



SEP
SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN
PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

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

**EVALUACIÓN DE CONTENIDO RUMINAL Y ENZIMAS
FIBROLÍTICAS EXÓGENAS EN DIETAS PARA PORCINOS EN LAS
ETAPAS DE DESARROLLO Y FINALIZACIÓN**

TESIS

QUE PRESENTA

M.V.Z. ISIS DINORAH CHÁVEZ ALMEIDA

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

ALTAMIRA, TAM., MÉXICO

JULIO, 2019





SEP
SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN
PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ALTAMIRA**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**EVALUACIÓN DE CONTENIDO RUMINAL Y ENZIMAS
FIBROLÍTICAS EXÓGENAS EN DIETAS PARA PORCINOS EN LAS
ETAPAS DE DESARROLLO Y FINALIZACIÓN**

TESIS

QUE PRESENTA:

M.VZ. ISIS DINORAH CHÁVEZ ALMEIDA

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

ALTAMIRA, TAM., MÉXICO.

JULIO, 2019



Altamira, Tamaulipas, Julio 2019

La presente Tesis titulada **“EVALUACIÓN DE CONTENIDO RUMINAL Y ENZIMAS FIBROLÍTICAS EXÓGENAS EN DIETAS PARA PORCINOS EN LAS ETAPAS DE DESARROLLO Y FINALIZACIÓN”**, fue realizada por C. M.V.Z. **Isis Dinorah Chávez Almeida**, bajo la dirección del Comité Particular indicado, y ha sido aprobada y aceptada por el mismo, como requisito parcial para que la sustentante obtenga el grado de:

MAESTRÍA PROFESIONALIZANTE EN PRODUCCIÓN PECUARIA TROPICAL

COMITÉ DE TESIS

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

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

M.P.A. Carlos Eduardo Wild Santamaría
Asesor

D.C.A. Ricardo Velasco Carrillo
Asesor



DEDICATORIA

A DIOS, es grande el amor que te tengo señor y la confianza que deposite en tí, durante todo este tiempo. Tú, el único testigo de todas las necesidades, los grandes obstáculos de salud y esfuerzo físico en esta etapa de mi vida, fue sorprendente la forma en como tocaste cada situación, cada obstáculo siempre fue superado con tu ayuda y misericordia, iluminando cada aspecto papá y gracias a todo esto me siento más fuerte, mas capaz. Te amo, sin tu amor y cuidados sería imposible, gracias por jamás soltarme de TU mano, EN MI VIDA LO ERES TODO.

A mi PADRE, Alejandro de Jesús Chávez Acevedo, a tí papa, eres mi mentor en el estudio y la investigación, admiro la energía y esmero que te caracteriza de seguir actualizándote en la Medicina Veterinaria y Zootecnia, un fiel apasionado a la docencia y con un amor aguerrido a tu Profesión, siempre leyendo a altas horas de la noche, para tí no es un trabajo, es placer. Eres ejemplo para tu familia, para el Instituto (ITA), para tus alumnos, amigos y muchas personas que reconocen tus fortalezas y energía, inagotable, eres ejemplo de compromiso, respeto, calidad, sabiduría, dedicación, esfuerzo, liderazgo y formación permanente. Eres inspiración.



*A mí **MADRE** Irma Leticia Almeida Lazalde, a tí mamá, enseñándome todas las facetas que puede tener una mujer exitosa, siendo pequeña, vi en tí un ejemplo de profesionista, ama de casa, mujer empoderada y un ser con un gran corazón, siempre atenta a todo lo que acontecía en el hogar, una mujer trabajadora, forjada con una gran disciplina, admiro tu perseverancia y entereza, me has demostrado como luchar siempre por lo que me pertenece, gracias a tí soy fuerte, eres valiente e inigualable. TE AMO.*

SIEMPRE JUNTOS, PADRES** valoro los sueños que sacrificaron por estar siempre a mi lado, ofreciendo siempre lo mejor, preocupados por mi bienestar. Les agradezco que van siempre tomados de la mano, fue trascendental en mi formación. Ser padre o madre es un gran desafío, y por eso tienen mi gran admiración, espero retribuir a tantos sacrificios en un futuro. Este escrito es una forma de materializar sus cuidados y esfuerzos, esta investigación es por ustedes y para ustedes, **SON MI MOTOR.

*A mí **ANGEL**, mi hermanito Alejandro de Jesús Chávez Almeida (+), pequeño mío, gracias por siempre cuidarme, desde el cielo siento tu presencia, me has hecho mucha falta, eres bondad, un regalo de Dios. Así como a mí **HERMANA** Jessica Alejandra Chávez Almeida y mi **SOBRINO**, el niño Eldher Alejandro Frías Chávez. La familia es la brújula que nos guía. Es reconfortante tenerlos a mi lado.*

LOS AMO INFINITAMENTE FAMILIA... ¡GRACIAS!

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Directora de Tesis, Dra. Elvia Romero Treviño por su valiosa asesoría, las aportaciones trascendentes en el proyecto de Investigación, tiempo y el apoyo incondicional brindado durante este largo camino. ¡GRACIAS!

Se agradece al M.C.P.A.T. José Luis Horak Loya por su apreciable asesoría, su participación en la construcción del área experimental y el interés que siempre demostró durante la realización de esta Investigación. ¡GRACIAS!

Se agradece a Dr. Sc. Agr. Hugo Bernal Barragán catedrático e investigador de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL) por su inestimable asesoría en la elaboración de la investigación y disponibilidad de tiempo. GRACIAS.

Agradezco infinitamente a M.V.Z. Alejandro de Jesús Chávez Acevedo por las aportaciones y el apoyo incondicional otorgado en las diferentes actividades realizadas durante el proyecto de investigación. GRACIAS.

Se agradece infinitamente al Productor y Gerente General único del Parque Ecológico y Recreativo “El Solito”, Ing. Jorge Romero González por la apertura y el cumplimiento de cada necesidad del proyecto, por el financiamiento, la construcción del área experimental y la confianza en la investigación. ¡GRACIAS!

Saúl Rafael González Barrón por la dedicación, pericia, interés y apoyo en la fase experimental.

A mis compañeros Mario Alfredo Méndez García, Francisco Javier Méndez Anguiano, María Guadalupe Morales Barbosa, Lorena Pérez Jasso, Luis Antonio Antonio, Mario Puga Meraz, y Francisco Javier Juárez Sandoval por el apoyo incondicional, fue un trabajo muy amplio y ustedes fueron testigos y colaboradores, además de brindarme su amistad.

Ing. Pedro Estrada y Familia por la colaboración y dinamismo que tuvieron, así como la accesibilidad a la propiedad de su granja porcina.

Sra. Margarita Hernández Álvarez, Sr. Álvaro González Martínez y familia por la confianza y apoyo para la estancia realizada en Tampico, Alto, Veracruz, así como a

los habitantes del Km. 100, los llevo en mi corazón, gracias por todas las atenciones y consideraciones.

Ing. Jesús Alberto Gorosave Torres, por la ayuda, disposición de tiempo y atenciones siempre brindadas de corazón. Gracias.

Al equipo de trabajo del Rastro Municipal de Tampico Alto Ver. y al Rastro Municipal de Tampico Tamaulipas, por la disposición y las atenciones durante la recolección.

A las empresas TRYADD, S.A DE C.V y AB Vista, Inc., de México por la donación del material enzimático e información aportada, agradeciendo profundamente el apoyo e interés en la investigación.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL) y la colaboración de los investigadores y catedráticos Dr. Sc. Agr. Hugo Bernal Barragán y Dr. Cs. Humberto Rodríguez Fuentes por las atenciones y asesoramiento otorgado durante la realización de la estancia en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de alimentos así como una estancia en las Instalaciones del Laboratorio de Suelos en la Unidad Académica de Marín, FAUANL y un agradecimiento especial por la colaboración y asesoramiento para realizar los análisis químicos de las muestras a los respectivos responsables de los laboratorios, el Ing. Fernando Cabrieles Luna y a la M.C. Nydia Corina Vásquez Aguilar.

Al Programa Nacional de Becas de Educación Superior (PRONABES) y al Comité de Becas respectivo por ser aceptada en el Programa de Movilidad Nacional en las convocatorias realizadas en el periodo 2012 -2014.

Agradezco infinitamente al Instituto Tecnológico de Altamira por ser mi segunda *Alma mater*, así como a los Catedráticos de la Generación 2012 - 2014 que integran a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, por la contribución y actualización de conocimiento, experiencia educativa, formación en el área de investigación, por compartir su experiencia y ser un eslabón más en mi formación.

En memoria de mi querido amigo Luis Alberto Martínez Avilés († 2017), gracias por tu apoyo. No es un adiós amigo, es un hasta luego.

Hoy se materializan los esfuerzos, a todos ustedes...GRACIAS.

RESUMEN BIOGRÁFICO

Nombre

M.V.Z. Isis Dinorah Chávez Almeida

Candidata a Maestría en Producción Pecuaria Tropical

Título de la Tesis

“Evaluación de contenido ruminal y enzimas fibrolíticas exógenas en dietas para porcinos en las etapas de desarrollo y finalización”

Línea de trabajo

Caracterización, Evaluación y Aprovechamiento de los Recursos Alimentarios Convencionales y No Convencionales para la Producción Animal

Lugar y fecha de Nacimiento

Cd. Madero Tamaulipas, México.

31 de Julio de 1985

Estudios

Técnico Agropecuario, egresada del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N° 12 (CBTa.12), Tampico, Tamaulipas, México, primer lugar de la generación con un promedio general de 9.21

Médico Veterinario Zootecnista, egresada de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, Tamaulipas, México, tercer lugar de la generación con un promedio general de 9.01.



ABREVIATURAS

CR	Contenido ruminal
ED	Energía digestible
EM	Energía metabolizable
EN	Energía neta
G	Gramos
h	Hora (s)
Ha	Hectárea (s)
HP	Horsepower, caballo de potencia
Kg	Kilogramos
L	Litros
Mcal	Megacalorías
Min	Minutos
Mg	Miligramos
mg/dl	Miligramos por decilitro
ml	Mililitros
Mm	Milímetros
N	Normalidad
PSI	Libra por pulgada cuadrada
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
T	Tonelada métrica
TMAC	Tasa de crecimiento promedio anual del producto
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
°C	Grados Celsius
µg	Microgramos
µm	Micra, micrón o micrones
\$	Peso Mexicano



ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	3
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 La importancia de la producción porcina en México	5
2.1.1 Principales estados productores de carne de cerdo	10
2.1.2 Alimentación <i>per cápita</i>	11
2.1.3 La problemática de la alimentación en cerdos	15
2.2 Nutrición y alimentación en cerdos	16
2.2.1 Importancia de la nutrición y alimentación	17
2.2.2 Requerimientos nutricionales	19
2.2.3 Sistemas de alimentación	22
2.2.4 Consumo de alimento por etapa fisiológica	24
2.2.5 Alimentación de los cerdos en la etapa de desarrollo y finalización	26
2.3 Recursos alternativos no convencionales en la Nutrición animal	27
2.3.1 Importancia del uso de los recursos no convencionales en la alimentación animal	30
2.3.2 Contenido ruminal de animales sacrificados en los rastros	31
2.3.3 Contenido ruminal como recurso alimenticio	34
2.4 Microbiología de los alimentos	38
2.4.1 Microorganismos indicadores de la calidad sanitaria	41
2.4.2 Mesófilos aerobios	42



SEP

SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN
PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

2.4.3	Organismos coliformes	43
2.4.4	Mohos y levaduras	44
2.5	Enzimas exógenas	45
2.5.1	Origen de las enzimas fibrolíticas exógenas	46
2.5.2	Usos y utilidad de las enzimas fibrolíticas exógenas en la alimentación	47
2.5.3	Uso de la enzima xilanasa en dietas porcinas	49
3.	MATERIAL Y MÉTODOS	52
3.1	Localización del experimento	52
3.2	Colección y manejo del contenido ruminal	53
3.2.1	Contenido ruminal para el análisis microbiológico	53
3.2.2	Contenido ruminal para la elaboración de dietas experimentales	54
3.3	Análisis del contenido ruminal y alimento experimental	54
3.3.1	Análisis microbiológico del contenido ruminal	54
3.3.2	Análisis bromatológico del contenido ruminal y dietas experimentales	55
3.4	Reacondicionamiento del área y equipo para el experimento de campo	57
3.4.1	Delimitación del área experimental	57
3.4.2	Elaboración de comederos	58
3.5	Dietas experimentales	59
3.5.1	Aporte nutricional estimado de las dietas experimentales	60
3.6	Unidades experimentales	60
3.7	Tratamientos	62
3.8	Trabajo experimental y variables a evaluar	63
3.9	Diseño experimental y análisis estadístico	64
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1	Análisis microbiológico del contenido ruminal	65
4.2	Análisis bromatológico	65
4.2.1	Contenido ruminal	65
4.2.2	Alimento experimental y comercial	67



SEP

SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN
PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

