema de salud pública al causar hipertensión y enfermedades vasculares, las principales fuentes de contaminación ambiental son gasolinas entre otras sustancias que al contaminar los cultivos que más tarde servirán como materia prima para alimentar las especies domesticas representa un riesgo a la inocuidad de los productos.

Por último, el Mercurio llega a provocar alteraciones neuronales en lactantes e infantes, en niveles elevados puede producir modificaciones en el sistema nervioso de los adultos, el mercurio contamina productos directos de la pesca, por este motivo el énfasis en el análisis de este elemento en los sistemas agropecuarios.

Se reconoce que las harinas de pescado son la fuente viable de entrada del mercurio a la cadena trófica debido a la facilidad de bioacumulación en el músculo, por esta razón la importancia de vigilar el límite máximo permisible en las harinas utilizadas como fuentes proteicas en los piensos para la producción de carne (Batán, 2001).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Altamira ubicado en el Km 24.5 de la carretera Tampico – Mante, en la Ciudad y Puerto de Altamira, Tamaulipas, México (22°25'27" N, 97°56'42" W) a 26 msnm, ocupando el área Porcícola, el taller de alimentos, así como el laboratorio de Bromatología de la Institución. La colecta del material biológico pez diablo (*Pterygoplichthys spp*), se realizó en las inmediaciones de la Laguna de Champayán del mismo municipio. Laboratorio UNElab perteneciente a la Universidad del Noreste ubicado en el municipio de Tampico, Tamaulipas.

3.2 Producción de harina de pez diablo (*Pterygoplichthys spp*)

3.2.1 Colecta del material biológico

El proceso de colecta se llevó a cabo en las inmediaciones de la Laguna de Champayán en el municipio de Altamira, Tamaulipas, encontrándose los residuos de la especie en las orillas debido al abandono del pez por su nulo valor comercial y en ocasiones durante el mantenimiento de sus redes útiles en la actividad pesquera, así como el apoyo de los pescadores a favor de conocer alternativas de uso para esta especie que representa una plaga con un impacto muy severo en su economía. De igual forma en las pescaderías aledañas que tienen al pez como objeto de desecho o como materia prima de carnada en exceso. Una parte del producto se transportó en taras hasta la institución para proceder a deshidratar y el resto se almaceno en congelamiento hasta su posterior tratamiento.

La colecta para el análisis de laboratorio se realizó tomando seis muestras de 10 Kg por cada estación del año con el propósito de revisar su comportamiento en términos de calidad de proteína en cada época.

3.2.2 Deshidratación del pez diablo

En todo momento el pez se manipuló con guantes de plástico para evitar lesiones debido a la estructura física que presenta, el producto se lavó para evitar excesos de lodo y sustancia indeseables, una vez limpios se acomodaron oportunamente en charolas de aluminio de 63 de largo por 31 cm de ancho, en cada charola caben un aproximado de 4.5 Kg de material.

Para los análisis de laboratorio el periodo de deshidratación se efectuó en estufas de laboratorio; el resto de la harina para la fase experimental se acomodó en un deshidratador que se elaboró durante el presente proyecto, utilizando ángulo de acero de 1/2" pulgada por 1/8" la cámara interior con medidas de 68 cm de largo, 55 de ancho y 60 cm de alto. En su interior y exterior se cubrió con lámina galvanizada calibre 28 y en el intermedio fibra térmica de 1 ½" de grosor para evitar pérdidas excesivas de calor y energía. Se utilizó un termostato analógico con rango de temperatura de 30 – 110 °C y 115 V, mismo que controló un a resistencia eléctrica de 800 W, capacidad suficiente para elevar la temperatura a condiciones deseadas para esta cámara. Se instaló un ventilador de plástico de 5 ½" de 110 V para que el equipo tuviera circulación de aire.

En estas condiciones del equipo se tuvo oportunidad de deshidratar 40 Kg de pez diablo en cada carga, el tiempo de secado fue en promedio de 96 a 120 horas, a una temperatura de 65° C como lo marcan las normas internacionales de calidad.

3.2.2.1 Niveles de proteína en muestra de pez diablo con dos métodos de deshidratación.

Con la finalidad de determinar si había variación con la deshidratación en la estufa de secado, comparándolo con un deshidratador artesanal, se estableció una prueba utilizando 6 muestras con 10 Kg de peso cada una tomada del complejo lagunario de Champayán ubicado en el municipio dónde se realizó el proyecto.

Una parte de las muestras se analizó en las estufas de laboratorio, mientras que el resto se analizó en un deshidratador elaborado y diseñado para este trabajo de investigación, con dos objetivos; el primero de ellos deshidratar la mayor cantidad posible de material biológico y tener insumo suficiente para el abasto de la demanda en consumo de alimento, la segunda intención ofrecer al productor, un equipo que cumpliera con las demandas fisicoquímicas para un correcto secado sin alterar considerablemente la calidad de la proteína en producto terminado, después de pruebas y ensayos preliminares en el equipo mencionado se procedió a la realización del método de deshidratación considerando una temperatura promedio de 65 °C para evitar la desnaturalización de la proteína.

3.2.3 Pulverizado y envasado

Después del tiempo promedio de deshidratación, se obtuvieron rendimientos de la relación del ingreso del pez fresco y la salida del material. Este producto se llevó a un molino pulverizador de la marca Veyco® de 1 hp con malla de 2 mm, recogiendo e identificando por fecha y lote en bolsas de plástico transparentes, en caso necesario se volvió a pasar el producto por el molino de modo que la harina se encontrará homogenizada en tamaño de partícula.

La harina de pez diablo completa se guardó por lotes en bolsas negras y contenedores con tapa, para evitar humedad, acceso de fauna indeseables y pérdida de la calidad por contacto directo con la luz, el almacenaje se realizó en lugar fresco y seco.

El producto se utilizó antes de seis meses de la fecha de elaboración con la finalidad de asegurar los mismos parámetros de calidad en los nutrientes.

3.3 Análisis de la harina de pez diablo (*Pterygoplichthys spp*) y la dieta experimental.

3.3.1. Análisis bromatológico de la harina de pez diablo y la dieta experimental

Se realizaron los análisis de alimentos para la harina de pez diablo y la dieta experimental en el laboratorio de bromatología del Instituto Tecnológico de Altamira determinando los siguientes nutrientes: materia seca (MS), cenizas (C), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN) todas la determinaciones se llevaron a cabo de acuerdo a la Association of Official Analytical Chemist (AOAC, 2000).

Materia seca: Es un análisis calculado por la diferencia en humedad, el agua contenida en un alimento no se considera un nutriente, por el contrario, si se excede en los límites se presentarán problemas de deterioro en el pienso afectando la calidad de este. El proceso se efectuó por triplicado, se pusieron a peso contante los crisoles, después de pesados y tarados se adicionó 2 g de muestra identificando y registrando cada uno; en todo momento el material debe ser manipulado con pinzas. Los crisoles se introdujeron en una estufa Memmert® a 103° C durante 24 horas, nuevamente los crisoles se pesaron y se registraron para sus cálculos.

$$\% \text{ Materia seca (MS)} = \frac{(\text{Peso de crisol} + \text{Muestra}) - (\text{Peso del crisol})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Cenizas: Este método se lleva a cabo por incineración, la importancia de este proceso radica en conocer la parte inorgánica de la muestra que incluye también los minerales. El proceso se efectuó por triplicado, con crisoles limpios y tarados previamente a los cuales se agregaron 2 g de muestra a cada uno, en todo momento se manipulo con las pinzas. Los crisoles se sometieron a una temperatura de 550°C por espacio de 5 horas en una mufla Thermo Scientific®, después de este tiempo se enfriaron en un desecador durante 20 minutos, se pesaron y registraron los datos para efectuar posteriores cálculos.

$$\% \text{ Cenizas (C)} = \frac{(\text{Peso de crisol} + \text{Muestra}) - (\text{Peso del crisol})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Extracto etéreo: Este método usa como disolvente el éter de petróleo, el cuál recircula evaporando y condensando de forma continua, arrastrando consigo sustancias solubles como grasas, aceites, fosfolípidos, pigmentos, etcétera. El procedimiento se realizó en un equipo de la marca Equip and Tecnology System ets®, el extracto se recoge en matraces de fondo plano con capacidad para 250 ml previamente pesados. La recirculación se llevará a cabo durante 5 horas para dar paso a la eliminación de exceso de éter, después tuvo un secado en estufa Memmert® durante 30 minutos, finalmente se pesará y registrará para proceder con cálculos correspondientes.

$$\% \text{ Extracto etéreo (EE)} = \frac{(\text{Peso de matraz} + \text{Extracto}) - (\text{Peso del crisol})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Fibra cruda: La fibra cruda se determina con muestras libre de grasa y humedad, este nutriente es poco aprovechable monogástricos de ahí la importancia de que conocer su inclusión en la dietas, el proceso consiste en llevar a ebullición la muestra con un ácido y una base fuerte lo que permite la hidrolisis de los demás nutrientes, se pesó por triplicado 1 g de muestra, el proceso se realizó un equipo de destilación de fibra Labconco® llevando a ebullición con ácido clorhídrico 1.25% por espacio de 30 minutos, posteriormente se repitió el proceso de ebullición con el mismo tiempo en hidróxido de sodio 1.25%, se efectuaron lavados y el residuo se sometió secado por 24 horas a 103°C en estufa Memmert®, al término de este paso se trasladó las muestras a incineración en una mufla Thermo Scientific® a 550°C por 3 horas, pesando y registrando para elaborar cálculos.