4.3	Análisis de variables	68
4.3.1	Etapa de desarrollo	68
4.3.1.1	Peso de los animales	68
4.3.1.2	Ganancia diaria de peso	70
4.3.1.3	Consumo diario de alimento	71
4.3.1.4	Conversión alimenticia	72
4.3.1.5	Conversión económica	73
4.3.2	Etapa de finalización	74
4.3.2.1	Peso de los animales	74
4.3.2.2	Ganancia diaria de peso	75
4.3.2.3	Consumo diario de alimento	76
4.3.2.4	Conversión alimenticia	77
4.3.2.5	Conversión económica	78
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
6.	LITERATURA CITADA	82
7.	ANEXOS	101
7.1	Peso vivo (kg) en la etapa de desarrollo	101
7.2	Peso vivo (kg) en la etapa de finalización	102
7.3	Ganancia diaria de peso (kg) calculada en la etapa de desarrollo	103
7.4	Ganancia diaria de peso (kg) calculada en la etapa de finalización	104
7.5	Consumo diario de alimento (kg) en la etapa de desarrollo	105
7.6	Consumo diario de alimento (kg) en la etapa de finalización	106
7.7	Conversión alimenticia (kg) calculada en la etapa de desarrollo	107
7.8	Conversión alimenticia (kg) calculada en la etapa de finalización	108
7.9	Conversión económica (\$/kg) calculada en la etapa de desarrollo	109
7.10	Conversión económica (\$/kg) calculada en la etapa de finalización	110
7.11	Análisis de la varianza de peso vivo para la etapa de desarrollo	111
7.12	Análisis de la varianza de ganancia diaria de peso para la etapa de desarrollo	111
7.13	Análisis de la varianza de consumo diario de alimento para la etapa de desarrollo	111



de desarrollo

7.14	Análisis de la varianza de conversión alimenticia para la etapa de desarrollo	112
7.15	Análisis de la varianza de conversión económica para la etapa de desarrollo	112
7.16	Análisis de la varianza de peso vivo para la etapa de finalización	112
7.17	Análisis de la varianza de ganancia diaria de peso para la etapa de finalización	113
7.18	Análisis de la varianza de consumo diario de alimento para la etapa de finalización	113
7.19	Análisis de la varianza de conversión alimenticia para la etapa de finalización	113
7.20	Análisis de la varianza de conversión económica para la etapa de finalización	114
7.21	Gráfico de peso vivo (semanal) en la etapa de desarrollo	114
7.22	Gráfico de ganancia diaria de peso (semanal) en la etapa de desarrollo	115
7.23	Gráfico de conversión alimenticia calculada en la etapa de desarrollo	116
7.24	Gráfico de conversión económica calculada en la etapa de desarrollo	117
7.25	Gráfico de peso vivo (semanal) en la etapa de finalización	118
7.26	Gráfico de consumo diario de alimento en la etapa de finalización	119
7.27	Plano de la instalación porcina (exterior) con las medidas utilizadas para la construcción del área experimental	120
7.28	Imagen real de la instalación porcina (exterior)	120
7.29	Plano de la instalación porcina (interior) con las medidas utilizadas para la construcción del área experimental	121
7.30	Imagen real de la instalación porcina (interior)	121
7.31	Medidas utilizadas en los corrales individuales (plano de planta) para las unidades experimentales	122



SEP

SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN
PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

7.32	Imagen real de los corrales individuales	122
7.33	Medidas de los comederos individuales para las etapas de preiniciación e iniciación	123
7.34	Imagen real de los comederos individuales para lechón	123
7.35	Medidas de los comederos individuales para las etapas de crecimiento, desarrollo y finalización	124
7.36	Imagen real de los comederos para adulto	124
7.37	Medidas de la jaula para pesaje utilizada en la fase experimental	125
7.38	Imagen real de la jaula diseñada para el pesaje de las unidades experimentales	125

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Volumen (toneladas) de las principales entidades productoras de carne de cerdo en México en el año 2012 y 2017, y variación porcentual (SIAP, 2018).	11
2. Necesidades nutricionales de los cerdos por etapa reproductiva, datos obtenidos de Agricultural Research Council: the nutrient requirements of pigs (ARC, 1981); Feeding Standards for Australian Livestock Pigs (SCA, 1987); l'institut National de la Recherche Agronomique (INRA, 1984); Swine Nutrition Guide: Prairie Swine Center Inc. CANADA (SNGC, 1995); The Kansas Swine Nutrition Guide (KSNG,1997); National Research Council (NRC, 1998); Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos (TBAyC 2005); Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2006); National Swine Nutrition Guide (García <i>et al.</i> , 2012).	20
3. Estimación promedio del consumo de agua por estado fisiológico en cerdos (Boulanger, 2011; García <i>et al.</i> , 2012; Figan, 2015).	21
4. Consumo de alimento en las distintas etapas productivas de los porcinos (García <i>et al.</i> , 2012).	24
5. Metas productivas en cerdos de 20 a 100 kg, datos obtenidos de	25



SENA (SIPSA, 2013).

6. Análisis químico proximal de muestras de contenido ruminal y línea verde (Rafaelli *et al.*, 2006). **36**
7. Comparación de la fecha de revisión de las Normas para detección de microorganismos patógenos en alimentos Nacionales e Internacionales (CENAM, 2011). **40**
8. Lista parcial de organismos aptos para ser incorporados en alimentos para animales, aprobados por la Asociación Americana Oficial de Control de Alimentos, AAFCO 2002 (Beauchemin *et al.*, 2003). **47**
9. Contenido nutritivo estimado de las dietas experimentales para la etapa de desarrollo y finalización en cerdos. **60**
10. Composición química del CR utilizado para las dietas experimentales en cerdos durante las etapas de desarrollo y finalización. **67**
11. Composición química de las dietas experimentales en cerdos para las etapas de desarrollo y finalización. **68**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Niveles de producción y consumo de carne en México, datos obtenidos de SIAP. Producción de carne en canal (Consejo Mexicano de la Carne, 2018).	7
2. Niveles de importaciones y exportaciones de carne en México durante el periodo 2014-2018, datos obtenidos de SIAP. Comercio exterior de carne, vísceras y despojos (Consejo Mexicano de la Carne, 2018).	8
3. Consumo <i>per cápita</i> de carne de pollo, cerdo, bovino y carnes frías en México (kg/persona) y porcentajes preliminares, datos obtenidos de SIAP, INEGI, SAT y Banco Mundial (Consejo Mexicano de la Carne, 2018).	13
4. Consumo <i>per cápita</i> de carne de cerdo, 2005, 2015 y 2025 (estimado), datos obtenido de OCDE/FAO (FIRA, 2017).	14
5. Residuos sólidos y líquidos generados en los rastros. Encuesta UIS – IDEAM (Ríos y Ramírez, 2012)	33
6. Peso vivo (kg) de los cerdos en la etapa de desarrollo, alimentados con una dieta comercial (DT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (DT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (DT3).	69



7. Ganancia diaria de peso (kg) en cerdos durante la etapa de desarrollo, alimentados con una dieta comercial (DT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (DT2) y CR al 10 % + enzima fibrolítica (DT3). **70**
8. Consumo diario de alimento en cerdos (kg) durante la etapa de desarrollo, alimentados con una dieta comercial (DT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (DT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (DT3). **71**
9. Conversión alimenticia (kg) en cerdos durante la etapa de desarrollo, alimentados con una dieta comercial (DT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (DT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (DT3). **72**
10. Conversión económica (\$/día) en cerdos durante la etapa de desarrollo, comparando un alimento comercial (DT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (DT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (DT3). **73**
11. Peso vivo (kg) de los cerdos en la etapa de finalización, alimentados con tres dietas: tratamiento comercial (FT1) y dos tratamientos experimentales; CR al 10% (FT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (FT3). **74**
12. Ganancia diaria de peso (kg) en cerdos durante la etapa de finalización, alimentados con una dieta comercial (FT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (FT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (FT3). **75**



SEP

SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN
PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

- 13.** Consumo diario de alimento (kg) en cerdos durante la etapa de finalización, alimentados con una dieta comercial (FT1) y dos dietas experimentales; con 10% de CR (FT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (FT3). **77**
- 14.** Conversión alimenticia (kg) en cerdo para la etapa de finalización, alimentados con una dieta comercial (FT1) y dos dietas experimentales; al 10% de CR (FT2) y 10% de CR + enzima fibrolítica (FT3). **78**
- 15.** Conversión económica (\$/día) en cerdos durante la etapa de Finalización, comparando un alimento comercial (FT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (FT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (FT3). **79**



La dinámica del crecimiento mundial repercute en forma inmediata en el desarrollo de México y en su sector agroalimentario. El futuro de la ganadería se sustentará en aumentar el uso de todos los subproductos pecuarios y desarrollar sistemas alimentarios apropiados en términos de producción y aprovechamiento. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo elaborar una propuesta de alimento y evaluar el efecto de un producto no convencional como es el Contenido Ruminal (CR) y la inclusión de enzimas fibrolíticas exógenas en dietas para porcinos en las etapas de desarrollo y finalización sobre algunos parámetros productivos. Se utilizaron 15 cerdos cruzados de las razas Yorkshire, Landrace y Duroc, alojados en jaulas individuales, ofreciendo agua y alimento a libre acceso. Se realizó un diseño de bloques completos al azar (doble bloqueo; peso inicial y sexo), la prueba experimental de las dietas tuvo una duración de 59 días, los animales de cada tratamiento fueron asignados aleatoriamente en tres grupos ($n=5/\text{tratamiento}$), cada uno se conformó de tres machos y dos hembras. Se establecieron tres tratamientos en cada etapa experimental, para la etapa de Desarrollo se administró el alimento al 14% PC; se asignó como testigo un producto comercial (DT1), una dieta experimental con 10% de CR (DT2), y una dieta con 10% de CR y la enzima endo 1-4 beta-xilanasas exógena en una concentración de 100 g/ton (DT3). Para la etapa de Finalización también se establecieron tres tratamientos ofreciendo el alimento al 12% de PC; como testigo un producto comercial (FT1), una dieta experimental con 10% de CR (FT2) y una dieta con 10% de CR y enzimas fibrolíticas exógenas (1-4 beta endo-xilanasas) en una concentración de 100 g/ton (FT3). Para la etapa de Desarrollo se encontró en el peso vivo (PV) de los animales, una diferencia estadística ($P < 0.001$) entre tratamientos, siendo mayor para DT2 y DT3 con respecto a DT1. No se aprecia diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos sobre la ganancia diaria de peso (GDP), sin embargo se observó un aumento favorable en las dietas con inclusión de CR. En el Consumo Diario de Alimento (CDA) no se percibe efecto entre tratamientos ($P > 0.05$), presentando un mayor consumo el DT2 y el



menor el DT1. En Conversión Alimenticia (CA) no hubo efecto diferencial entre tratamientos ($P > 0.05$), presentando un promedio numéricamente menor DT1 con respecto a DT2 y DT3. No se encontró diferencia significativa en la Conversión Económica (CE) ($P > 0.05$), sin embargo, se percibe un beneficio monetario en las dietas DT2 y DT3. En relación con la etapa de Finalización se observa diferencia ($P < 0.001$) en PV, registrando un valor mayor FT2 y FT3 en comparación con FT1. No se encontró diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos sobre la GDP de los animales, obteniendo la ganancia numérica mayor la dieta con CR y enzima endo 1- 4 beta-xilanasas exógenas (FT3) y menor el alimento comercial (FT1). Se presentó efecto entre los tratamientos en CDA ($P < 0.001$), encontrándose un consumo menor en FT1 en relación a FT2 y FT3. No se observó efecto estadístico ($P > 0.05$) en la CA durante la prueba experimental, pero numéricamente FT1 presentó el valor más bajo y más alto FT2. En la CE no se encontró diferencia ($P > 0.05$), sin embargo, la dieta FT3 y FT2 presentaron el costo más económico con respecto a FT1. En conclusión, la integración del CR como una alternativa alimenticia no convencional y la utilización de enzimas fibrolíticas exógenas en la alimentación de cerdos en la etapa de desarrollo y finalización puede ser utilizado de acuerdo a los resultados obtenidos, ya que se manifestó un efecto positivo en algunos parámetros productivos y en la conversión económica, aludiendo a que este subproducto pecuario sea una opción potencial para el ámbito ganadero, además de impulsar el cuidado del medio ambiente, evitando la contaminación de suelo, agua y aire, así como reducir efectos perjudiciales para la salud pública.

ABSTRACT

The global dynamic growth has an immediate impact in the Agriculture Food Mexican Industry. The future of livestock will be based on increasing the use of all livestock by-products and developing appropriate food systems in terms of production and usage. The main idea with this research work it is to prepare a food proposal and evaluate the effect of an unconventional product such as Ruminant Content (CR) and the inclusion of exogenous fibrolytic enzymes in swine diets in the stages of development and completion on some productive parameters. Fifteen crossbred pigs of the Yorkshire, Landrace and Duroc breeds were used, housed in individual cages, offering free access to water and food. A randomized complete blocks design (double block, initial weight and sex) was performed, the experimental test of the diets lasted 59 days, the animals of each treatment were randomly assigned in three groups ($n = 5$ / treatment), each one were created with three males and two females. Three treatments were established in each experimental stage, for the Development stage the food was administered at 14% CP; a commercial product (DT1), an experimental diet with 10% CR (DT2), and a diet with 10% CR and endogenous endo-4-beta-xylanase enzyme in a concentration of 100 gr / ton were assigned as control (DT3). For the last stage, three treatments were also established, offering food to 12% PC; as a control a commercial product (FT1), an experimental diet with 10% CR (FT2) and a diet with 10% CR and exogenous fibrolytic enzyme (1-4 beta endo-xylanase) in a concentration of 100g / ton (FT3). For the Development stage, a statistical difference ($P < 0.001$) between treatments was found in the live weight (LW) of the animals, being higher for DT2 and DT3 with respect to DT1. No differences were observed ($P > 0.05$) between treatments on daily weight gain (GDP), however a favorable increase was observed in diets including CR. In the Daily Consumption of Food (CDA), no effect is perceived between treatments ($P > 0.05$), the DT2 being more consumed and the DT1 lesser. In Food Conversion (CA) there was no differential effect between treatments ($P > 0.05$), presenting a numerically lower average DT1 with respect to DT2 and DT3. No significant difference was found in the

Economic Conversion (CE) ($P > 0.05$), however, a monetary benefit is perceived in the DT2 and DT3 diets. In relation to the Completion stage, a difference ($P < 0.001$) is observed in PV, registering a higher value FT2 and FT3 compared to FT1. No difference was found ($P > 0.05$) between treatments on the GDP of the animals, obtaining the highest numerical gain the diet with CR and exogenous endo-4-beta-xylanase enzyme (FT3) and lower the commercial feed (FT1). There was an effect between the treatments in CDA ($P < 0.001$), finding a lower consumption in FT1 in relation to FT2 and FT3. No statistical effect was observed ($P > 0.05$) in the AC during the experimental test, but numerically FT1 showed the lowest and highest FT2 value. In the EC, no difference was found ($P > 0.05$), however, the diet FT3 and FT2 presented the most economical cost with respect to FT1. In conclusion, the integration of CR as an unconventional food alternative and the use of exogenous fibrolytic enzymes in the feeding of pigs at the stage of development and completion can be used according to the results obtained, since a positive effect was manifested in some productive parameters and economic conversion, alluding to the fact that this livestock by-product is a potential option for the livestock sector, in addition to promoting the care of the environment, avoiding the contamination of soil, water and air, as well as reducing harmful effects for the public health.

1. INTRODUCCIÓN

La dinámica del crecimiento mundial repercute en forma inmediata en el desarrollo de México y en su sector agroalimentario (SAGARPA, 2011). Al igual que una gran parte de la agricultura, el sector pecuario desempeña una compleja función económica, social y ambiental, representa el 40% del valor mundial de la producción agrícola, expandiendo en los últimos decenios la demanda mundial de productos ganaderos, la sociedad espera que este sector continúe satisfaciendo este incremento a favor de la seguridad alimentaria de un modo barato, rápido e inocuo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2009).

La ganadería muestra un carácter bastante favorable y al mismo tiempo surge un carácter mas comercial donde la competencia impone estándares de calidad y servicio, obligando a las unidades productoras a una continua modernización, ello se ha traducido en que las pequeñas empresas no cuentan con las condiciones para competir. La exclusión del mercado de un gran número de productores ha generado un creciente déficit comercial del sector agropecuario, destacando el encarecimiento de los granos básicos como el arroz, trigo, maíz etc., los cereales, siguen siendo con gran diferencia la fuente de alimentos más importante del mundo, estos insumos son utilizados en la alimentación del ser humano como para el consumo animal (Escalante, 2008 y FAO, 2015).

En los últimos años, el país se ha concientizado en la importancia de dar un adecuado uso a los desechos de matadero, no solamente como una manera de dar protección al ambiente, sino, también, como una solución más a las deficiencias de proteínas para la alimentación animal (Figuerola y Sánchez, 1994), así como la implementación de innovaciones tecnológica para mejorar la utilización de los nutrientes, principalmente de los carbohidratos presentes en la fibra, mediante la adición de enzimas fibrolíticas en los alimentos para mejorar la ganancia diaria de peso (Beauchemin *et al.*, 1995), lo anterior se explica por el efecto positivo que

ejercen las enzimas exógenas sobre la hidrólisis de los carbohidratos en la pared celular, favoreciendo un aumento en la cantidad de sustrato disponible en la ración diaria (Pinos *et al.*, 2001).

Considerando siempre la posibilidad de disminuir costos por concepto de alimentación, la utilización de los recursos no convencionales y tecnología nutricional cumple esta tendencia sin afectar el desarrollo de los animales, además de evitar la contaminación de suelo, aire y agua. El futuro de la ganadería radicará en aumentar el uso de todos los subproductos pecuarios, desarrollar sistemas alimentarios apropiados e identificar los objetivos claramente en términos de producción y aprovechamiento (Gutiérrez, 2000).

Actualmente se ha generado mayor dinamismo en buscar la inclusión de subproductos en la preparación de diferentes dietas para la alimentación, un ejemplo de lo anterior es el Contenido Ruminal, administrándolo en forma directa o siendo procesado para obtener diversos productos comerciales como son la Harina Forrajera (HF) y los bloques nutricionales (Figueroa y Sánchez, 1997).

Se analiza en esta investigación la utilización de un producto no convencional como es el contenido ruminal y la inclusión de enzimas fibrolíticas exógenas en dietas para porcinos en las etapas de desarrollo y finalización, para elaborar una propuesta de alimento y evaluar su efecto en los parámetros productivos.

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del contenido ruminal y enzimas fibrolíticas exógenas en dietas para porcinos sobre algunos parámetros productivos durante las etapas de desarrollo y finalización.

1.2 Objetivos específicos

- 1) Análisis microbiológico del contenido ruminal (CR)
- 2) Formular un alimento para la etapa de desarrollo y finalización en cerdos.
- 3) Caracterización de la calidad nutritiva del contenido ruminal (CR) y los alimentos formulados para la etapa de desarrollo y finalización.
- 4) Evaluación del efecto de las dietas con inclusión de CR y enzimas fibrolíticas exógenas, en peso vivo (PV), ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario de alimento (CDA) conversión alimenticia (CA) y conversión económica (CE) en cerdos en desarrollo y finalización.

1.3 Hipótesis

La inclusión de contenido ruminal en las dietas para porcinos puede tener efecto sobre algunos parámetros productivos, y posiblemente con el uso de enzimas fibrolíticas exógenas que degradan e hidrolizan la fibra poco digestible por los monogástricos, sea una opción potencial para ser utilizado como un ingrediente en la formulación de dietas alimentarias.

2. REVISION DE LITERATURA

El mundo atraviesa una turbulencia financiera que ha provocado graves contratiempos económicos, y esto no resta importancia a la crisis alimentaria global que ha sacudido la economía agrícola mundial, demostrando que ningún país es invulnerable a la fragilidad de este sistema (FAO, 2009).

La seguridad alimentaria en el mundo es un fenómeno complejo que se manifiesta en numerosos trastornos físicos resultantes de causas múltiples como son la persistente inestabilidad en las regiones dominadas por conflictos, fenómenos climatológicos adversos, continuo crecimiento demográfico, proceso de urbanización y desaceleraciones económicas, estos obstáculos difieren a los factores que se enfrentaron en el siglo pasado, cuando la revolución verde, por medio de la tecnología agrícola, fue la estrategia principal para alcanzar la disponibilidad y acceso a los alimentos, volviéndose en uno de los desafíos globales más apremiantes que enfrenta la sociedad, los gobiernos y la comunidad científica; en el presente y el futuro, las políticas y estrategias públicas deberán enfocarse a lograr la seguridad alimentaria de una forma sustentable. (FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS, 2018; Ibarrola y Galicia, 2018).

México abarca una extensión territorial de 1 millón 964 mil 375 km² de superficie (24.6 millones de hectáreas para la agricultura y 109.8 millones de hectáreas destinadas a la ganadería en las cuales en el año 2017 se criaron 560 millones de aves, 34.3 millones de bovinos, 17.2 millones de porcinos, 8.9 millones de ovinos, 8.7 millones de caprinos y 1.9 millones de colmenas) y 3 millones 149 mil 920 km² de mares. Por extensión, es la 13^a nación más grande del mundo. La población total de México es de 124.1 millones de habitantes (10^a nación más poblada del mundo, 1.7% de los pobladores del planeta), se posiciona en el lugar 18° a nivel mundial con 9.1 millones de personas que trabajan transformando bienes en el sector agropecuario y pesquero, donde India presenta el mayor contingente ocupando el 1°

lugar con 215 millones de ocupados (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2018)

La actividad ganadera conserva una gran relevancia en el contexto socioeconómico del país, en su conjunto con el resto del sector primario, ha sido sustento para el desarrollo de la industria nacional, ya que proporciona alimentos, materias primas, empleo, divisas, distribuye ingresos en el sector rural y utiliza recursos naturales que no tienen cualidades adecuadas para la agricultura u otra actividad productiva, (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2006).

El estado de Tamaulipas cuenta con una superficie total de 7.98 millones de hectáreas, de las cuales 4, 977, 769 ha se dedican a la ganadería, con una fracción de 1, 240, 507 ha para uso temporal e intensivo y 3, 737, 192 ha son utilizadas para agostadero o uso extensivo (Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias [INIFAP], 2007; Secretaría de Desarrollo Rural, 2017) esta es una cifra que obliga a dar importancia a la creación de nuevas estrategias que ayuden a potencializar el comportamiento productivo y económico de cada animal, la producción porcina se adapta a esta necesidad, dadas sus excelentes propiedades nutritivas y los avances en la producción y procesamiento de carne de porcino, los productores comerciales de cerdo han hecho más eficientes la alimentación y las prácticas de crianza para entregar carne más magra a un mercado cada vez más exigente (United States Department of Agriculture [USDA], 2005).

2.1 LA IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN PORCINA EN MÉXICO

La carne de cerdo (*Sus scrofa domesticus*) tiene relevancia por el aporte nutrimental que la carne roja representa para el mexicano, siendo un ingrediente fundamental en su dieta, es la segunda especie que más se consume en el país (1er lugar la carne de pollo), representando el 26.31% del consumo total (2 millones de toneladas en

2017), situando a México como el octavo mercado más importante a nivel mundial para este producto (décimo octavo en consumo per cápita), este tipo de carne tiene las siguientes características nutrimentales: aporta proteínas de buena calidad biológica, el filete, lomo y pierna son cortes con bajo contenido de colesterol, la carne de cerdo contiene minerales como hierro y zinc, contiene más grasas que no generan formación de colesterol en sangre, es buena fuente de vitaminas del complejo B; B3, ácido fólico y B12 (Cortés, 2011; Amo, 2018).

Existen algunos estudios acerca del mercado de la carne de cerdo en canal en México que permiten analizar las principales características desde su etapa donde la economía operaba bajo un régimen altamente proteccionista hasta años más recientes donde ésta se ha abierto ampliamente al comercio mundial (Díaz *et al.*, 2007).

Nuestro país es uno de los más grandes productores de animales vivos del continente Americano (tercer país más importante superado por Estados Unidos y Brasil). Sin embargo, la producción presentó decrecimiento durante el 2000 y 2009 pasando de las 16, 087, 500 cabezas a las 15, 200, 000 cabezas respectivamente (FAO, 2011). Escalante *et al.*, (2007) coincide con lo anterior indicando que México enfrentó una disminución en sus niveles de producción del sector pecuario durante el periodo de 1992 – 2007, sin embargo, en la última década el SIAP (2018) establece de manifiesto la transformación productiva del campo mexicano, reflejada en volúmenes crecientes de alimentos agropecuarios y pesqueros, en el año 2017 el volumen de producción del sector pecuario se conformó en 3, 211, 686 toneladas de carne en canal de ave, 1, 926, 900 toneladas de carne en canal en bovino y 1, 441, 850 toneladas de carne en canal de porcino.

México a nivel mundial ocupó el lugar 15 en la producción de carne de cerdo en el año 2017, con 1, 441, 850 toneladas que representa el 1.1% del total mundial (SIAP, 2018). En términos generales, la producción ha crecido en el periodo comprendido de 2000-2009, pasando de las 1, 029, 960 toneladas a las 1, 162, 400 toneladas y de

2012 a 2017 de 1, 238, 625 toneladas a 1, 441, 850 toneladas respectivamente (FAO, 2011; SIAP, 2018), datos parecidos reporta el Consejo Mexicano de la Carne (2018; Figura 1).