$$\% \text{ Fibra cruda (FC)} = \frac{(\text{Peso de crisol} + \text{C}) - (\text{Peso del crisol} + \text{MS})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Proteína cruda: La proteína es el nutriente más importante y de mayor costo por su aporte en insumos de ahí la importancia de cuantificar su valor para optimizar su inclusión en los piensos. Este nutriente se estimó por el método Kjeldahl en un equipo Novatek® iniciando con una digestión con ácido sulfúrico por un tiempo aproximado de 1 hora a una temperatura entre 380 y 420°C transformando el nitrógeno de las proteínas en iones de amonio, posteriormente se adiciona una base fuerte y se llevó a destilación recuperando el residuo de amoniaco en ácido bórico al 4%. Por último, se efectuó una valoración colorimétrica con ácido sulfúrico 0.1N registrando los volúmenes gastados del blanco y de la muestra tratada por triplicado, de esta forma se obtiene el porcentaje de nitrógeno lo que requiere el producto por el factor de estimación 6.25 expresando así el contenido de proteína cruda.

$$\% N = \frac{(V_{\text{gastado de la muestra}} - V_{\text{gastado del blanco}}) (N_{H_2SO_4}) (Meq_{H_2SO_4})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$\% PC = (\%N) (6.25)$$

Extracto libre de nitrógeno: Está constituido por carbohidratos como almidones y azúcares se determina por diferencia después de obtener los resultados de humedad, cenizas, fibra cruda, extracto etéreo y proteína cruda, es necesario para obtener el cálculo del total de nutrientes digestibles.

$$\% ELN = 100 - (H + C + FC + EE + PC)$$

3.3.2 Determinación de metales pesados en la harina de pez diablo

Los análisis para determinar los parámetros de límites permisibles en metales pesados se llevaron a cabo tomando en cuenta la norma de referencia NOM-242-SSA1-2009 (DOF, 2009) el método ejecutado fue acorde a la NMX-AA-051-SCFI-2016 (DOF, 2016) corriendo la prueba con un blanco y muestras por duplicado, se contaminó el agua con 1 g de muestra de harina de pez diablo se agregó 3 ml HNO₃

y 2 ml de HCl, para posteriormente llevar a aforación. Las muestras se pusieron a digestión en autoclave a 125 °C y 15 lb por espacio de 1 hora. Se cuantificó en un equipo de la marca Perkin Elmer® de absorción atómica flama aire acetileno de 2000 a 2500 °C.

3.4 Área y equipo para el experimento de campo

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de producción Porcícola del Instituto Tecnológico de Altamira, para lo cual se acondicionaron 10 jaulas individuales de 160 cm de largo, 60 cm de ancho y una altura de 130 cm, en el espacio individual cada jaula contó con un área de 0.96 m² espacio necesario para cerdos en las etapas de crecimiento y engorda, cada jaula contó con puerta enfrente y en la parte trasera con el objetivo de facilitar los traslados al momento de pesar las unidades experimentales; se habilitaron comederos de acero tipo tolva en la puerta principal de cada jaula de 35 cm de largo, 25 cm de ancho y 15 cm de alto al plato, la tolva contó con una altura de 80 cm, estas medidas fueron adecuadas para resguardar un promedio de 7 Kg de alimento y así garantizar en todo momento el abasto de alimento a los cerdos.

Los espacios individuales en las jaulas fueron habilitados con bebederos tipo chupón para evitar desperdicios de agua, se colocaron por medio de una tubería subterránea a una altura de 35 cm considerando medidas adecuadas para las etapas de evaluación. La tubería fue conectada a un tanque de almacenamientos Rotoplas® con capacidad de 450 L con el propósito de mantener siempre las unidades experimentales con agua suficiente. Se ubicó dentro de cada corral un espacio para realizar el pesaje en los tiempos establecidos en este proyecto para lo cual se utilizó una jaula fabricada en acero de 160 cm de largo, 60 cm de ancho y una altura de 80 cm, con piso anti derrapante, puerta en ambos extremos para facilitar entrada y salida después de la actividad, utilizando una báscula digital para 600 kg y división mínima de 100 g.

3.5 Dietas experimentales

La elaboración de la dieta se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Altamira, específicamente en el taller de alimentos, la elaboración se realizó de manera artesanal pesando las materias primas en una báscula modelo SXE – 40 Torrey®, para posteriormente llevar a una mezcladora Lenin® con capacidad para 25 Kg, para homogenizar la muestra.

Las materias primas utilizadas para la elaboración de la dieta fueron: maíz molido, pasta de soya, sebo de res, melaza de caña de azúcar, levadura de cerveza con inclusión de 1Kg /ton, premezcla de vitaminas y minerales a razón de 25 Kg/ton y harina de pez diablo (*Pterygoplichthys spp*). Se elaboró un total de 750 Kg de alimento balanceado en la dieta experimental, tomándose en cuenta un excedente del 10% del total de consumo estimado con el objetivo de asegurar el abasto de alimento durante la etapa de prueba. La presentación de la dieta experimental fue en harina, el producto se encostaló y rotuló con fecha de elaboración. El alimento se almacenó en un lugar seco, con ausencia de luz directo, aislado para evitar que organismos indeseables tuvieran contacto con el pienso y pudiera verse afectada la calidad del producto ofrecido a las unidades experimentales.

3.5.1 Aporte nutricional de la dieta experimental

La dieta experimental se elaboró de acuerdo con los requerimientos nutricionales establecidos en las tablas de NRC (1998), de esta manera se realizó la dieta para la etapa de crecimiento tomando en cuenta un peso vivo de las unidades experimentales entre 25 a 60 kg para un periodo de 45 días al 16% de proteína cruda. Se incluyó un 6% de harina de pez diablo en la dieta, tomando como referencia los reportes de literatura sobre la inclusión de harina de pescado en general para alimentación de porcinos (Campabadal, 2009).

Para el balance de la dieta se utilizó el método de tanteo, utilizando una hoja de cálculo del programa Excel, estimando el porcentaje de proteína cruda y Mcal/Kg

para energía, una vez elaborado el alimento se realizó el análisis bromatológico para obtener el valor real de cada uno de los nutrientes del alimento terminado, determinando MS, C, PC, EE, FC y ELN.

Se realizaron las determinaciones bromatológicas en el alimento comercial que se utilizó como testigo para verificar la coincidencia con el aporte de PC mencionado en la etiqueta (Cuadro 13).

Cuadro 13. Aporte nutricional de las dietas evaluadas en el experimento

Dietas			
Experimental (T1)		Comercial (T2)	
PC	Energía	PC	Energía
%	Mcal/Kg	%	Mcal/Kg
16	3.26	16	3.17

PC: Proteína cruda; Dieta comercial: información obtenida de la etiqueta de información nutrimental.

3.6 Unidades experimentales

Para la realización del experimento, se utilizaron 10 cerdos de características trilinea (York, Pietrain y Duroc), este lote estuvo conformado por seis machos y cuatro hembras; estos ejemplares se obtuvieron de 25 Kg de peso vivo \pm 5 Kg y 63 días de vida, se desparasitaron y se registró su peso de manera individual, identificando cada ejemplar marcándolo con crayón para ganado, los animales llegaron al Instituto Tecnológico de Altamira el 28 de agosto de 2021 y estuvieron en periodo de adaptación por 9 días hasta el 6 de septiembre del mismo año.

Los animales se alojaron en jaulas individuales con su comedero y bebedero al alcance, durante el periodo de adaptación se cambió gradualmente el alimento que

consumían, al que utilizarían en la fase experimental, ofreciendo un 25, 50, 75 hasta llegar al 100%, el alimento y el agua se ofrecieron a libre acceso (*ad libitum*).

Para iniciar el experimento, se llevaron a cabo actividades de limpieza y desinfección del área: comederos, bebederos y pisos del alojamiento de los animales fueron cubiertos con una mezcla de Ca (OH)₂ al igual que las paredes de los corrales.

La desparasitación interna se realizó utilizando levamisol inyectado con complejo B a razón de 1 ml por cada 24 Kg de peso vivo (5 mg/Kg) de Laboratorios Aranda® por vía intramuscular en la tabla del cuello.

3.7 Tratamientos

Para la asignación de los tratamientos, las unidades experimentales se dividieron aleatoriamente en dos grupos, tomando en cuenta el peso vivo y el sexo, cada grupo se conformó por tres machos y dos hembras.

Los dos tratamientos propuestos se establecieron con cinco repeticiones cada uno para la etapa de crecimiento (fase experimental), a esos mismos grupos se les dio seguimiento en la etapa de engorde o finalización, evaluando los mismos parámetros.

Dieta experimental (T1): Este alimento se formuló al 16% de PC, incluyendo el 6% de harina de pez diablo.

Dieta comercial (T2): Se adquirió un alimento comercial con un 16% de PC

En la fase de engorde o finalización se les ofreció a los dos grupos que estuvieron con la dieta experimental (T1) y comercial (T2) con un periodo de adaptación previo,

el mismo alimento comercial (peletizado), este producto especificó en su etiqueta 12 % PC con febendazol.

3.8. Fase experimental

3.8.1. Trabajo de campo

El trabajo de campo se inició con la colecta del material biológico para la harina de pez diablo durante un año, abarcando las cuatro estaciones del año, se determinó su contenido de proteína cruda, con el objeto de verificar posibles variaciones de este nutriente en las diferentes estaciones del año.

Se realizó una evaluación sobre los métodos de deshidratación del pez diablo y su relación con la calidad de proteína cruda, con el propósito de ubicar métodos y equipos que hagan rentable esta actividad al productor Porcícola, logrando equilibrio entre el aumento de peso y la disposición de materia prima para la integración como fuente de proteína en las raciones.

La prueba experimental con los cerdos inicio el 28 de agosto de 2021, permitiendo un periodo de adaptación a las instalaciones y alimento ofrecido de 9 días, iniciando la recolección oficial de datos el 7 de septiembre del mismo año, a partir de esta fecha se pesaron los ejemplares de ambos bloques cada 15 días, registrando en la bitácora los pesos obtenidos durante 45 días que duró el experimento el cual se planteó para la etapa de crecimiento.