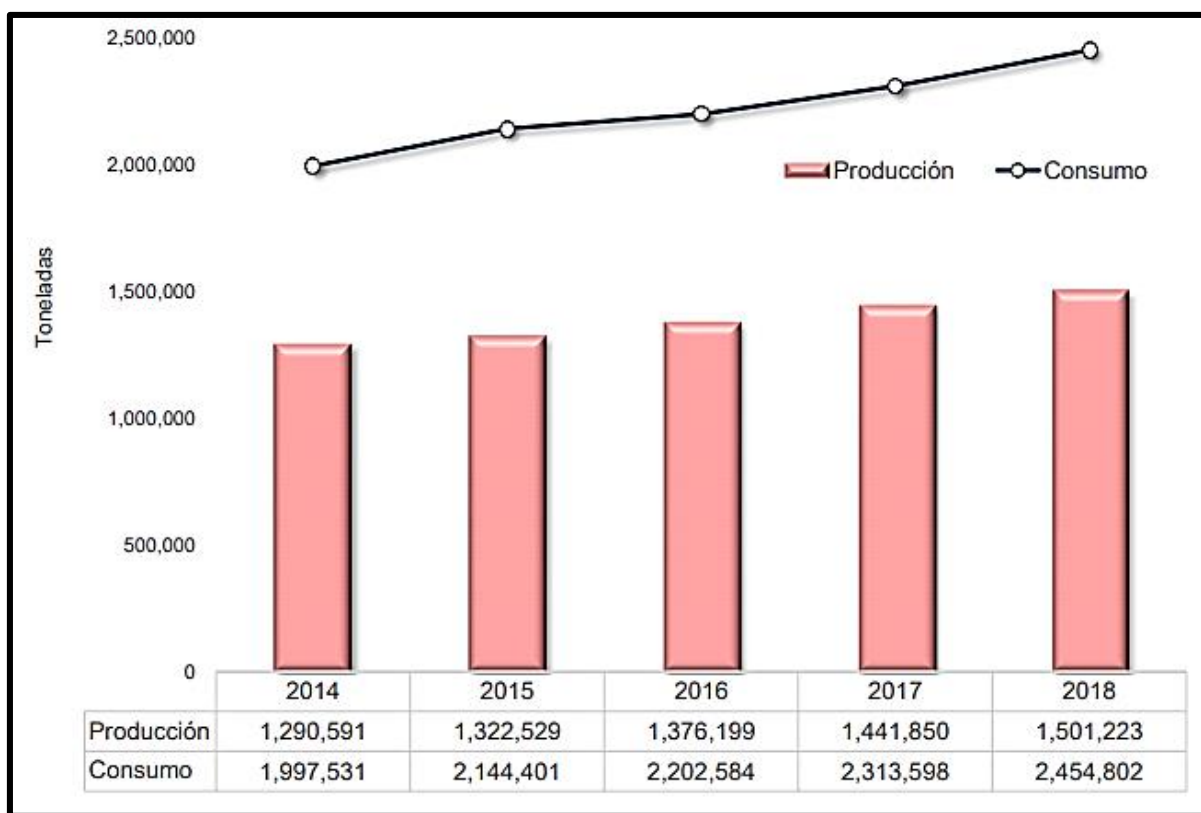


Figura 1. Niveles de producción y consumo de carne en México, datos obtenidos de SIAP. Producción de carne en canal (Consejo Mexicano de la Carne, 2018).

Como resultado del incremento de la productividad de las ganaderías porcina y bovina, situación acompañada por las negociaciones del reconocimiento de la condición zoonosanitaria de la ganadería en México, en los últimos años se observa un franco crecimiento de las exportaciones de carne de estas especies, con destino principal a los mercados de Japón, Corea y EE. UU, (SIAP, 2010; SIAP, 2018), se reporta un volumen (toneladas) de importación de 806, 707 (Canadá y Estados Unidos satisfacen en mayor medida las compras del cárnico que el país efectúa) y

exportación de 127, 695 (SIAP, 2018), datos similares proporciona el Consejo Mexicano de la Carne (2018) (Figura 2), indicando insuficiente producción para garantizar la demanda del mercado interno.

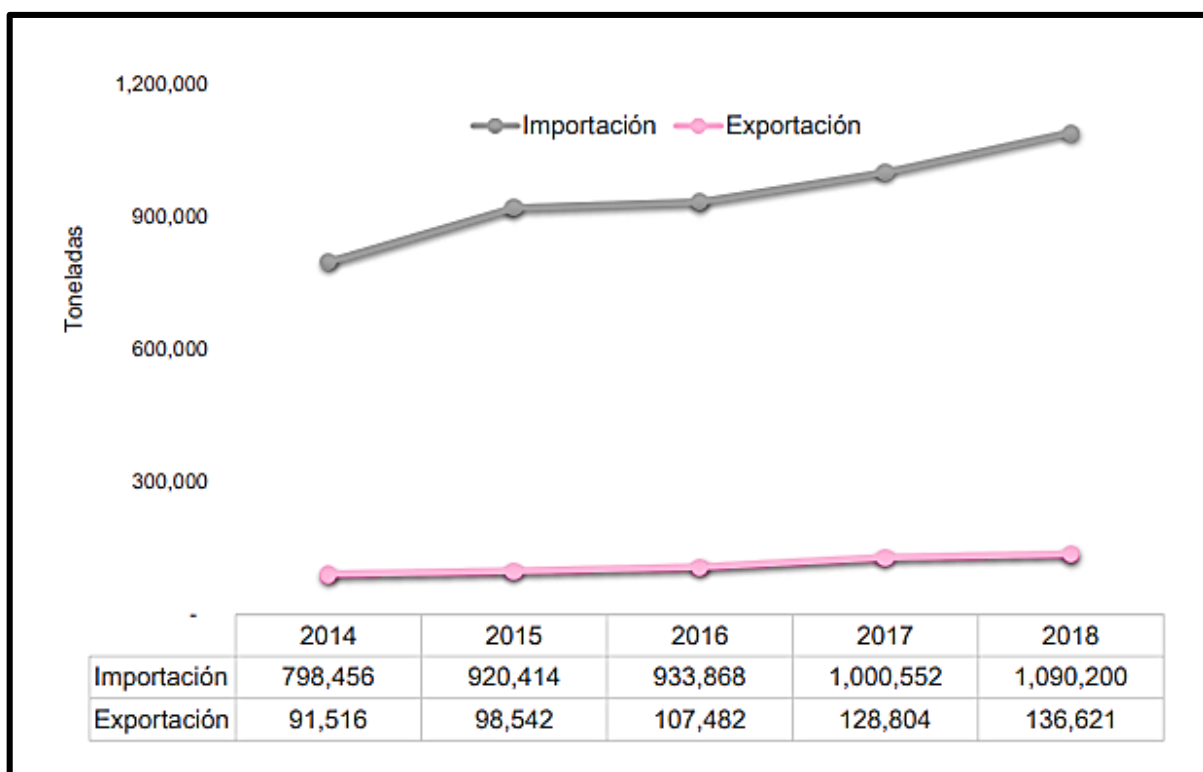


Figura 2. Niveles de importaciones y exportaciones de carne en México durante el periodo 2014-2018, datos obtenidos de SIAP. Comercio exterior de carne, vísceras y despojos (Consejo Mexicano de la Carne, 2018).

Al cierre del 2017 de acuerdo con el Departamento de Agricultura de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la producción mundial de carne de cerdo creció en el periodo 2013-2017 a una tasa promedio anual de 0.6% (Amo, 2018), durante el 2018 se estima una producción de 113.1 millones de toneladas, un avance de 1.8% a tasa anual. De acuerdo con información del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), el 79.9% de la producción mundial se concentra en China, la Unión Europea y EE.UU. México ocupa el noveno

lugar, con 1.5 millones de toneladas del total con una participación de 1.3% (Inforural, 2018).

En el año 2012 en México acontece una disminución de tasa media anual menor al 3.0 por ciento, el descenso de ritmo de expansión obedece a distintos factores como la fuerte competencia con producto de importación, en diferentes ocasiones caracterizada por la presencia de precios “dumping”, el grave error de su vinculación con la Influenza Humana AH1N1, así como por el encarecimiento de los insumos alimenticios (SIAP, 2012), en el periodo 2012-2018 la tasa media anual fue de 3.1%, las causas de este crecimiento de producción porcícola son la tecnificación en los sistemas nacionales (beneficiado en los niveles de productividad alcanzados), el aprovechamiento de infraestructura que se encontraba ociosa o subutilizada y la integración de grupos empresariales, situación que permitió reducir los niveles de inversión, por otra parte el 14 de agosto de 2012 México fue declarado libre de Fiebre Porcina Clásica, y en mayo de 2015 por la Organización Mundial de Sanidad Animal y el reconocimiento sanitario de países como Chile (2012), Japón (2015), Canadá (2016), Costa Rica (2018), Nueva Zelanda (2018) y Estados Unidos (2018) (SIAP, 2018).

La producción de cerdos es una actividad que puede resultar muy redituable si se tiene un buen plan de manejo que involucre aspectos de nutrición, sanidad, reproducción y genética. Cualquier explotación, extensiva o intensiva puede alcanzar el éxito si se considera lo anterior (Taiganides, 1992). Debido a que el ciclo de producción del cerdo es corto, el ajuste del sector a los cambios de las condiciones económicas se lleva a cabo con mayor rapidez que en el caso del sector bovino. La Secretaría de Fomento a los Agronegocios (SFA) realizó un estudio evaluando durante el periodo 2011-2020, las perspectivas a largo plazo para el sector agropecuario de México, estimando que el inventario final de cerdo incrementaría a una tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1.03%. Asimismo, que el sacrificio total aumentaría de 15.9 millones de cabezas en 2011 a 19 millones en 2020. Considerando el peso promedio Nacional de sacrificio, la producción Nacional de

carne de cerdo se incrementaría de 1.17 millones de toneladas en 2011 a 1.42 millones de toneladas en 2020, valores actualmente superados en 2018 con respecto a las estadísticas del SIAP (2018). En el corto y mediano plazo, la producción de carne de cerdo crecerá más rápido que en largo plazo (SFA, 2011).

Los Organismos Internacionales aluden que la producción y el consumo mundial de carnes de las diferentes especies pecuaria sostendrán una dinámica de crecimiento, aunque en forma diferenciada. La carne de bovino será la de menor dinamismo, en tanto que la de cerdo será la que domine la preferencia de los consumidores, tal situación presionara a los mercados de insumos estratégicos como son los granos y las pastas de oleaginosas; la competencia entre países, empresas y carnes será muy cerrada (SAGARPA, 2007-2012).

2.1.1 Principales estados productores de carne de cerdo

La producción de carne de porcino en canal en el 2018 se concentra prácticamente en tres Estados de la República Mexicana, abarcando aproximadamente el 50% a nivel Nacional: Jalisco (301, 148 t, generando 14, 580 millones de pesos), Sonora (261, 757 t, con utilidad de 9.324 millones de pesos) y Puebla (165, 563 t, con un rendimiento de 6.909 millones de pesos), con una participación porcentual de 23.4%, 15% y 11.1%, respectivamente. El primer Estado abastece al mercado nacional, mientras que el segundo orienta su producción principalmente hacia la exportación. Entre otras entidades productoras sobresalientes encontramos a Yucatán con 138, 917 t, Veracruz con 129, 665 t, Guanajuato con 113, 522 t (Cuadro 1), el Estado de Tamaulipas se colocó en el noveno lugar de producción en el año 2012. Las toneladas restantes de la producción (208, 399) la conforman los demás Estados del país (SIAP, 2012; SIAP, 2018).

Según la SAGARPA (actualmente transformada en la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER] a partir del 1 de diciembre de 2018), la industria de la

carne en México está valorada en un aproximado de 15.058 millones de dólares en 2017, un 8,23% más respecto al año anterior. De todas ellas, la carne de vacuno es la que más valor obtuvo con 6.639 millones de dólares. Sin embargo, fue la carne de la especie porcina la que experimentó un mayor crecimiento tanto en toneladas producidas (4,8%) como en valor (9,3%) con 3.242 millones de dólares generados en ese mismo año (Amo, 2018).

Cuadro 1. Volumen (toneladas) de las principales entidades productoras de carne de cerdo en México en el año 2012 y 2017, y variación porcentual (SIAP, 2018).

<i>Rank</i>	Entidad Federativa	Volumen (toneladas)		Variación (%)
		2012	2017	2012-2017
	Total Nacional	1, 238, 625	1, 441, 850	16.4
1	Jalisco	236, 433	301, 148	27.4
2	Sonora	233, 727	261, 757	12.0
3	Puebla	122, 194	165, 563	35.5
4	Yucatán	105, 150	138, 917	32.1
5	Veracruz	105, 996	129, 665	22.3
6	Guanajuato	108, 965	113,522	4.2
7	Michoacán	40, 771	44, 394	8.9
8	Chiapas	24,632	28, 343	15.1
9	Oaxaca	28, 933	27, 680	-4.3
10	Querétaro	20, 861	22, 462	7.7
	Resto	210, 964	208, 399	-1.2

2.1.2 Alimentación *per cápita*

Los cerdos son de gran importancia en México por su contribución a la nutrición humana, su rol en los sistemas de producción agrícola y su función económica (Amo, 2018). La carne de porcino es la que en mayor medida se destina a la

industrialización, para la elaboración de carnes frías, embutidos y preparación de mantecas. El consumo por parte de este sector industrial se estima en 15% de la producción total nacional (SIAP, 2012).

México es tradicionalmente importador de carne de cerdo, se ubica como el sexto país que más adquiere esta carne del extranjero, detrás de países como Japón, China o Alemania. Mediante estas adquisiciones, el mercado porcino local puede cubrir hasta el 40% las necesidades tanto de la población como de una importante industria alimentaria. Según datos del Departamento de Agricultura del Gobierno de Estados Unidos (USDA), las importaciones netas de carne de cerdo, entre 2005 y 2017, representaron en promedio el 31% del consumo del cárnico en el país, en tanto que se destinó a las exportaciones un volumen equivalente al 7,3% de la producción nacional (Amo, 2018).

El Consejo Mexicano de Carne (2017) menciona que existen alrededor de 16,86 millones cabezas de cerdo vivas, de las cuales 4,74 pertenecen a rastros (granjas) Metropolitanos, 8,40 a rastros Tipo Inspección Federal (TIF) y 3,72 a rastros privados o pequeños porcicultores. (Consejo Mexicano de la Carne, 2018).

En la década de los ochenta el consumo de cerdo por persona en México era de 22 kg, años después esta cifra descendió a nueve kilogramos (Díaz *et al.*, 2007) y actualmente se ha recuperado hasta llegar a un promedio de 17.16 kg durante el periodo comprendido 2013 al 2018. Sin embargo, el consumo de la carne de pollo ocupa el primer lugar, seguido de la carne de cerdo y en tercer puesto la carne de res (Consejo Mexicano de la Carne, 2018). En 2010, se consumieron en el país cerca de 1.9 millones de toneladas de carne de porcino, lo que significó un consumo *per cápita* de 16.7 kg, en 2011 el consumo nacional aparente disminuyó alrededor de 4.1%, para ubicarse en 1.8 millones de toneladas, lo que implicaría un consumo de 15.7 kg por habitante (SIAP, 2012). El Consejo Mexicano de la Carne (2018) informa que a nivel mundial, al cierre del 2018 se alcanzaron los 65 kg *per cápita*, posicionando a México en el sexto lugar con más de 8.5 millones de toneladas de

carne de res, cerdo y pollo consumidas al año, representando así el 3.2% del consumo mundial de carne, a su vez menciona que en el año 2018 el consumo de la carne de cerdo alcanzó un crecimiento del 6.1% mientras que la producción incrementó en 4.6% contra 2017, con un consumo *per cápita* incrementado en 4.8% alcanzando la cantidad de 18.8 kg (Figura 3), en este sentido SIAP (2018) comunica que durante el periodo 2012 a 2017 la producción porcícola aumento a una tasa media anual de 3.1%, con un consumo *per cápita* de 17.2 kg.

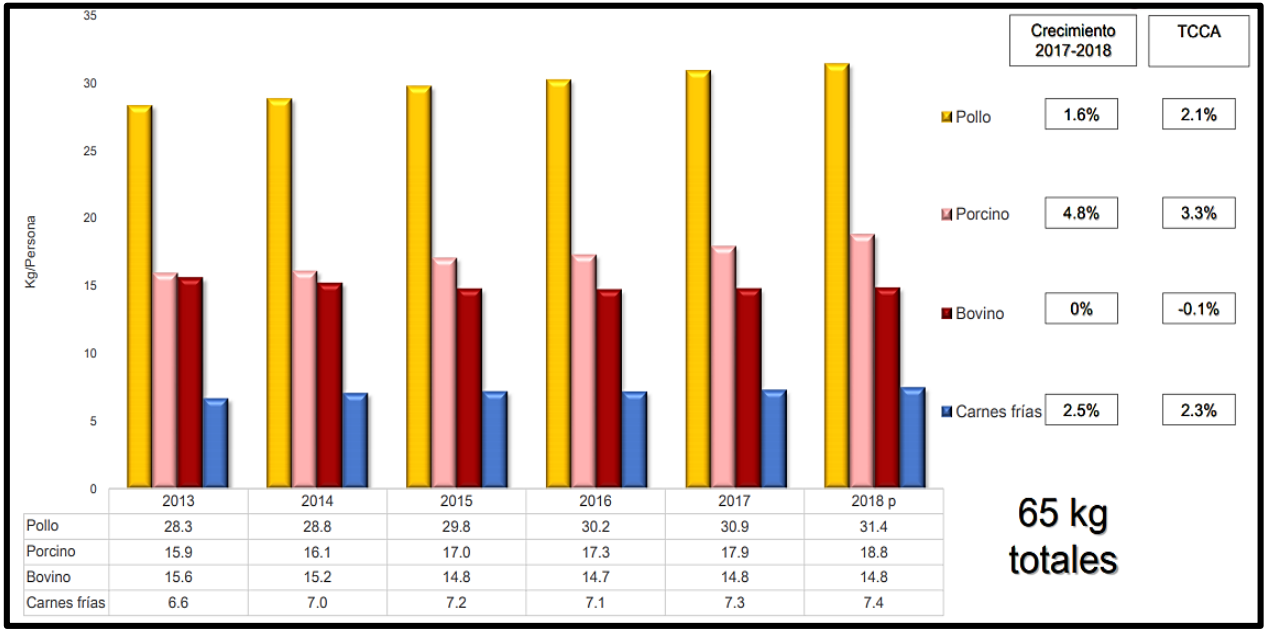


Figura 3. Consumo *per cápita* de carne de pollo, cerdo, bovino y carnes frías en México (kg/persona) y porcentajes preliminares, datos obtenidos de SIAP, INEGI, SAT y Banco Mundial (Consejo Mexicano de la Carne, 2018).

El consumo *per cápita* de carne de cerdo en China creció 14.2 por ciento entre 2006 y 2016, para ubicarse en 31.31 kg; en la Unión Europea creció sólo 0.3 por ciento, para ubicarse en 33.03 kg, mientras que en Estados Unidos creció 1.7 por ciento, para ubicarse en 22.93 kg. Hacia 2025, se prevé que el consumo *per cápita* mundial crezca a un ritmo menor con respecto a la década pasada (Figura 4), en la Unión

Europea el consumo *per cápita* se reduciría, mientras que en Estados Unidos crecería (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA, 2017)

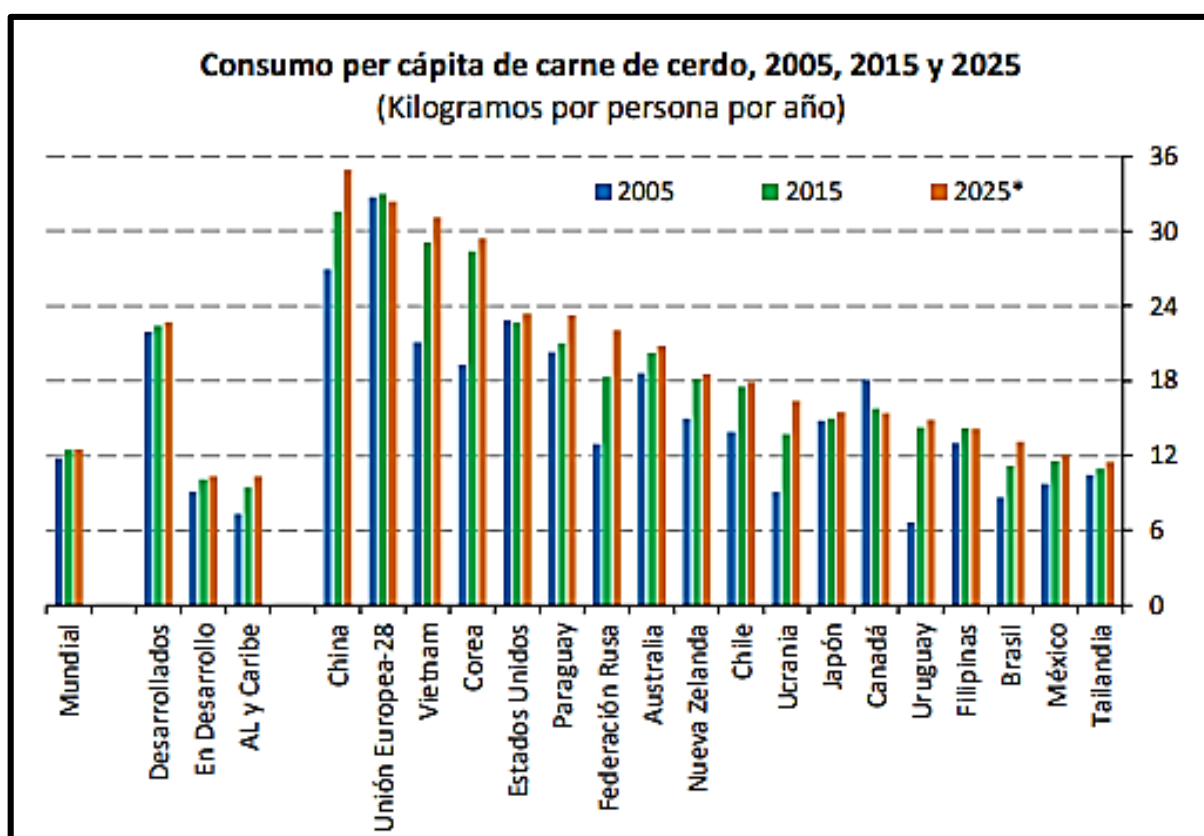


Figura 4. Consumo *per cápita* de carne de cerdo, 2005, 2015 y 2025 (estimado), datos obtenido de OCDE/FAO (FIRA, 2017).

En el mundo, la presencia de enfermedades en animales y las políticas comerciales se mantienen como los principales factores que impulsan la evolución y la dinámica de los mercados mundiales de carne. La aplicación de diversos acuerdos comerciales, como el ya ratificado Tratado de Libre Comercio China-Australia (ChAFTA), o el Tratado de Libre Comercio Canadá-Ucrania (CUFTA), podrían ampliar y diversificar la mercantilización de carne durante el periodo de las perspectivas. Las políticas públicas internas también influirán en el sector de la carne, como la nueva versión de la Ley Agrícola de Estados Unidos de 2018. Otros

factores que podrían influir en las perspectivas de la carne incluyen las preferencias (inclinación por los productos cárnicos ecológicos u orgánicos) y las actitudes del consumidor respecto a su consumo (OCDE/FAO, 2017).

2.1.3 La problemática de la alimentación en cerdos

La porcicultura mexicana se ha transformado significativamente en los últimos 20 años; sin embargo, sus características fundamentales siguen siendo: 1) una enorme heterogeneidad productiva que significa la convivencia de grandes empresas altamente tecnificadas, con pequeñas y medianas granjas semitecnificadas y con una amplia producción familiar de cerdos “errantes” y de traspatio, 2) la falta de “internalización” de sus costos ambientales, 3) su dependencia del exterior para la obtención de insumos clave para la producción como pie de cría (genética), granos, oleaginosas y otros insumos (Pérez, 2002).

La alimentación eficiente de los cerdos es una de las prácticas más importantes de una explotación, ya que de ella dependen no solo los rendimientos productivos de los cerdos, sino también la rentabilidad de la granja (Campabada, 2009). A medida que aumentan las necesidades de consumo de carne, leche y huevo, se origina asimismo una competencia entre los cultivos destinados para la alimentación del ser humano y los producidos para los animales, aunado a los altos precios y en ocasiones la baja disponibilidad reduce la gama de ingredientes a emplearse en la alimentación animal (Gutiérrez, 2000). Entre los años 2000 y 2010, la tendencia del precio pagado al productor de porcino ha sido creciente, impulsada en gran parte por el incremento en el precio de los granos (sorgo, maíz, trigo) y oleaginosas (soya), utilizados como insumos alimenticios (Financiera Rural, 2012).

En las dietas para cerdos los cereales representan del 40 al 85% de la misma (García *et al.*, 2012), otro grupo de insumos de importancia dentro de la producción de carne, en especial, en la porcicultura y avicultura, son los granos oleaginosos y las pastas oleaginosas, obtenidas de la extracción de los aceites para consumo

humano. Estas materias primas se constituyen como una fuente de proteína de alta calidad, que puede también provenir de harinas de carne y de pescado, principalmente. Se estima que la demanda global ganadera de pastas oleaginosas y grano para 2009 fue de 4.5 millones de toneladas, de las cuales el 61.3 por ciento fue absorbido por actividades enfocadas a la producción de carne (SIAP, 2012).

Los sistemas actuales de producción porcina, aunque se reconocen sus altos niveles de productividad, presentan una problemática que particularmente en el trópico se acentúa. Los principales problemas son la necesidad de importar la mayor parte de insumos para la alimentación y el impacto ecológico que dicha producción ejerce sobre el ambiente natural (agua, suelo y aire) (Sarmiento *et al.*, 2006). Llanes (1995), ubica en los años 1950 y 1960, el inicio de una economía medio-ambiental en los países industrializados debido a la necesidad de solucionar los problemas de la contaminación y pérdidas del bienestar desde un punto de vista económico. El desarrollo de una economía ecológica alentó en la segunda mitad de los años 1980 un cambio de modelo que entonces incluyó la contabilidad energética.

El criterio de que el crecimiento económico y la conservación del medio ambiente pueden y deben ser compatibles, se define como "Desarrollo Sostenible", esta idea se introdujo en 1980 durante el debate de la Estrategia Mundial para la Conservación y posteriormente fue difundida en 1987 en un informe por la Comisión Mundial sobre el Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland), en donde el "Desarrollo Sostenible" es el que satisface las necesidades de la generación presente, sin arriesgar la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades propias (Unasyuva, 1992).