Posterior a esta etapa se continuó con la actividad de pesado cada 15 días para la etapa de engorde con el objeto de observar si había algún efecto después del retiro de las dietas ofrecidas en la etapa de crecimiento. Este periodo fue comprendido del 22 de octubre al 19 de noviembre del 2021, fecha en la que los animales fueron comercializados.

Durante la fase experimental diariamente se pesaba el alimento que se suministraba a todos los animales y se pesaba el rechazo. Calculando por diferencia el consumo diario de alimento de cada unidad experimental, esta actividad fue realizada entre las 09:00 y 10:00 horas de cada día, realizando diariamente una visita vespertina entre las 17:00 y 18:00 horas, para asegurar el abasto de alimento en los comederos y el correcto funcionamiento de los bebederos.

3.8.2 Variables a evaluar

Peso vivo (PV): Se registró el peso de cada unidad al inicio del proyecto y cada 15 días entre las 09:00 y 11:00 horas hasta la finalización de este el 19 de noviembre de 2021.

Ganancia diaria de peso (GDP): Se calculó dado el cociente entre la diferencia de peso registrada en cada periodo y el número de días de cada intervalo.

$$GDP = \frac{\text{Peso final de periodo} - \text{Peso inicial de periodo}}{\text{Días de periodo de alimentación}}$$

Consumo diario de alimento (CDA): Se registró diariamente por la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazo reportado al día siguiente.

Conversión alimenticia (CA): Muestra la eficiencia de la dieta con la relación entre el consumo de alimento y la ganancia de peso.

$$CA = \frac{\text{Consumo de alimento (Kg)}}{\text{Ganancia de peso (Kg)}}$$

Conversión económica (CE): Muestra la relación entre el costo de alimento balanceado por Kg y el peso vivo de la unidad experimental por Kg.

$$CE = \text{Costo de alimentación (\$)} \times \text{Peso vivo producido (Kg)}$$

3.8.3 Diseño experimental y análisis estadístico

En este trabajo se utilizó un diseño de bloques completos aleatorios, utilizando doble bloqueo, por peso y sexo de las unidades experimentales, conformando de esta manera dos bloques, uno para cada tratamiento con cinco repeticiones cada uno. Los datos obtenidos fueron analizados por medio de una comparación de medias utilizando la prueba t de student ($P < 0.05$); se compararon los resultados de peso vivo, ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento, conversión alimenticia y conversión económica.

Para el caso del análisis de la PC de la harina de pez diablo, se realizó un análisis de varianza utilizando cuatro estaciones del año con seis repeticiones cada una, realizando una comparación de medias por Tukey ($P < 0.05$).

Para la evaluación comparativa del contenido de PC entre dos métodos de deshidratación se realizó una comparación de medias utilizando la prueba t de student ($P < 0.05$).

Para probar los efectos de los tratamientos, los datos obtenidos fueron analizados en el programa estadístico SPSS® (IBM® versión 21.0).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis bromatológicos.

Se realizó el análisis bromatológico para la harina de pez diablo, con el propósito de determinar la calidad nutritiva del mismo de acuerdo con la AOAC (2012), utilizando los valores obtenidos para la formulación de la dieta experimental.

4.1.1 Análisis bromatológico de la harina de pez diablo.

Los resultados obtenidos en la determinación bromatológica (Cuadro 14) mostraron índices similares a los expuestos por FEDNA (2019) para harina de pescado en cuanto a PC y FC reportando de 62.2% y 1.0%, respectivamente, sin embargo, mostraron diferencia en los niveles de MS, C y EE con valores de 92.2%, 18.5% y 9.2% respectivamente.

Cuadro 14. Calidad nutritiva de la harina de pez diablo

Nutriente	Porcentaje (%)
Materia seca (MS)	97.331
Proteína cruda (PC)	61.475
Cenizas (C)	33.161
Extracto etéreo (EE)	15.562
Fibra cruda (FC)	2.369

4.1.2 Análisis bromatológico de la dieta experimental.

Se llevó a cabo un análisis proximal para conocer la calidad nutritiva de la dieta experimental con la inclusión de la harina de pez diablo, revisando en todo momento que cumpliera con los parámetros señalados para esta etapa productiva sugeridos por NRC (1998).

Se realizó el mismo método para el alimento comercial, revisando tuviera congruencia con la información proporcionada por el proveedor a efecto de tener igualdad de condiciones al iniciar la prueba en la relación nutritiva de los alimentos balanceados (Cuadro 15).

Cuadro 15. Información nutricional de la dieta comercial y la dieta experimental

Dieta	Nutrientes en dieta (%)					
	MS	PC	C	EE	FC	ELN
T1	89.615	17.381	6.846	7.972	1.062	56.35
T2	88	16	8	10	2	52

*T1; Es la dieta experimental con inclusión de 6% de harina de pez diablo, T2; es el alimento balanceado comercial

4.2 Proteína cruda en diferentes épocas del año en harina de pez diablo

Tomando en cuenta que la PC es el nutriente más demandante en cuanto costos en la alimentación de cerdos, se realizó una valoración del aporte en las diferentes épocas del año para determinar una posible variación, ya que el resultado de este valor se utilizó en la formulación de la dieta experimental.

4.2.1 Niveles de proteína cruda por estación del año.

En la determinación de la proteína cruda se observó diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las estaciones del año (Cuadro 16), encontrándose el valor más alto para verano y más bajo para primavera con un porcentaje de diferencia de 8.408%. Los valores de todas las épocas del año se encuentran dentro de los rangos reportados para harina de pez diablo de 49.6% y 89.45% (Pérez, 2015).

Cuadro 16. Niveles de proteína de harina de pez diablo evaluada por estación del año.

Estación del año	Nivel de proteína (%)
Primavera	57.612 ^a
Verano	66.020 ^b
Otoño	65.436 ^b
Invierno	64.482 ^b
EE	0.652

^{a,b} en la misma columna muestran diferencia ($P < 0.05$)

4.2.2 Niveles de proteína en muestra de pez diablo con dos métodos de deshidratación.

En relación con la comparación de los dos métodos de deshidratación se observó diferencia ($P < 0.05$), presentando el valor más alto la deshidratación en la estufa con una diferencia de 4.77% de PC (Cuadro 17).

Los valores de ambos métodos se encuentran dentro de los análisis de PC reportados para harina de pez diablo de 49.6% y 89.45% (Pérez, 2015).

Cuadro 17. Niveles de proteína cruda en harina de pez diablo con dos métodos de deshidratación

Muestras	Nivel de proteína (%) por método de deshidratación	
	Estufa	Deshidratador Experimental
1	65.9068	58.561
2	64.9662	59.703
3	65.3747	58.728
4	63.0855	58.463
5	62.1455	58.843
6	61.2056	59.789
\bar{x}	63.78	59.01

4.3 Determinación de metales pesados en harina de pez diablo

Se realizó el análisis de metales pesados en harina de pez diablo para los elementos cadmio, cobre, mercurio y plomo, utilizando una muestra para las diferentes estaciones del año (otoño, invierno y primavera) con el objetivo de verificar si la harina de pez diablo como insumo se encontraba dentro de los límites permisibles en piensos y alimentos balanceados para animales, utilizando el método de la Norma Oficial mexicana para la determinación de metales pesados (NMX-AA-051-SCFI-2016) en aguas.

Las determinaciones de las tres estaciones del año se hicieron bajo rangos de referencia, el resultado fue expresado como menor que (<), el cual es indicativo del límite de cuantificación del método.

En este trabajo los valores que se obtuvieron se encuentran dentro de los rangos establecidos por la NOM-242-SSA1-2009 (2009) que establece los riesgos sanitarios para productos que se procesan de la pesca frescos, refrigerados y congelados.

De igual forma los valores obtenidos en las tres épocas del año (Cuadro 18) están dentro de los parámetros que establece el Codex alimentarius (1995) perteneciente a la FAO y la Organización Mundial de la Salud.

Cuadro 18. Metales pesados en tres épocas del año, de harina de pez diablo

Metal	Método	Resultado	Resultado	Resultado de
		de Otoño	de Invierno	Primavera
		mg/Kg		
Cobre		< 10	< 9.94	< 10
Cadmio	NMX-AA-051-SCFI-	< 5	< 4.97	< 5
Mercurio	2016	< 0.5	< 0.497	< 0.5
Plomo		< 10	< 9.94	< 10

Debido a que los resultados de las diferentes épocas del año fueron expresados de acuerdo con los límites de cuantificación del método, se realizó sólo para la época de otoño el análisis para obtener los resultados con valores precisos en unidades mg/Kg (Cuadro 19).

De igual manera los resultados obtenidos en esta valoración se encuentran dentro de los límites permisibles de acuerdo con la FAO, Codex Alimentarius y la NOM-242-SSA1-2009. Coincidiendo con el trabajo realizado en el estado de Tabasco por Maldonado-Enríquez *et al.* (2015), quienes analizaron metales pesados en el musculo del pez diablo (*Pterygoplichthys spp*), llevando a cabo muestreo en tres puntos diferentes en las orillas del río Usumacinta, en el municipio de Tenosique, Tabasco, México; reportando en uno de los puntos de muestreo valores promedio para Cd 0.61 ± 0.02 , Pb 2.30 ± 0.30 y Cu 1.54 ± 0.20 , todos los resultados expresado en ppm (mg/Kg).