2.2 NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN EN CERDOS

Desde sus inicios la producción animal ha ido modulando su desarrollo aportando soluciones a las necesidades de alimentación del hombre, sufriendo cambios

importantes y evolucionando de manera rápida, convirtiéndose en una actividad transformadora, fundamentalmente de alimentos de origen vegetal en productos proteicos destinados a la alimentación humana. Contribuye directamente a la obtención de los medios de vida de las personas al proporcionar no solo alimentos sino también otros productos derivados, fuerza de tiro y seguridad financiera (representa más de un tercio del producto interno bruto (PIB) agrícola en los países en desarrollo y se prevé que siga en aumento). En consecuencia, es lógico que la alimentación sea la temática crucial más importante en términos de costos de producción, estableciendo el objetivo de obtener productos animales competitivos al mínimo costo y la máxima calidad comercial, respetando los derechos de los animales, así como el medio ambiente en que se desarrolla su actividad vital y productiva (Buxadé y González, 1995; Moreno, 2007; Uffo, 2011).

En el lenguaje coloquial los términos de alimentación y nutrición se confunden, expresando acepciones muy distintas, la nutrición es un proceso involuntario y automático, designa el conjunto de reacciones bioquímicas y sucesos fisiológicos que se desarrollan en los organismos vivos al utilizar los distintos componentes de los alimentos, los cuales digiere, absorbe, transforma, utiliza y excreta los nutrientes contenidos con el fin de obtener energía necesaria para el mantenimiento del organismo y sus funciones, regulación de procesos metabólicos, desarrollo, reparación y sustento de estructuras corporales; a diferencia de la nutrición, la alimentación, en un proceso voluntario, es el ingreso o aporte de los alimentos en el organismo, es el proceso por el cual se ingresan una serie de sustancias contenidas en los alimentos que componen la dieta, estas sustancias o nutrientes son imprescindibles para complementar la nutrición (Hernández *et al.*, 2008; Barreto, 2010).

2.2.1 Importancia de la nutrición y alimentación

La alimentación representa entre un 65 a un 75% de los costos totales de producción del cerdo, en la etapa de desarrollo y finalización aumenta este porcentaje, por este

motivo se debe realizar una nutrición de precisión, es importante conocer conceptos importantes relacionados con la alimentación eficiente de los cerdos como son las etapas de vida o de producción, los nutrimentos y sus requerimientos, los ingredientes y su composición, los parámetros productivos de importancia económica (el consumo diario de alimento (CDA) es el parámetro más crítico en un programa de alimentación, su importancia radica en la dependencia de gran parte de los otros rendimientos productivos) y factores extrínsecos que permiten una utilización eficiente de los alimentos como son las instalaciones, medidas sanitarias, condiciones ambientales y el manejo de los cerdos (Campabadal, 2009; FAO, 2014).

La nutrición es fundamental para una exitosa producción porcina, constituye uno de los desafíos más importantes del sector, en particular por lo que se refiere a la disponibilidad y el costo de la alimentación, es una ciencia en evolución permanente. Lo demuestran la enorme cantidad de trabajos científicos que se publican cada año y el gran número de equipos de investigadores de diferentes universidades, empresas y otros centros repartidos por todo el mundo que han desarrollado líneas de investigación relacionadas con la nutrición y alimentación del cerdo. En estos últimos años se están produciendo avances importantes en los sistemas de evaluación nutricional de materias primas, en la estimación y el conocimiento de los requerimientos de los animales, en la tecnología de fabricación de piensos, o en el tipo ingredientes y aditivos que se utilizan en las dietas, por poner sólo algunos ejemplos. La necesidad de hacer frente a los requerimientos de un animal, con un sistema digestivo e inmunitario con distintas necesidades de acuerdo a su etapa fisiológica y productiva, obligó a revisar los programas de alimentación, adquiriendo una especial importancia la selección de materias primas, tanto en cuanto al tipo, origen, características y calidad, como al porcentaje de inclusión en la dieta. El desarrollo de nuevas materias primas ha continuado desde entonces y algunas de ellas se han presentado recientemente en el mercado nacional o muy probablemente lo estarán en un futuro próximo (Borja y Medel, 1998; FAO, 2014).

La estrategia de alimentación más interesante es la que permite en cada caso que el animal exprese al máximo su potencial de crecimiento muscular, pero sin que se produzca un contenido de grasa excesivo que deteriore los índices de transformación y las características de la canal (Borja y Medel, 1998).

2.2.2 Requerimientos nutricionales

Existe una gran variación en los criterios sobre los requerimientos de nutrimentos para obtener máximos rendimientos productivos. Estos requerimientos están afectados por el ambiente, el tipo de dieta, el propósito del animal, la genética, el sexo o el peso de los animales, entre otros. Black (1998) y Dritz *et al.* (2003) indican que el rendimiento productivo de los cerdos en las condiciones habituales de explotación comercial es claramente inferior (hasta un 15-20% en términos de consumo de pienso y crecimiento) al que alcanzan los mismos animales en un ambiente ideal como el que puede encontrarse en los centros de investigación. Los requerimientos cuantitativos no son los mismos para todos los cerdos y varían según la genética, salud, peso, productividad, temperatura, la densidad de alojamiento, el estado sanitario, las características de la dieta y varios factores de manejo, condicionando la respuesta productiva de los cerdos e influyendo sobre su potencial de crecimiento magro o sobre la ingesta voluntaria de alimento (Cuadro 2), por lo que se utilizan modelos matemáticos para estimar estos requerimientos de acuerdo a los sistemas de producción (Borja y Medel, 1998; Campabadal, 2009).

El especialista en nutrición y alimentación porcina debe ser sensible a la utilización y combinación de la información que ofrecen organismos como el National Research Council (NRC), Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) y el National Swine Nutrition Guide (NSNG). Estas fuentes de información cuentan con similitudes en los valores nutricionales, sin embargo, también existen variaciones que no deben ser

ignoradas por el profesional que realice la formulación de las dietas (García *et al.*, 2012)

Cuadro 2. Necesidades nutricionales de los cerdos por etapa reproductiva, datos obtenidos de Agricultural Research Council: the nutrient requirements of pigs (ARC, 1981); Feeding Standards for Australian Livestock Pigs (SCA, 1987); Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, 1984); Swine Nutrition Guide: Prairie Swine Center Inc. CANADA (SNGC, 1995); The Kansas Swine Nutrition Guide (KSNG,1997); National Research Council (NRC, 1998); Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos (TBAyC 2005); Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2006); National Swine Nutrition Guide (García *et al.*, 2012).

	Lechones				Cerdos en Desarrollo						Cerdos en Finalización
	Preinicio		Destetados		Crecimiento		Hembras		Macho Castrado		
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
Proteína bruta %	18	20	16.5	27	16.5 – 26		13.2– 18.5		12.71– 18.5		13.2- 16.0
EM Kcal/Kg	2550	2700	3200	3400	2350- 3300		2300-3200		3200-3230		2250-2300
Fibra Bruta%	2.5	3.5	3	5	3- 5.5		3- 6		3- 6		3- 6.5
Calcio %	0.70	0.72	0.7	0.90	0.60 – 0.90		0.45– 0.8		0.45 – 0.70		0.45 – 0.8
Lisina total %	1.31	1.48	1.10	1.7	0.95 – 1.5		0.60– 1.05		0.48 – 1.14		0.60 - 0.74
Lisina digestible %	1.10	1.40	0.91	1.28	0.80-1.04		0.63-0.85		-		0.52-0.71
Metionina %	3.14		0.34	0.40	0.25 – 0.32		0.15– 0.29		0.14 – 0.30		0.23
Triptofano %	0.22	0.26	0.19 – 0.31		0.15 – 0.27		0.11– 0.23		0.11 – 0.23		0.10 – 0.14
Treonina%	0.66	0.85	0.65 – 1.11		0.45 – 0.98		0.38– 0.68		0.41 – 0.68		0.34 – 0.47
Fosforo Total %	0.60 - 0.63		0.60 – 0.80		0.58 – 0.80		0.40– 0.60		0.40 – 0.60		0.40 – 0.50
Fosforo Disponible %	0.35 - 0.42		0.31 – 0.60		0.24 – 0.55		0.19– 0.40		0.19 – 0.40		0.15 – 0.22
Mg mg/Kg	0.04		0.04		0.04		0.04		0.04		0.04
Cl%	0.16 - 0.18		0.16-0.25		0.15 -0.20		0.08-0.14		0.08		0.08-13
Na%	0.30 - 0.40		0.18 - 2.5		0.15 -0.22		0.08-0.22		0.08-0.22		0.10-0.22
K%	0.4 - 1.5		0.30-1.10		0.26 -1.05		0.19– 1.05		0.19 – 0.23		0.17 -1.10
Mn	4		4		3		2 - 30		2 - 30		2 - 25
Cu	6		6		4-5		3-15		3-15		3 - 12.5
Zn ppm	100		80-125		30-80		50 -150		50 -150		50 - 125
Feppm	200		100-200		70-100		50 - 150		50 - 150		50 - 125
I mg/Kg	0.14		0.14-3		0.4-0.6		0.3 - 0.27		0.14 - 0.27		0.14 - 0.27
Se mg/Kg	0.30		0.20-0.30		0.10 – 0.30		0.10 – 0.30		0.15 - 0.27		0.10 - 0.27
Vit. A MUI/Kg	10 - 15		10 - 12.5		7- 7.5		5 - 7		6 - 7		5 - 6
Vit. D MUI/Kg	1.8 – 2.1		2-2.5		1.3- 1.5		1 -1.5		1 -1.2		0.8 - 1.5
Vit. E UI	35 - 55		75-125		15 - 25		10 - 25		23 - 25		20 - 22
Vit. K mg/Kg	0.15 – 0.25		4-6		0.8-1.5		2.5		2.5		0.5-2
Ac. Fólico ppm	0.05 – 0.12		0.5-2.5		0.25-1.0		0.5-10		0.5-10		2-5
Niacina ppm	25 – 35		20-35		15-20		12-30		30		25
Ac. Pantotenico ppm	13 – 16		20-30		8-10		6-18		18		15
Biotina ppb	100 – 180		100-150		10-50		5-25		-		5 - 25
Colina ppm	200 – 400		100 - 200		50 - 110		40 - 100		40 -100		20 - 200
Riboflavinamg/kg	4 – 7		4-8		0.5-4		2-5.4		2-5.4		4.5
Cianocobalamina ug/Kg	1.5 – 2.5		0.025-0.040		16-20		12-25		25		20
Tiamina mg/Kg	1.2 – 2.2		2-3		0.5-20		0.3-1.5		0.3-1.5		0.3 - 1.5

El agua es el "nutriente olvidado" en las prácticas de sanidad y alimentación porcina, considerado como el más importante y el más económico, juega un papel primordial en la vida del animal al ser el constituyente mayoritario orgánico de la condición corporal. Interviene en todas las funciones metabólicas y orgánicas (reproducción, lactación, excreción, respiración y homeostasis o equilibrio orgánico), realiza funciones de transporte de nutrientes, regulación de la temperatura, medio para las reacciones químicas, lubricación, entre otras. Constituye alrededor del 80% del cuerpo del cerdo en el nacimiento y el 50% al 60% a mercado. Un cerdo alojado en un rango de confort térmico consume entre 4.4 a 6.5 litros de agua por cada kg de alimento seco consumido, las necesidades totales pueden incrementarse en un 15-20% por un mayor consumo y/o desperdicio en función del tipo de bebederos y tipo de limpieza en cebaderos, fenómeno que posee especial incidencia en el verano. Animales sometidos a estrés por calor aumentan entre un 15 a 75% el consumo de agua. Durante la lactancia, este consumo se incrementa de 9 a 11 L de agua por cada 2.5 kg de alimento (Cuadro 3). Visto de otra manera los cerdos de acuerdo a sus distintos estados fisiológicos, condiciones climáticas, estado sanitario, composición de la dieta, presentación de la dieta, temperatura de agua de bebida (15 a 25°C), calidad del agua de bebida (física, química y microbiológica) requieren cantidades diferentes de este nutriente (Boulanger, 2011; García *et al.*, 2012); reduciendo su consumo con la pérdida de apetito y el frío ambiental e incrementando con el calor, sal, o azúcar en el pienso (Pardo y Nelson, 2007; Boulanger, 2011).

Cuadro 3. Estimación promedio del consumo de agua por estado fisiológico en cerdos (Boulanger, 2011; García *et al.*, 2012; Figan, 2015).

Estado Fisiológico	Consumo de agua l/día (animal)
Verraco	20-30.4
Cerda gestante	15-22.8
Cerda lactante y camada	25-35.4
Lechones lactando	.200-3.8
Cerdos en desarrollo	6-11.4
Cerdos en finalización	10-15.4

El aporte de agua proveniente del alimento es de un 4%, del metabolismo un 19% y un 77% del agua bebida. El agua se elimina en un 56% por orina, en un 30% por la respiración y en un 5% por las heces, reteniéndose un 9% por necesidad de crecimiento. Una pérdida orgánica del 10% de agua determinará un estado patológico (ciertas enfermedades pueden reducir hasta 30% el consumo de agua y otras aumentarlo como las diarreas en lechones jóvenes), y la muerte si supera el 20%. Un deficiente suministro de agua reduce el apetito y disminuye la productividad y su eficacia. El suministro adecuado de suficiente agua y de calidad "cuando el animal desea beber", es el primer requisito para garantizar la productividad tanto en ceba como en la reproducción (Boulanger, 2011; García *et al.*, 2012).

El abastecimiento de alimento y agua es fundamental, el diseño, la puesta en práctica y manejo adecuado de estos suministradores (comederos y bebederos) no deben permitir desperdicios, son factores que pueden influir directamente en la ingesta; evitar posibles problemas sanitarios, su durabilidad y coste, capacidad de almacenaje, flujo y el sistema de liberación del producto deben ser analizados y llevar a cabo un control de los mismos (Garcés *et al.*, 1996; Peng *et al.*, 2007).

2.2.3 Sistemas de alimentación

Los cerdos necesitan varios elementos nutritivos los cuales deben de estar perfectamente balanceados, existen dos tipos de sistemas de alimentación: 1) Consumo a voluntad (*ad libitum*), suministrándose en alimentos automáticos o en canoa, el alimento no debe sobrepasar el 12% de humedad por el riesgo de fermentación y contaminación. Los animales llegan a la edad de sacrificio en menos tiempo, pero hay mayor consumo de alimento o baja conversión alimenticia; el animal puede comer tanto como quiera, la limitación del consumo es natural y 2) Consumo restringido consiste en suministrar dos comidas (concentrado) diarias; se da a los animales en cantidades fijas de alimento y a horas preestablecidas (Koeslag, 2016). Existe un esquema que está basado en dar aproximadamente el 80% del total del

alimento que el cerdo consumirá a voluntad; otra forma es que lo tengan a disposición durante 30 minutos por dos veces al día. El cerdo necesita más tiempo para llegar a la edad del sacrificio, pero la eficiencia alimenticia es superior (Carrero *et al.*, 2005).

El sistema más común de alimentación para cerdos en desarrollo y engorde es a libre voluntad. Esto involucra un menor uso de mano de obra, pero si los comederos no son adecuados, puede existir mucho desperdicio. Un aspecto negativo de un sistema a libre voluntad es que los cerdos depositan más tejido graso, especialmente cuando existe un sobre consumo. Cuando los animales desarrollan un exceso de tejido graso se suministra alimentación a libre voluntad hasta un peso de 60 kg y luego se restringe entre un 75 a 80% del consumo total. El alimento en un sistema a libre voluntad puede administrarse en forma automática o en forma manual, se recomienda un espacio de comedero de 30 cm por cada cuatro cerdos, equivalente a ocho cm por cerdo. Sin embargo, bajo condiciones de climas calientes es mejor un espacio de 30 cm por cada tres cerdos (Campabadal, 2009).

Animales alimentados *ad libitum* producen carne de mayor terneza y jugosidad que los animales en alimentación restringida (MLC, 1989; MLC, 1998). Coma y Piquer (1999) indican que existen varias explicaciones posibles, los animales alimentados *ad libitum* tienen un mayor ritmo de crecimiento que, hipotéticamente, puede ser por un sistema proteolítico más activo y este sistema mantendría su actividad *postmortem*. Al mismo tiempo, una mayor velocidad de crecimiento representa animales de menor edad a igualdad de peso al sacrificio y un menor porcentaje de tejido conjuntivo en carne. Por otro lado, la alimentación *ad libitum* resulta en un mayor porcentaje de grasa intramuscular que contribuye positivamente a la terneza de la carne, y concluyen que la alimentación de los animales *ad libitum* tiene una influencia claramente positiva sobre la calidad cárnica.

2.2.4 Consumo de alimento por etapa fisiológica

La alimentación además de ser el principal componente del costo, también significa la principal ruta de eficiencia y agregación de valor (Gabosi, 2012). Los principales factores que son fundamentales en toda explotación porcina son la nutrición, la genética y el manejo. Existe una correlación directa entre estos tres componentes del triángulo productivo, los cuales son modificables para mejorar la productividad, la eficiencia, calidad y para mantenerse competitivo en el mercado. Por tanto, una alimentación deficiente nutricionalmente causa una repercusión negativa en el cerdo, logrando así que no exprese el potencial genético de los animales e invalidando los máximos esfuerzos para lograr un ambiente idóneo de producción (Tinoco, 2004).

La alimentación de los cerdos debe estar basada en dietas que contengan niveles nutricionales adecuados a la genética, etapa fisiológico-productiva (Cuadro 4), estado sanitario de los animales y de la unidad de producción porcina, condiciones ambientales en donde estén alojados y al manejo al que estén sometidos los mismos (García *et al.*, 2012).

Cuadro 4. Consumo de alimento en las distintas etapas productivas de los porcinos (García *et al.*, 2012).

Etapas productivas	Reemplazo		Servicio		Gestación			Lactación				
Sexo	♀	♂	♀	♂	1 ^{er}	2 ^{do}	3 ^{er}	♀	Lechones			
Periodo (Tiempo)*	42-90		37	Permanente	Tercio				1 ^{er}	2 ^{da}	3 ^{er}	4 ^{ta}
					1-38	39-76	77-114	7-28	Semana			
	Días				Días				g día ¹		Veces día ¹	
Peso Vivo (PV en Kg)	100-130	120-140	Según paridad	>140 <220	>180			>180	>3	>4.5	>6.5	>8.5
Cantidad de alimento Kg día ⁻¹	3-4		2-3**	2**	1.8-2	2-2.5	3-3.5	3***	>1-5	>10-15	>20-60	>4-6
Etapas Productivas (Engorda)	Destete (g día ¹)				Crecimiento (Kg día ¹)			Desarrollo (Kg día ¹)				Finalización Kg día ⁻¹
Periodo (Tiempo)	1	2	3	4	42			42				42
	Semana				Días			Días				Días
Peso Vivo (PV)	>8.5	>9.5		>21.3	21-50			50-75				75-185
Cantidad de Alimento	260	350	500	700	1.5			2-3				3.5

Asimismo, al realizarse el balanceo de la dieta el nutriólogo considerara un margen de seguridad adicionado al nivel de nutrientes elegido, para garantizar que la dieta apoye el logro de las metas productivas planteadas previamente (Cuadro 5). Sin embargo, para no producir un efecto adverso en la salud y producción de los animales, el valor nutritivo máximo y mínimo debe ser conocido. Una vez cumplida la formulación de una dieta, el siguiente paso es asegurarse que ésta sea elaborada bajo condiciones que garanticen la forma física, inocuidad, y que no elimine o deteriore la calidad nutritiva de la dieta (García *et al.*, 2012).

Cuadro 5. Metas productivas en cerdos de 20 a 100 kg, datos obtenidos de SENA (SIPSA, 2013).

Índice	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente	Muy deficiente
Mortalidad (%)	1	1-2	2-3	3-4	>4
Ganancia g/día	>650	600-650	550-600	500-550	<500
Conversión Alimenticia (kg)	<3.1	3.1-3.4	3.4-3.7	3.7-4	>4

Koeslag (2016) indica que un programa de alimentación de lechones empieza a los 10 a 12 días de nacidos con la introducción de pequeñas cantidades (50 a 100 gramos) de alimento en las parideras para adaptarlos a una alimentación sólida al momento del destete. Después de 21-28 días que se realiza el destete inician la etapa de iniciación en el cual se administra a animales con peso vivo (PV) de 10 a 20 kg de 600 a 900 gr de alimento. En la etapa de crecimiento y desarrollo se administra a animales de PV de 30 kg la cantidad de 1.200 kg de alimento, 40 kg de PV la porción de 1.500 kg de alimento, 50 kg de PV la porción de 1.800 kg de alimento, 60 kg de PV la cantidad de 2.300 kg de alimento y por último en la etapa de finalización

con 70 kg de peso vivo 3.000 kg de alimento, en verracos con 80 kg de peso vivo un promedio de 2.700 kg de alimento.

2.2.5 Alimentación de los cerdos en la etapa de desarrollo y finalización

El objetivo de un programa de alimentación es ajustar de la mejor manera posible el consumo del pienso a las necesidades nutricionales del animal (Bravo, 2011). En este sentido, según el Carrero *et al.* (2005), para lograr un buen desarrollo de estas dos etapas finales del proceso productivo, es importante conocer los parámetros que orientan hacia el logro de la meta propuesta, y procurar lograr una producción con índices de menor mortalidad, mayor ganancia de peso y buena conversión de alimento.

El plan de alimentación se puede hacer por fases; de acuerdo a los rangos de peso del cerdo, por días de consumo o por presupuesto de alimento. El número de fases o la forma de administrar va a depender del tipo de instalación y del manejo de cada granja buscando siempre lo más simple y efectivo. Con el programa nutricional para las etapas de desarrollo y terminación, se buscan cinco objetivos básicos para lograr resultados económicos: mayor índice de transformación, menor costo, más carne magra, mejor rendimiento de canal y más competitividad. Los resultados del desempeño del cerdo moderno en estas etapas pueden ser influenciadas directamente por factores nutricionales y factores extranutricionales, como genéticos, densidad de animales, temperatura ambiente, calidad del aire, sanidad y manejo, e influir sobre la ganancia diaria, índice de conversión y calidad de la carne. Un ejemplo de lo anterior es que cuando la temperatura ambiente desciende demasiado, el cerdo necesita más cantidad de alimento destinado a las necesidades de mantenimiento y por el contrario cuando la temperatura se eleva se deprime el consumo, alterándose los índices productivos (Danura, 2010).

Solórzano (2005) señala que la etapa de desarrollo y finalización representa más del 75% del consumo total de la engorda, por esta razón debemos realizar una nutrición de precisión. Una alimentación eficiente en este periodo de desarrollo se debe cumplir con dos metas importantes: maximizar la producción de tejido muscular en relación al tejido graso de la canal y la producción de carne magra con características aceptables de mercado. Se recomienda en esta fase alimentar a voluntad (mínimo 2.8 kg. de alimento por cerdo y por día); desde los 46 kg hasta los 75 u 80 kg de peso vivo, según la genética del cerdo. En etapa de finalización, el cerdo por sus características propias comienza a depositar grasa en la carne, el alimento debe estar formulado para que este efecto sea reducido, manteniendo los parámetros de conversión alimenticia, desde los 75 kg hasta su finalización.

2.3 RECURSOS ALTERNATIVOS NO CONVENCIONALES EN LA NUTRICIÓN ANIMAL

Existe un importante crecimiento industrial de producción animal acompañada de tecnología cada vez más sofisticada, como es el caso de varios países de Latinoamérica, sin embargo, los países en desarrollo adolecen del abasto suficiente de proteína de origen animal para proveer de manera equitativa a su población. En las últimas décadas el consumo proteico ha disminuido, se alude al difícil acceso de algunos sectores de la población a tales productos por el encarecimiento de los mismos, debido al aumento en la alimentación animal, obligando al sector ganadero a desarrollar estrategias para aminorar los costos de producción (Sarmiento, 2006).

Berrio y Cardona (2001) mencionan que durante los últimos treinta años se ha suscitado gran interés en los países en desarrollo por ajustar los sistemas de producción animal a sus particulares condiciones económicas, sociales, ambientales y tecnológicas a través de diversas estrategias entre las que se encuentra la utilización de recursos alimenticios alternativos. El alto costo de los recursos alimenticios utilizados ampliamente en las dietas comerciales, la elevada

competencia entre el hombre y los animales por estos alimentos y la baja rentabilidad económica de las explotaciones pecuarias, hacen parte de la problemática que justifica la búsqueda de nuevas formas de alimentar los animales domésticos de importancia zootécnica. El concepto de recurso alimenticio alternativo hace alusión a aquel no comúnmente empleado en la elaboración comercial de alimentos balanceados para animales y que puede sustituir o reemplazar parcialmente a las fuentes convencionales de nutrientes y de energía representadas en los granos de cereales, leguminosas y harinas de origen animal.

Aunque las principales investigaciones se han centrado, fundamentalmente, en la utilización de los productos y subproductos de la agroindustria alimentaria, se han estudiado también otros subproductos pecuarios que han contribuido a enriquecer las fuentes de alimentación en diferentes categorías, en una proporción adecuada, según los requerimientos del animal y lo que pueda proporcionar dicha materia prima local; se puede obtener un sistema de producción sostenible desde el punto de vista productivo, ambiental y económico, sobre todo, para aquellos productores de pequeña y mediana escala, por lo que resulta apremiante emplear recursos alternativos; locales, regionales, muchos de ellos desconocidos y por lo tanto inutilizados para abaratar los costos de alimentación (Tepper *et al.*, 2012).