Cuadro 19. Niveles de metales pesados en época de otoño (mg/kg) del año 2021

Metal	Otoño	Límites máximos permisibles		
		FAO	Codex alimentarius	NOM – 242 – SSA1 - 2009
Cadmio (Cd)	0.099		2	2
Cobre (Cu)	11.480	3	--	--
Mercurio (Hg)	0.099		0.5	2
Plomo (Pb)	7.990		0.3	1

4.4 Evaluación de parámetros productivos

Se analizaron las variables ganancia de peso diario, consumo de alimento, conversión alimenticia y conversión económica para etapa de crecimiento en cerdos de un intervalo entre 25 a 60 Kg de peso corporal.

Es en esta fase donde se comparó la eficacia como insumo de la harina de pez diablo con un 6% de inclusión en la dieta final experimental de los cerdos en contra parte con un alimento balanceado comercial disponible en el mercado.

4.4.1 Etapa de crecimiento

4.4.1.1 Ganancia diaria de peso en etapa de crecimiento

El trabajo realizado en las instalaciones de la posta porcícola del Instituto Tecnológico de Altamira arrojó como resultado para la variable de GDP que no se encontró diferencia ($P > 0.05$).

Por otra parte, numéricamente para la media general por tratamiento se obtuvo un valor más alto para la dieta experimental 0.818 Kg, en contraste con el alimento comercial cuya ganancia se reportó en 0.799 Kg (Cuadro 19).

Encontrándose el valor de la dieta comercial de este trabajo inferior a lo reportado por Benítez *et al.* (2015) que observó valores de 0.814 y 0.906 Kg y en relación con la dieta no comercial el resultado obtenido fue superior a los valores reportados por los mismos autores (0.748 Kg).

En cuanto a la GDP por periodo, en este trabajo no se observó diferencia entre sexo ($P > 0.05$), sin embargo, numéricamente se observó que los valores más altos, los presentaron los machos en los dos tratamientos (Cuadro 20).

Cuadro 20. Ganancia diaria de peso GDP en la etapa de crecimiento

Tratamiento	Periodos					
	1		2		3	
	M	H	M	H	M	H
	Kg					
Experimental	0.631	0.567	1.033	0.780	1.012	0.611
Comercial	0.611	0.477	1.117	0.804	1.024	0.760
EE	0.78	0.96	0.78	0.96	0.78	0.96

*Experimental (T1), Comercial (T2); M (Macho), H (Hembra)

4.4.1.2 Consumo diario de alimento en etapa de crecimiento

El análisis estadístico muestra como conclusión la nula diferencia ($P > 0.05$) entre las dietas ofrecidas a los cerdos.

Aunque no se obtuvo diferencia significativa, es importante destacar que la dieta experimental mostró una media de 2.527 Kg, en contraste con lo observado en la dieta comercial referente que presentó 2.275 Kg (Cuadro 20).

La dieta experimental muestra un dato similar a lo observado por Campabadal (2009) quien reportó un promedio de 2.6 Kg para cerdos con un peso corporal de 60 Kg.

Se puede observar que el CDA por periodo y sexo para cada tratamiento, en cuanto a periodos los machos presentaron los valores más altos, en cuanto a tratamiento los machos obtuvieron mejores resultados en los periodos 1 y 2 con la dieta experimental (Cuadro 21).

Cuadro 21. Consumo diario de alimento CDA en la etapa de crecimiento

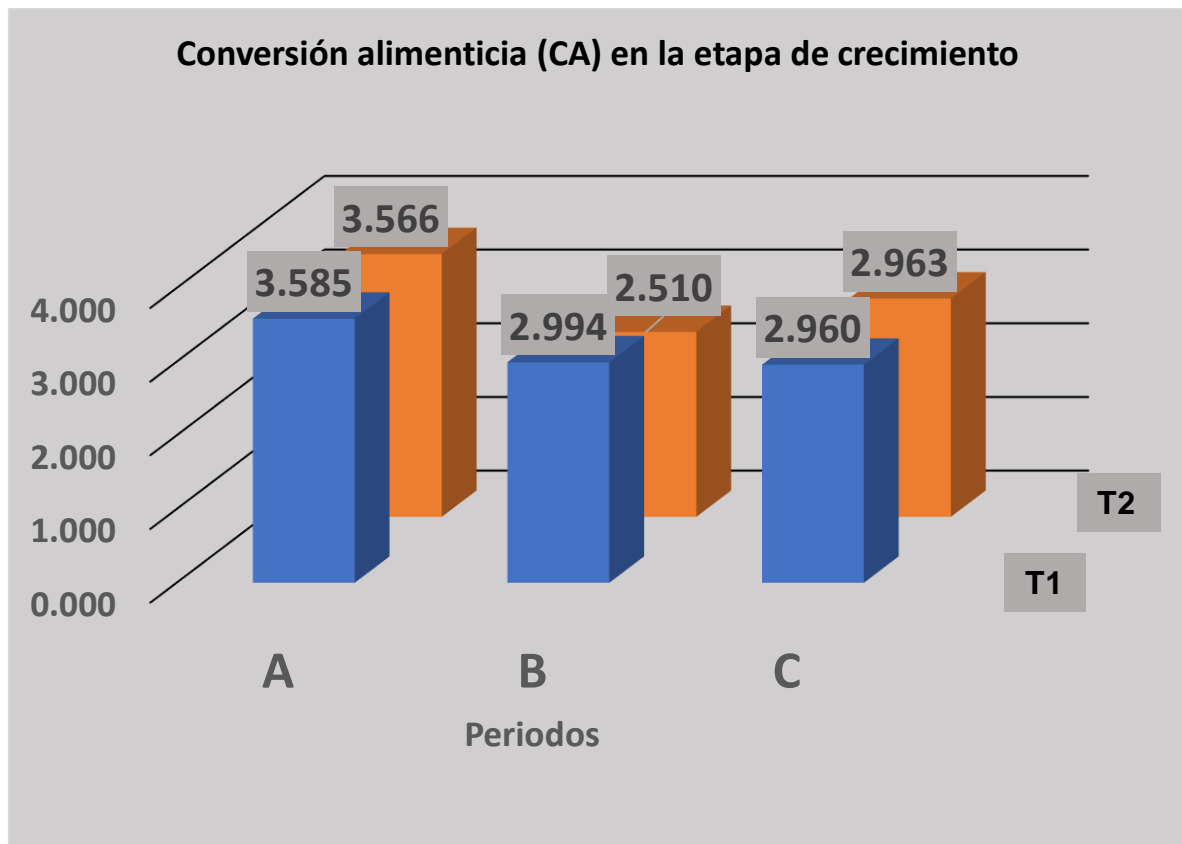
Tratamiento	Periodos					
	1		2		3	
	M	H	M	H	M	H
	Kg					
Experimental	2.260	2.021	2.974	2.420	2.834	2.651
Comercial	2.072	1.733	2.837	1.845	3.056	2.107
EE	0.192	0.236	0.192	0.236	0.192	0.236

*Experimental (T1), Comercial (T2); M (Macho), H (Hembra)

4.4.1.3 Conversión alimenticia en etapa de crecimiento

En cuanto a la conversión alimenticia, tampoco se observó diferencia ($P > 0.05$) presentando ambos tratamientos una CA más alta con 3.013 y 3.179 para el tratamiento comercial y experimental, respectivamente, en comparación con los parámetros encontrados por Benítez *et al.* (2015) quién reportó 2.280 (Gráfica 5).

Este parámetro es obtenido por cálculo entre las constantes de consumo diario de alimento y ganancia de peso diario, los resultados obtenidos para esta variable en la etapa de crecimiento se muestran en la gráfica 5.

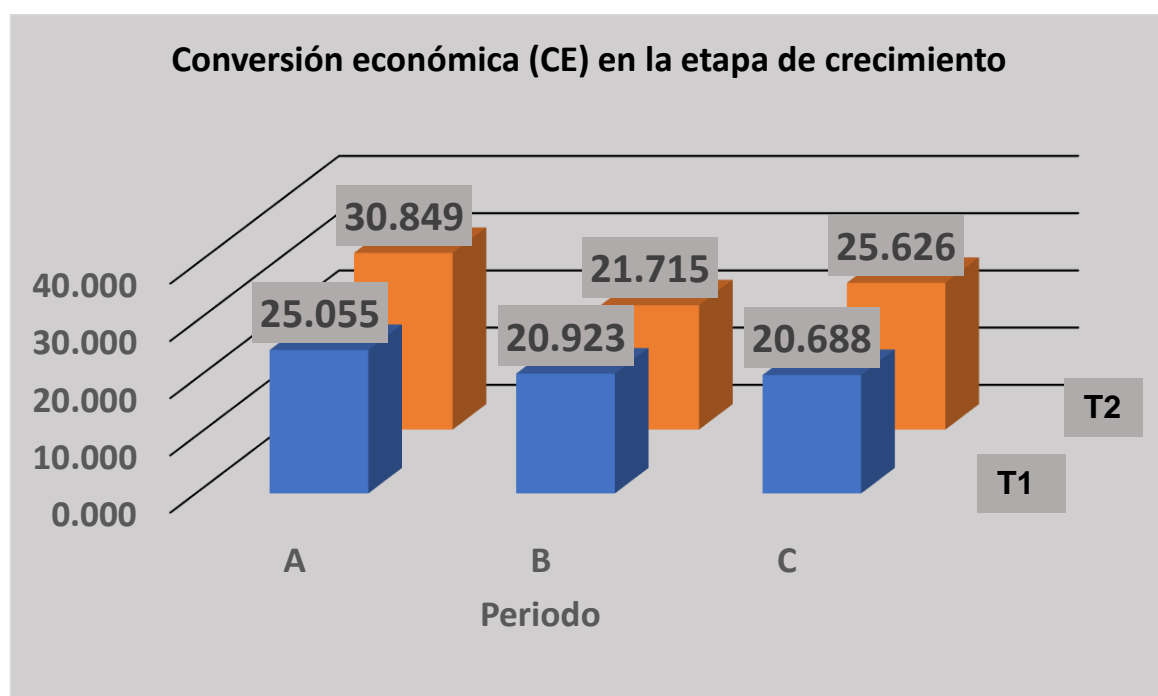


Gráfica 5. Conversión alimenticia evaluada durante la etapa de crecimiento, Experimental (T1), Comercial (T2)

4.4.1.4 Conversión económica en etapa de crecimiento

El análisis de la conversión económica fue sujeta a la correlación entre el consumo de alimento y el costo por Kg de este, para este parámetro se demostró una diferencia ($P < 0.05$).

Los datos obtenidos señalan un gasto medio para el balanceado comercial de \$27.658 por día para las unidades experimentales de ese tratamiento, mientras tanto se reportó una inversión promedio diaria de \$22.086 para la dieta experimental propuesta con la inclusión de harina de pez diablo.



Gráfica 6. Conversión económica evaluada durante la etapa de crecimiento; Experimental (T1), Comercial (T2)

4.4.2 Efecto de las dietas comercial y experimental en la etapa de finalización

Con el objetivo de observar si existía efecto de las dietas evaluadas en la etapa de crecimiento durante la etapa de finalización, se analizaron las mismas variables;

GDP, CDA, CA y CE, hasta alcanzar el peso de comercialización que ronda los 100 Kg de peso vivo en las unidades experimentales.

4.4.2.1 Ganancia diaria de peso en etapa de finalización

La ganancia diaria de peso, de acuerdo con los datos estadísticos no muestra una diferencia ($P > 0.05$), entre los tratamientos evaluados durante el proyecto, sin embargo, muestra una media superior las unidades que consumieron la dieta experimental 0.832 Kg de aumento diario, por su otra parte, se reportó una media de 0.754 Kg para los animales que consumieron la dieta comercial. Estos datos muestran un efecto de la alimentación durante la etapa de crecimiento sobre la etapa de finalización, considerando que en esta última etapa todos los animales estaban consumiendo un mismo alimento, solo se estaba evaluando el efecto residual de la alimentación ofrecida durante la etapa de crecimiento (Cuadro 22).

El valor de GDP obtenido en la etapa de finalización del alimento experimental fue menor a lo reportado por Benítez *et al.* (2015) que fue de 0.945 Kg.

Cuadro 22. Ganancia diaria de peso GDP evaluada en la etapa de finalización.

Tratamiento	Periodos			
	1		2	
	M	H	M	H
	Kg			
Experimental	0.716	0.773	0.849	0.736
Comercial	0.736	0.447	0.982	0.850
EE	0.099	0.121	0.099	0.121

*Experimental (T1), Comercial (T2); M (Macho), H (Hembra)

4.4.2.2 Consumo diario de alimento en etapa de finalización

Este parámetro se evaluó de igual forma que en la etapa anterior ofreciendo alimento suficiente y permitiendo el acceso ad libitum al mismo, recuperando a la mañana siguiente el rechazo para por medio de una diferencia registrar el consumo neto del balanceado. El consumo diario de alimento no muestra evidencia estadística ($P > 0.05$) entre los tratamientos evaluados en la etapa de finalización.

Se observó diferencia numérica en las medias para ambos tratamientos destacando un mayor consumo por parte del grupo alimentado con la dieta experimental 3.740 Kg, que presentó un resultado mayor en comparación con el grupo que recibió la dieta comercial 3.270 Kg (Cuadro 23). Al compararlos con lo reportado por Campabadal (2009) quién encontró 3.5 Kg, la dieta experimental presentó un consumo mayor, no así para dieta comercial que registró un consumo menor.

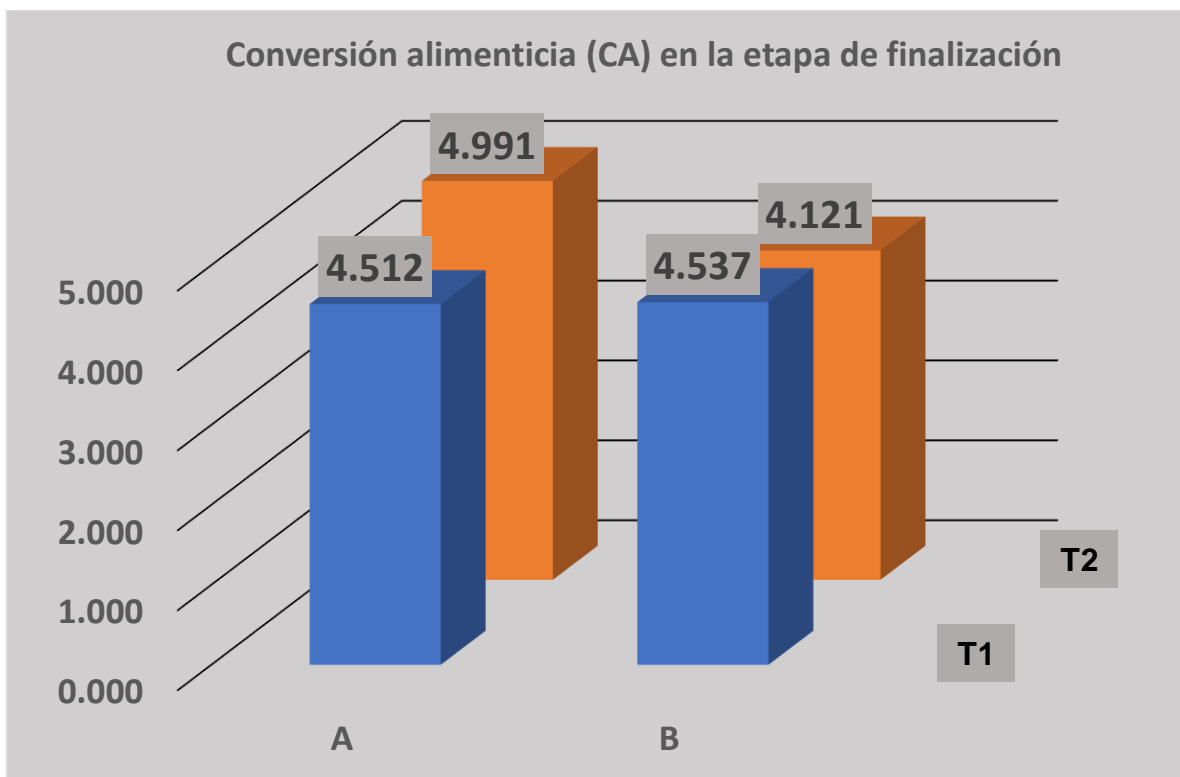
Cuadro 23. Consumo diario de alimento CDA en la etapa de finalización.

Tratamiento	Periodos			
	1		2	
	M	H	M	H
	Kg			
Experimental	3.243	3.453	4.220	4.044
Comercial	3.332	2.329	4.283	3.137
EE	0.298	0.365	0.298	0.365

*Experimental (T1), Comercial (T2); M (Macho), H (Hembra)

4.4.2.3 Conversión alimenticia en etapa de finalización

Con la finalidad de observar si había un efecto residual de la dieta comercial y experimental ofrecida durante la etapa de crecimiento, se evaluó la CA a los cerdos consumiendo el mismo alimento en la etapa de finalización, observando una media de 4.524 y 4.556, respectivamente (Gráfica 7), sin encontrar diferencia significativa ($P > 0.05$), estos valores mostraron ser más altos a la CA de 3.650, que reporta la FAO (2012).

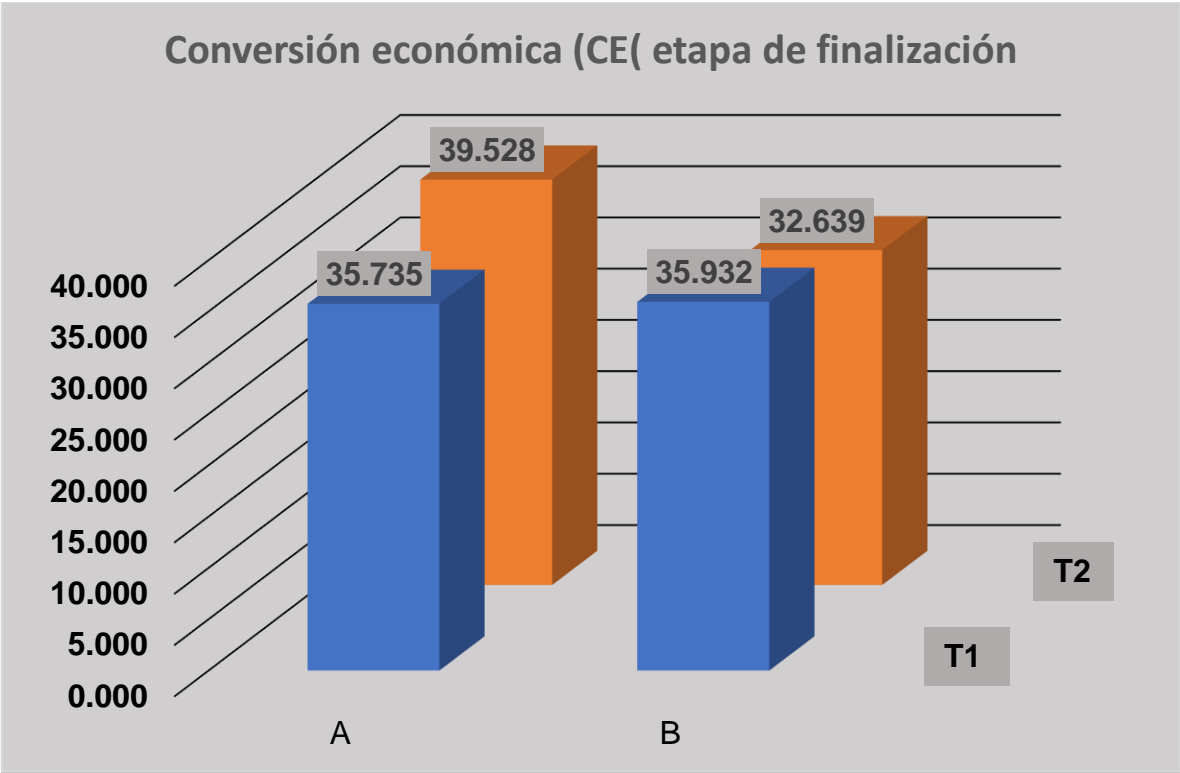


Gráfica 7. Conversión alimenticia evaluada en la etapa de finalización, Experimental (T1), Comercial (T2)

4.4.2.4 Conversión económica en etapa de finalización

Para la culminación del proyecto de campo se evaluó la conversión económica, con el propósito de analizar los costos durante toda etapa de producción, los datos de la prueba en el periodo de finalización muestran que no existen evidencia estadística

($P > 0.05$) para demostrar que un tratamiento pudiera tener mejor condiciones, sin embargo, se consolida el grupo de animales que consumió la dieta experimental con los costos de producción más bajo \$35.834 por día, por otro lado, el grupo que antecedió a la prueba con el pienso comercial promedio un costo de \$36.083 por día por unidad experimental.



Gráfica 8. Conversión económica evaluada en la etapa de finalización, Experimental (T1), Comercial (T2)

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En las condiciones en que se realizó el presente trabajo de investigación se determina que la harina de pez diablo como insumo en la alimentación animal, representa un producto adecuado y técnicamente eficiente ya que se obtuvo un rendimiento que oscila el 22% al 25% de harina por Kg de pez fresco, en el aporte de nutrientes presenta un alto porcentaje de PC, lo que convierte a la harina de pez diablo en una excelente opción como ingrediente proteico en la formulación de dietas para cerdos en crecimiento.

Se establece que la inclusión de la harina de pez diablo como insumo en la elaboración de un alimento balanceado es factible para su aprovechamiento, ya que, por medio de las evaluaciones relacionadas con la determinación de metales pesados, no representa un riesgo para los animales y por ende evita un seguimiento en la cadena trófica, esta situación obedece a que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites permisibles del Codex alimentarius.

La dieta utilizada en el experimento arrojó resultados positivos a un precio accesible capaz de generar mayor utilidad en contraste con la dieta comercial, para este trabajo el balance se llevó a cabo con base a los requerimientos de proteína avalados por NRC (2012).

Los resultados de este trabajo marcan la pauta a la potencial utilización de la harina de pez diablo como insumo de valiosa calidad nutricional en alimentos balanceados para cerdos.

Se recomienda continuar con el trabajo de propuestas de diferentes niveles inclusión de la harina de pez diablo en las dietas para cerdos en diferentes etapas fisiológicas, con el propósito de disminuir costos, sin afectar los parámetros productivos.

6. REFERENCIAS

- A. C. García Contreras, Y. G. (2012). Feeding Practices For Pigs. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 21 - 50.
- AAFCO. (1996). Association of American Feed Control Officials . Official publication.
- Agricultura, O. d. (2019). FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/>:
<https://www.fao.org/3/CA2910ES/ca2910es.pdf>
- Alarcón, C. G. (Enero de 2005). CIAP. Obtenido de [ciap.org.ar](http://www.ciap.org.ar):
<http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/14960672-Manual-de-Produccion-Cerdos.pdf>
- AOAC. (2000). Association of Official Analytical Chemist. *Official Methods Of Analysis*. USA.
- Ayala Pérez, V. R. (2015). *EL PEZ DIABLO EN MÉXICO*. Obtenido de simec.conanp.gob.mx:
<https://simec.conanp.gob.mx/Publicaciones2020/Publicaciones%20CONANP/Parte%202/Guias/2015%20Guia%20Pez%20diablo.pdf>
- Batán, J. M. (2001). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Obtenido de www.produccion-animal.com.ar: https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/11-metales_pesados.pdf
- Benítez Meza, G. G. (2015). Evaluación de parámetros productivos y económicos en la alimentación de porcinos en engorda. *Abanico veterinario*.
- Boulanger, A. (2011). *El Sitio Porcino*. Obtenido de www.produccion-animal.com.ar:
https://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/198-control_agua_y_consumo.pdf

- Campabadal, C. (2009). *MAG Gobierno de Costa Rica*. Obtenido de www.mag.go.cr: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L02-7847.PDF>
- Campagna, D. (26 de Noviembre de 2015). *Centro de información de actividades porcinas*. Obtenido de www.ciap.org.ar: [http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/2-Razas%20porcinas-CIAP%20\(1\).pdf](http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/2-Razas%20porcinas-CIAP%20(1).pdf)
- Campagna, D. (2016). *CIAP*. Obtenido de www.ciap.org.ar: <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Alimentacion%20Requerimientos%20Nutricionales%20y%20Aportes%20Alimenticios.pdf>
- Carranza, M. M. (21 de Septiembre de 2018). *El Colegio de la Frontera Sur*. Obtenido de www.ecosur.mx: <https://www.ecosur.mx/especies-invasoras-amenaza-y-oportunidades-de-investigacion-el-pezu-diablo/>
- Carrió, E. G. (25 de Marzo de 2014). *La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx>: http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/GN004_Ficha_Pez_Diablo.pdf
- Cerdos, A. M. (2015). *amvec*. Obtenido de www.amvec.com: <https://www.amvec.com/web/content/19359>
- Comecarne. (8 de Octubre de 2018). *La carne de cerdo en México*. *Equipo editorial comecarne*.
- COMECARNE. (2021). *Compendio estadístico 2021*. Obtenido de www.comecarne.org.
- DOF. (2009). *dof.gob.mx*. Obtenido de NORMA Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba.: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4295/salud2a/salud2a.htm>

DOF. (2016). *dof.gob.mx*. Obtenido de "ANÁLISIS DE AGUA-MEDICIÓN DE METALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS- MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-051-SCFI-2001)".: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5464459&fecha=07/12/2016

Economía, S. d. (2016). *dof.gob.mx*. Obtenido de "ANÁLISIS DE AGUA-MEDICIÓN DE METALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS- MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-051-SCFI-2001)".: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5464459&fecha=07/12/2016

FAO. (2012). *Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar*. Buenos aires, Argentina.

FEDNA. (2019). *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.

Fischer, A. (2021). Así es el pez diablo: la especie invasora que está acabando con los peces nativos de México. *National Geographic en Español* .

González, A. G. (13 de Julio de 2016). *El sitio porcino*. Obtenido de www.elsitioporcino.com: <https://www.elsitioporcino.com/articles/2735/situacion-de-la-porcicultura-mexicana-modernizacion/>

Guillermo Felipe Cortés Tinoco, J. S. (2012). Estudio del consumo de la carne de cerdo en la zona metropolitana del Valle de México. *Estudios sociales*.

Hees, H. V. (2012). Avances recientes en nutrición de cerdos en crecimiento: efectos nutricionales y funcionales de ingredientes alimenticios y nutrientes. *FEDNA*.

- IFFO. (2017). *Beneficios del uso de los ingredientes marinos*. Obtenido de <https://www.iffonet.net/>: <https://www.iffonet.net/es/beneficios-del-uso-de-los-ingredientes-marinos>
- INTA. (27 de Junio de 2013). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Obtenido de inta.gob.ar: <https://inta.gob.ar/noticias/inauguracion-de-laboratorio-de-suelos-agua-y-forrajes>
- Irma Tejada de Hernández, J. M. (1980). Analisis bromatologico de alimentos empleados como ingredientes en nutricion animal. *Técnica pecuaria en México*, 31 - 67.
- J.M.S. Chiquieri, R. T. (2006). Probiótico y prebiótico en la alimentación de cerdos. *Archivos de Zootecnia*, 305 - 308.
- Juan Río Pérez, M. L. (2005). Nutrición y patología digestiva del lechón y del cerdo en crecimiento-cebo. *Cuenca Rural*.
- M. Castro, M. M. (2015). La alimentación porcina con productos no tradicionales: cincuenta años. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 189 - 196.
- Machorro, J. C. (12 de Marzo de 2019). *miambiente*. Obtenido de www.miambiente.com.mx: <https://www.miambiente.com.mx/sustentabilidad1/industria-porcicultura-genera-1-2-millones-de-empleos-indirectos-en-mexico/>
- Martínez, R. W. (2014). Intercomparación de resultados de digestibilidad in vitro obtenidos por diferentes técnicas. *Revista Argentina de Producción Animal*, 379.
- Miguel ángel Díez Carreño, P. m. (2007). El mercado de la carne de cerdo en canal en México. *Revista análisis económico*, 273-287.

- Cervantes, W. S. (2009). Manipulación Nutricional del Cerdo para Disminuir la Contaminación Ambiental. *Revista computarizada de producción porcina*.
- Montaña, J. R. (2009). Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea (UE). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 305 - 310.
- NRC. (1998). National Research Council. *Nutrient Requirements of swine*. Washington D.C., USA: Natinal Academy Press.
- OCDE. (2019). Exámenes de mercado en México. Estudio de caso del mercado de la carne de cerdp. Obtenido de <https://www.oecd.org/daf/competition/market-examinations-mexico-pork-meat-market-web-esp.pdf>
- Paulino, J. A. (12 de Febrero de 2016). *El sitio porcino*. Obtenido de www.elsitioporcino.com:
<https://www.elsitioporcino.com/articles/2684/nutrician-de-los-cerdos-en-crecimiento-y-finalizacian-2-a-energaa-y-aminoacidos/>
- Paulino, J. A. (10 de Febrero de 2016). *El Sitio Porcino*. Obtenido de www.elsitioporcino.com:
<https://www.elsitioporcino.com/articles/2683/nutrician-de-los-cerdos-en-crecimiento-y-finalizacian-1-introduccian/>
- Pérez, L. A. (2015). *simec.conanp*. Obtenido de simec.conanp.gob.mx:
<https://simec.conanp.gob.mx/Publicaciones2020/Publicaciones%20CONANP/Parte%202/Guias/2015%20Guia%20Pez%20diablo.pdf>
- Puebla, D. S. (17 de Abril de 2018). *Gobierno de México*. Obtenido de www.gob.mx: <https://www.gob.mx/agricultura/puebla/articulos/puebla-en-3er-lugar-a-nivel-nacional-en-la-produccion-de-carne-de-porcino?idiom=es>
- Puebla, S. (17 de Abril de 2018). *Delegación SADER Puebla*. Obtenido de www.gob.mx: <https://www.gob.mx/agricultura/puebla/articulos/puebla-en-3er-lugar-a-nivel-nacional-en-la-produccion-de-carne-de-porcino?idiom=es>

- Rocha, N. G. (15 de Enero de 2019). *UMSS*. Obtenido de <http://ddigital.umss.edu.bo/>: <http://hdl.handle.net/123456789/13143>
- Rubio, J. (Julio de 19 de 2019). *México social*. Obtenido de <https://www.mexicosocial.org/>: <https://www.mexicosocial.org/tres-de-cada-10-mexicanos-no-tienen-acceso-a-alimentos-seguros-y-nutritivos-onu/>
- Rural, S. d. (28 de Noviembre de 2020). *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Obtenido de www.gob.mx: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-cerdo-base-culinaria-en-mexico>
- S. Boisen, J. F. (1997). Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by in vitro analyses. *Animal Feed Science Technology*, 277-286.
- SAGARPA. (2004). *Manual de Buenas Prácticas*. Obtenido de <https://www.amvec.com/>: <https://www.amvec.com/web/content/19243>
- Salud, S. d. (2009). *dof.gob.mx*. Obtenido de NORMA Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba.: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4295/salud2a/salud2a.htm>
- Savón, L. (2002). Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 91 - 102.
- SIAP. (27 de Mayo de 2021). *Gobierno de México*. Obtenido de www.gob.mx: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>
- Urquía-Fernández, N. (2014). Food security in Mexico. *Salud Pública de México*.
- Yagüe, A. P. (2015). Necesidades nutricionales para cerdos de engorde. *Revista Complutense de Madrid*, 44-50.

7. ANEXOS

7.1 Consumo diario de alimento medido en el periodo de adaptación en la etapa de crecimiento.

Día	B1 Experimental					B2 Comercial				
	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10
28-ago	Inicio					Inicio				
29-ago	1.235	1.310	0.995	1.435	1.380	0.945	1.225	1.200	0.870	1.375
30-ago	1.895	1.570	0.895	1.435	1.340	1.640	1.550	1.890	0.765	1.375
31-ago	1.725	1.600	1.185	1.435	1.445	1.735	1.460	1.695	1.010	1.375
01-sep	1.720	1.920	1.105	1.435	1.650	1.850	0.875	1.575	0.855	1.375
02-sep	1.785	1.565	1.550	1.435	1.785	2.000	1.830	1.560	1.265	1.375
03-sep	2.000	1.950	1.460	1.435	1.900	2.000	1.800	1.500	1.300	1.375
04-sep	2.000	1.850	1.530	1.435	1.595	2.000	1.490	1.435	1.085	1.375
05-sep	2.000	1.930	1.730	1.435	1.915	2.000	2.000	1.640	1.730	1.375
06-sep	2.000	1.880	1.470	1.435	1.845	2.000	1.790	1.300	1.310	1.375

7.2 Consumo diario de alimento medido en el primer periodo de evaluación en la etapa de crecimiento.

Día	B1 Experimental					B2 Comercial				
	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10
07-sep	2.000	1.850	1.470	1.435	1.900	2.300	1.850	2.000	1.800	1.375
08-sep	2.135	1.850	2.000	1.435	2.000	2.300	1.850	2.000	1.750	1.375
09-sep	1.625	1.870	2.000	1.340	2.000	2.000	1.600	1.950	2.000	1.300
10-sep	2.315	2.350	2.500	2.000	2.500	2.500	1.890	2.000	2.420	1.800
11-sep	2.500	2.500	2.500	2.140	2.500	2.500	2.475	2.500	2.420	2.105
12-sep	2.500	2.350	2.500	1.605	2.400	2.500	1.585	1.625	1.970	1.570
13-sep	2.500	2.170	2.375	1.345	2.230	2.500	1.525	1.775	2.105	1.340
14-sep	2.400	2.320	2.400	1.815	2.400	2.500	1.815	1.860	1.455	1.625
15-sep	2.300	2.260	2.375	1.870	2.500	2.450	1.775	1.910	1.680	1.195
16-sep	2.045	2.390	2.295	1.900	2.450	2.500	1.630	2.000	1.700	1.425
17-sep	1.565	2.270	2.235	1.870	2.140	2.500	1.160	1.935	1.725	1.255
18-sep	2.000	2.500	2.500	2.000	2.410	2.500	2.000	2.000	2.000	1.700
19-sep	2.500	2.500	2.500	2.000	2.230	2.500	1.880	2.000	2.000	1.570
20-sep	2.265	2.420	2.315	1.720	1.490	2.500	1.115	2.500	1.760	1.230
21-sep	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.000	2.500	2.500	1.850

7.3 Consumo diario de alimento medido en el segundo periodo de evaluación en la etapa de crecimiento.

Día	B1 Experimental					B2 Comercial				
	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10
22-sep	2.800	2.800	2.800	2.230	2.030	2.800	2.000	2.800	1.625	1.435
23-sep	3.000	3.000	2.500	2.240	2.305	3.000	1.900	3.000	1.860	1.870
24-sep	3.000	3.000	3.000	2.500	2.500	3.000	2.500	3.000	2.000	2.000
25-sep	3.000	3.000	3.000	2.785	2.790	3.000	2.500	3.000	2.400	1.900
26-sep	2.975	3.000	2.725	2.175	2.330	3.000	1.920	3.000	1.750	1.710
27-sep	2.990	2.930	2.910	1.870	2.220	3.000	2.000	3.000	1.590	1.700
28-sep	3.500	3.000	3.500	2.500	3.500	4.000	2.475	4.000	1.930	2.000
29-sep	3.575	2.425	3.580	2.480	2.390	4.000	2.180	3.860	1.770	1.950
30-sep	3.000	2.820	3.425	2.500	2.430	3.000	2.020	3.000	1.715	1.845
01-oct	2.890	2.630	2.920	2.435	2.170	3.000	1.830	2.670	1.830	1.625
02-oct	3.000	3.000	3.000	2.500	2.200	3.000	2.500	3.000	2.050	2.000
03-oct	3.100	3.100	3.000	2.500	2.500	3.200	2.500	3.200	2.000	2.000
04-oct	2.970	2.385	2.725	2.440	1.985	3.100	2.210	2.760	1.620	1.735
05-oct	3.040	3.115	2.850	2.960	2.125	3.200	2.500	3.020	1.840	1.815
06-oct	3.065	2.920	2.880	2.880	2.140	3.115	2.800	3.105	2.370	1.395

7.4 Consumo diario de alimento medido en el tercer periodo de evaluación en la etapa de crecimiento.

Día	B1 Experimental					B2 Comercial				
	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10
07-oct	3.110	3.080	2.925	2.835	2.160	3.110	2.875	3.085	2.330	1.420
08-oct	3.105	3.085	2.865	2.935	2.360	3.105	2.750	3.120	2.320	1.805
09-oct	3.165	3.405	3.105	2.820	2.800	3.395	2.830	3.360	2.310	1.865
10-oct	3.220	3.215	3.105	2.895	2.695	3.500	2.810	3.140	2.350	2.000
11-oct	3.165	2.925	3.110	2.140	2.290	3.205	2.130	2.965	2.320	1.705
12-oct	3.165	2.960	2.770	2.665	2.600	3.140	2.595	2.975	2.285	1.715
13-oct	3.165	2.950	3.115	2.660	2.615	3.095	2.360	2.695	2.320	1.535
14-oct	3.165	2.995	3.135	2.540	2.625	3.140	2.585	2.780	2.340	1.635
15-oct	3.165	2.940	3.100	2.465	2.710	3.100	2.460	2.865	2.415	1.725
16-oct	3.165	3.175	3.165	2.600	2.725	4.560	2.800	3.000	2.500	2.000
17-oct	3.165	3.155	3.120	2.600	2.800	3.500	2.675	3.200	2.500	2.035
18-oct	3.000	3.110	3.090	2.700	2.680	3.500	2.345	3.200	2.400	1.840
19-oct	3.165	3.200	3.200	2.800	2.800	3.500	2.800	3.200	2.500	2.000
20-oct	3.165	2.865	3.130	2.700	2.740	3.345	2.650	3.200	2.415	1.805
21-oct	3.060	4.060	3.705	2.650	2.910	4.400	2.635	3.815	2.715	2.100

7.5 Consumo diario de alimento medido en el primer periodo de evaluación en la etapa de finalización.

Día	B1 Experimental					B2 Comercial				
	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10
22-oct	3.165	2.520	3.330	2.545	3.390	3.500	2.410	3.330	2.830	1.675
23-oct	3.120	3.000	3.500	3.000	3.500	3.800	2.955	3.500	2.750	1.660
24-oct	3.285	3.080	3.500	3.000	3.500	3.800	3.000	3.280	2.520	2.000
25-oct	3.200	3.175	3.460	2.870	3.420	3.565	2.990	3.365	2.810	1.620
26-oct	3.325	2.765	3.437	2.625	2.990	3.245	2.885	3.390	2.850	1.500
27-oct	3.325	2.280	3.435	2.770	2.930	3.280	2.690	2.980	2.550	1.400
28-oct	3.325	2.770	3.450	2.850	2.910	3.450	2.225	3.125	2.700	1.920
29-oct	3.325	3.000	3.500	3.000	3.000	3.300	2.700	3.500	3.000	1.615
30-oct	3.325	3.000	3.500	2.700	3.000	3.300	2.570	3.500	2.750	1.450
31-oct	3.325	3.000	3.500	3.000	3.200	3.300	2.700	3.500	3.000	2.000
01-nov	3.325	3.200	3.500	2.810	3.200	3.300	2.770	3.500	3.000	1.775
02-nov	3.325	3.500	4.000	3.000	3.400	4.000	3.000	3.800	3.000	1.865
03-nov	3.000	3.500	4.000	4.000	3.500	4.000	3.000	3.800	3.000	2.000
04-nov	3.200	3.800	4.200	3.500	3.600	4.200	3.500	3.900	3.500	1.900
05-nov	3.500	4.000	4.055	3.500	3.685	4.335	3.500	4.200	3.500	1.725

7.6 Consumo diario de alimento medido en el segundo periodo de evaluación en la etapa de finalización.

Día	B1 Experimental					B2 Comercial				
	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10
06-nov	3.800	4.500	5.000	3.500	4.000	3.000	3.800	4.500	3.800	2.100
07-nov	3.700	4.500	4.850	3.500	4.335	3.200	3.800	4.500	4.000	2.200
08-nov	3.700	4.095	4.255	3.710	2.930	3.290	3.400	4.105	3.550	2.235
09-nov	3.800	3.555	4.550	3.845	3.845	4.000	3.580	4.500	3.870	1.980
10-nov	3.800	4.000	4.800	4.000	4.000	4.200	3.800	4.500	4.000	2.300
11-nov	3.800	4.000	4.665	4.000	4.500	4.200	3.700	4.500	4.200	2.300
12-nov	3.800	4.200	4.800	4.000	4.350	4.200	3.400	4.500	4.200	2.300
13-nov	4.000	4.200	5.000	4.000	4.500	4.500	3.800	4.500	4.200	2.300
14-nov	4.100	4.200	5.100	4.200	5.000	5.500	4.800	5.400	4.900	2.800
15-nov	3.620	4.100	4.700	3.535	4.250	4.500	4.000	4.600	3.760	2.500
16-nov	3.620	3.360	4.355	3.525	4.010	5.000	3.900	4.225	3.550	2.445
17-nov	4.360	4.920	5.430	3.855	4.940	5.500	4.620	4.770	4.445	2.800
18-nov	4.230	4.580	5.400	3.990	5.100	5.680	4.850	4.625	3.660	2.690
19-nov	3.880	3.560	2.380	4.100	3.700	4.270	4.000	4.155	3.050	1.700

7.7 Parámetros productivos de la dieta experimental en los tres periodos de la etapa de crecimiento.

Tratamientos	Periodos	Sexo	Peso	GDP	CDA	CA	CE
1	1	5	43.000	0.567	2.210	3.900	27.26
1	1	5	36.800	0.647	2.273	3.515	24.57
1	1	5	32.500	0.680	2.298	3.379	23.62
1	1	6	31.200	0.573	1.798	3.137	21.92
1	1	6	37.500	0.560	2.243	4.006	28.00
1	2	5	51.500	1.027	3.060	2.981	20.83
1	2	5	46.500	1.033	2.875	2.782	19.45
1	2	5	42.700	1.040	2.988	2.873	20.08
1	2	6	39.800	0.753	2.466	3.274	22.88
1	2	6	45.900	0.807	2.374	2.943	20.57
1	3	5	66.900	1.120	2.888	2.579	18.02
1	3	5	62.000	1.067	3.141	2.945	20.58
1	3	5	58.300	1.100	3.109	2.827	19.76
1	3	6	51.100	0.853	2.667	3.125	21.84
1	3	6	58.000	0.907	2.634	2.905	20.31

7.8 Parámetros productivos de la dieta comercial en los tres periodos de la etapa de crecimiento.

Tratamientos	Periodos	Sexo	Peso	GDP	CDA	CA	CE
2	1	5	41.600	0.587	2.437	4.153	38.13
2	1	5	38.200	0.587	1.743	2.972	27.28
2	1	5	34.900	0.660	2.037	3.086	28.33
2	1	6	33.300	0.587	1.952	3.328	30.55
2	1	6	32.700	0.367	1.514	4.130	37.91
2	2	5	50.400	1.093	3.161	2.891	26.54
2	2	5	47.000	1.260	2.256	1.790	16.43
2	2	5	44.800	0.999	3.094	3.097	28.43
2	2	6	42.100	1.000	1.890	1.890	17.35
2	2	6	38.200	0.607	1.799	2.965	27.22
2	3	5	66.800	1.133	3.440	3.035	27.86
2	3	5	65.900	1.153	2.620	2.272	20.85
2	3	5	53.600	0.787	3.107	3.949	36.25
2	3	6	57.100	0.940	2.401	2.555	23.45
2	3	6	47.300	0.580	1.812	3.125	28.68

7.9 Parámetros productivos de la dieta experimental en los tres periodos de la etapa de finalización.

Tratamientos	Periodos	Sexo	Peso	GDP	CDA	CA	CE
1	1	5	83.700	0.647	3.000	4.639	36.742
1	1	5	78.000	0.667	3.106	4.659	36.899
1	1	5	74.800	0.833	3.624	4.349	34.447
1	1	6	63.900	0.833	3.624	4.349	34.447
1	1	6	71.600	0.713	3.282	4.600	36.436
1	2	5	93.400	0.900	3.872	4.302	34.075
1	2	5	88.000	0.813	4.126	5.073	40.182
1	2	5	87.300	0.833	4.663	5.596	44.319
1	2	6	70.900	0.947	3.840	4.056	32.126
1	2	6	82.300	1.033	4.247	4.110	32.552

7.10 Parámetros productivos de la dieta comercial en los tres periodos de la etapa de finalización.

Tratamientos	Periodos	Sexo	Peso	GDP	CDA	CA	CE
2	1	5	83.800	0.640	3.625	5.664	44.859
2	1	5	71.200	0.827	2.860	3.459	27.397
2	1	5	83.200	0.740	3.511	4.745	37.581
2	1	6	65.400	0.593	2.917	4.917	38.941
2	1	6	56.000	0.300	1.740	5.801	45.945
2	2	5	93.400	0.780	4.360	5.590	44.271
2	2	5	83.600	0.860	3.961	4.605	36.475
2	2	5	94.300	1.307	4.527	3.465	27.440
2	2	6	74.300	1.067	3.942	3.695	29.268
2	2	6	60.500	0.633	2.332	3.682	29.164

7.11 Análisis estadístico de parámetros productivos en los dos periodos de la etapa de crecimiento.

Prueba de muestras independientes					
Prueba T para la igualdad de medias					
Variables		F	Sig.	t	gl
Peso	Se han asumido varianzas iguales	.015	.903	.165	28
	No se han asumido varianzas iguales			.165	28.000
GDP	Se han asumido varianzas iguales	2.772	.107	.295	28
	No se han asumido varianzas iguales			.295	26.132
CDA	Se han asumido varianzas iguales	2.863	.102	1.287	28
	No se han asumido varianzas iguales			1.287	24.523
CA	Se han asumido varianzas iguales	2.239	.146	.560	28
	No se han asumido varianzas iguales			.560	21.404
CE	Se han asumido varianzas iguales	4.369	.046	-3.181	28
	No se han asumido varianzas iguales			-3.181	18.521

7.12 Análisis estadístico de parámetros productivos en los dos periodos de la etapa de finalización.

Prueba de muestras independientes					
Prueba T para la igualdad de medias					
Variables		F	Sig.	t	gl
Peso	Se han asumido varianzas iguales	2.092	.165	.553	18
	No se han asumido varianzas iguales			.553	15.997
GDP	Se han asumido varianzas iguales	2.739	.115	.498	18
	No se han asumido varianzas iguales			.498	12.411
CDA	Se han asumido varianzas iguales	3.436	.080	1.096	18
	No se han asumido varianzas iguales			1.096	14.480
CA	Se han asumido varianzas iguales	7.315	.015	.033	18
	No se han asumido varianzas iguales			.033	13.209
CE	Se han asumido varianzas iguales	7.317	.014	.034	18
	No se han asumido varianzas iguales			.034	13.208

7.13 Análisis estadístico de dos métodos de deshidratación

Prueba de muestras independientes					
Prueba T para la igualdad de medias					
Variable		F	Sig.	t	gl
Porcentaje de PC	Se han asumido varianzas iguales	15.928	.003	5.845	10
	No se han asumido varianzas iguales			5.845	5.921

7.14 Análisis de la varianza de proteína cruda por época del año.

Variable dependiente: Porcentaje de Proteína Cruda

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Época del año	225.523	3	75.174	29.487	.000
Error	50.988	20	2.549		
Total	95471.369	24			

7.15 Elaboración de harina de pez diablo

7.15.1 Colecta de pez diablo.



7.15.2 Deshidratado en equipo experimental.



7.15.3 Molienda.



7.15.4 Pesado y envasado.



7.16 Determinaciones de laboratorio

7.16.1 Materia seca



7.16.2 Proteína cruda



7.16.3 Extracto etéreo



7.16.4 Fibra cruda



7.17 Trabajo de campo

7.17.1 Adecuación del área experimental



7.17.2 Bloqueo de unidades experimentales



7.17.3 Identificación de unidades experimentales



7.17.4 Toma de datos de parámetros para medir



7.17.5 Elaboración de alimento experimental



7.17.6 Pesado de unidades experimentales