Así mismo es importante mencionar que existen algunas dificultades que se deben de tener en cuenta antes de su utilización, como indica Shurson (2008):

a). - Es esencial disponer de contratos formales con los proveedores de los subproductos, para obtener una calidad y cantidad subsistente. Un cambio inesperado de los ingredientes puede llevar a una reducción del rendimiento de los animales, o bien la dificultad de adaptación digestiva a los cambios de composición del pienso final.

b). - Estacionalidad de la oferta. Los productos de estacionalidad muy marcada obligan al nutriólogo a modificar continuamente las fórmulas, y en ocasiones realizar cambios bruscos de alimentación.

c). - Variabilidad en el contenido de nutrientes. La composición de nutrientes puede variar substancialmente por lote, dentro del mismo lote y entre diferentes proveedores, esta variabilidad en la formulación con subproductos, puede ser un problema para los nutricionistas.

d). - Elevados contenidos de agua. La gran mayoría de los subproductos contienen un rango de humedad de 60 a 80%, lo que involucra un costo económico para el transporte a largas distancias. En este contexto, las granjas que utilizan subproductos, suelen buscar el suministro más cercano que los generen, reduciendo el costo por transporte.

e). - Elevado contenido de sal. Algunos subproductos presentan un alto contenido de minerales, por lo que un aporte adicional de agua es fundamental para mantener el balance homeostático.

f). - Palatabilidad. El subproducto debe ser consumido por los animales, y en ningún caso ha de conferir a la ración desequilibrios que causen disminución del consumo o trastornos por consecuencia de ingestión (potenciales contaminantes físicos o químicos).

g). - Manejo, almacenamiento y conservación. Es fundamental realizar estas actividades adecuadamente, siendo conveniente disponer de instalaciones adecuadas y estabilizar el producto para evitar contaminaciones por moho, micotoxinas o fermentaciones no deseadas.

h). - Relación costo/beneficio. Sin duda el factor más importante, se trata de comparar el costo y prestaciones del subproducto con el de materias primas

alternativas y convencionales. La opinión de un nutricionista experto es importante para determinar si un subproducto alcanza el umbral de rentabilidad.

Por tanto, conocer el valor integral potencial para los animales de un determinado subproducto es de gran interés. Sin embargo, antes de integrarse a la dieta es conveniente considerar, además de su potencial valor nutritivo, las limitaciones y precauciones que conlleva su utilización.

2.3.1 Importancia del uso de los recursos no convencionales en la alimentación animal

En el manejo de la alimentación se fusionan los conocimientos científicos y prácticos, con la finalidad de hacer más productiva la especie, sin detrimento de la economía del productor. Por eso se dice que la alimentación no es solo nutrición aplicada, sino también el arte complejo en el cual desempeñan un papel importante los principios nutricionales y económicos (Saravia, 1999).

El beneficio más importante asociado al incremento en la utilización de los recursos no convencionales y tecnología nutricional, es la posibilidad de disminuir el costo por concepto de alimentación, sin afectar el desarrollo de los animales, además de evitar la contaminación de suelo, aire y agua. El futuro de la ganadería radicará en aumentar el uso de todos los subproductos pecuarios, desarrollar sistemas alimentarios apropiados e identificar los objetivos claramente en términos de producción y aprovechamiento (Gutiérrez, 2000).

Se ha generado un esquema de producción industrializado en cerdos, con el aumento del consumo de cereales y soya para su alimentación, con el consecuente deterioro del ambiente y limitaciones cada vez mayores en el confort animal, lo anterior exige, que se dirijan investigaciones hacia alternativas de integración de la producción porcina con alimentos no convencionales competitivos para propiciar un

desarrollo sostenible (González, 2005). Tepper *et al.* (2012) indica que es indudable que los recursos no convencionales, poseen un potencial para alimentar cerdos en la etapa de crecimiento y engorde; no obstante, un solo recurso no es suficiente para dar sostenibilidad al sistema de producción, es necesario tener presente al elaborar arreglos alimenticios (con varias materias primas autóctonas que cumplan con los requerimientos nutricionales de los animales), para generar un animal de buena calidad y competitivo en el mercado; actualmente, las necesidades de alimento están generando una alta dependencia de sectores particulares de la producción primaria, cuyas reservas mundiales tienden a disminuir por la incipiente y creciente demanda de los mismos para la producción de biocombustible; el uso de dietas elaboradas con recursos alternativos, es una tecnología que puede ser implementada por pequeños y medianos productores para la alimentación de cerdos.

2.3.2 Contenido ruminal de animales sacrificados en los rastros

Los rumiantes son mamíferos que se han especializado en consumir materia prima de diferente naturaleza como los concentrados, además de componente vegetal fibroso como los forrajes que las enzimas digestivas que poseen son incapaces de degradar, sin embargo, con la fermentación que proporcionan los microorganismos que viven en simbiosis en el rumen, son aprovechados. El estómago de los rumiantes se encuentra constituido por cuatro compartimientos, rumen, retículo, omaso y abomaso; sólo el último produce enzimas digestivos capaces de degradar alimentos. El proceso de fermentación es realizado principalmente en las dos primeras partes del estómago por los microorganismos (protozoarios, hongos y bacterias) que habitan en el rumen y el medio físico y químicos que los envuelve (Araujo y Vergara, 2007).

La capacidad ruminal es variable según la raza y tamaño, el promedio en bovinos es de 100 a 150 litros. Para el retículo-rumen esta capacidad es de 110 a 235 litros, representando el 84% del total de los cuatro compartimentos digestivos

mencionados. El periodo de retención de la ingesta en retículo-rumen puede variar de 12 horas para los líquidos hasta 18 a 72 horas, para las partículas de alimentos, manteniéndose el contenido a una temperatura de 38 a 41°C, a un ph de 5.8 a 7. La retención dentro del rumen provee suficiente tiempo a los microorganismos para degradar eficientemente los alimentos ingeridos (Contreras y Mirela, 2010). Orskov (1994) asegura un tiempo de retención en el rumen entre las 48 y 60 horas.

Las plantas faenadoras de carne y los mataderos, como consecuencia de su proceso productivo, generan importantes volúmenes de desechos (Morales *et al.*, 1996), clasificándose en línea roja las vísceras contenidas en la cavidad torácica, así como el bazo, hígado y páncreas y la línea verde, termino aplicado a las vísceras contenidas en la cavidad abdominal, excepto riñones, aparato reproductor, vejiga, bazo, hígado y páncreas (NOM-194-SSA1-2004) generando subproductos a una relación del 30% del peso vivo animal. Los residuos como la sangre se vierten a los afluentes hídricos sin tratamiento previo, con un alto índice de contaminación ambiental debido, entre otras cosas, al desconocimiento del potencial nutricional del contenido ruminal. Si bien es cierto este “desecho” no es el único factor que genera contaminación emanada de las plantas de sacrificio, si tiene una incidencia relevante en ella como se observa en la Figura 5, aportando alrededor del 48% del material total contaminante (Ríos y Ramírez, 2012).

El CR es considerado el principal residuo sólido producido en los mataderos, continuo con la sangre, es la materia causante de la mayor contaminación. Se caracteriza por contener lignocelulosa, mucosas y fermentos digestivos, además de presentar un elevado contenido de microorganismos (Castro y Vinueza, 2011). Mann (1984) señala que se pierden y desperdician muchos subproductos de los frigoríficos, mataderos o rastros, que pueden ser valiosos para la alimentación animal, esto, debido a falta de conocimiento acerca de su utilización, además de no contar con la infraestructura adecuada para el aprovechamiento (reciclaje o reutilización) de los residuos que generan, a partir del sacrificio de los animales (vacunos, ovinos y porcinos).

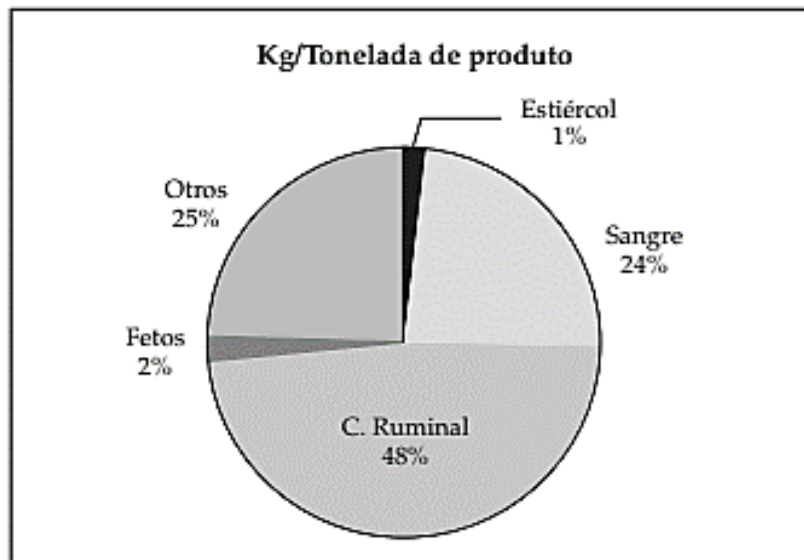


Figura 5. Residuos sólidos y líquidos generados en los rastros. Encuesta UIS – IDEAM (Ríos y Ramírez, 2012).

Trillos *et al.* (2007), menciona que el contenido ruminal, también conocido como “ruminaza” es un subproducto originado del sacrificio de animales, se encuentra en el primer estómago del bovino en el cual al momento del sacrificio contiene todo el material que no alcanza a ser digerido. Posee una gran cantidad de flora y fauna microbiana y productos de la fermentación ruminal, por lo que es una alternativa para la alimentación de rumiantes, pollos y cerdos de engorde, por sus características químicas, biológicas, bromatológicas y su amplia disponibilidad. Quemba, *et al.*, (2009) señala que el rumen contiene una mezcla de material no digerido, su contenido posee la consistencia de una papilla, con un color amarillo verdoso y con olor característico cuando está fresco. Morales *et al.* (1996) refiere que es un material que se encuentra en el rumen o primer precompartimento gástrico del bovino. Núñez *et al.* (2016) lo describe como un alimento no digerido e ingerido por los rumiantes, utilizado como una alternativa valiosa de alimentación, además posee una gran cantidad microbiana que puede ser benéfico para el suelo si se pretende el uso como abono, además de que también contribuye a la protección al ambiente, ya que al

utilizarse, evita que sea vertido a los ríos sin ninguna consideración sanitaria previa, donde en la mayoría de los lugares se desarrolla una mala gestión ambiental, ni planes del aseguramiento del proceso, careciendo de instalaciones y técnicas para ejecutar un control de los residuos sólidos y líquidos, generados en el sacrificio y faenado del ganado. En muchas plantas los residuos fluyen a los cuerpos de agua contaminando de esta manera el medio ambiente (aire, agua y suelos, cuando se vierten de manera directa sobre ellos), deteriorando el recurso al degradar posibles fuentes de agua potable y afectar gravemente la calidad del abastecimiento hídrico presente y futuro para las comunidades (Ríos y Ramírez, 2012); constituyéndose en una amenaza para la salud pública, de los habitantes del sector (Castro y Vinuesa, 2011).

La recuperación, reutilización y/o transformación de los residuos en insumos útiles es una opción que surge con el diagnóstico de la problemática ambiental de cada sector, por lo que las alternativas seleccionadas, deben ser adecuadas técnicamente a las características locales, viables económicamente y sustentables ecológicamente. Sobre estas bases es posible validar, adecuar y promover tecnologías de alternativa que representen una solución efectiva y ajustada a cada realidad (Uicab y Sandoval, 2003).

2.3.3 Contenido ruminal como recurso alimenticio

Actualmente la generación de los desechos orgánicos es uno de los principales causantes de contaminación ambiental en muchos países, incluido México, ya que se producen en grandes volúmenes y se acumulan en espacios inadecuados (Uicab y Sandoval, 2003). Según estudios efectuados en países como Chile y Colombia se conoce que el contenido ruminal (CR) puede ser empleado para conseguir concentrados para alimentar animales, los estiércoles, pezuñas y cascos pueden ser usados para compostajes y lombricultura. Es así que la mayor parte de residuos

pueden ser recogidos y reutilizados lo cual permite reducir la generación de residuos sólidos (Castro y Vinueza, 2011).

Madrid (1999) menciona que el sacrificio, preparación, elaboración, transformación e industrialización del ganado y de la carne, perseguía tradicionalmente, la obtención y la industrialización de las canales como producto principal, despreciando el aprovechamiento de los subproductos, también llamados “quinto cuarto” (sangre, tripas, grasa, estómagos, etc.), que en los rastros modernos se revalorizan mediante su industrialización (fabricación de harina de sangre, harina de huesos, harina forrajera, fusión de grasa y otros) al máximo constituyéndose la base de la disminución de los costos. Los despojos comestibles (corazón, pulmón, vaso e hígado) con los cueros o pieles son, casi exclusivamente los únicos subproductos que en los mataderos se aprovechan. La sangre, la grasa, los huesos, las tripas, las glándulas y otros, son hoy objeto de total utilización en Suecia, Dinamarca y Estados Unidos mientras en otros se desperdician casi totalmente. En países como Suecia el valor de los productos recuperados e industrializados compensa los gastos de distribución, desde la producción de la venta al detal, comprendiendo los gastos del transporte de la hacienda al matadero, del matadero a la carnicería y todos los gastos del sacrificio. El aprovechamiento de subproductos es de vital importancia en la industria cárnica y puede ser utilizado para la elaboración de alimento animal, preparación de cueros, clarificantes, plasma sanguíneo, plastificantes, pinturas, barnices, aglutinantes, embutidos y sueros biológicos.

El uso del contenido ruminal como fuente de alimento, se atribuye al Dr. Manuel Alfredo Llorens, a mediados del siglo XX. El procedimiento que utilizó fue el secado del CR extraído del matadero de animales que pastaron antes del sacrificio en excelentes pasturas, y con la adición de algunos componentes se fabricaban bolos sólidos de 50 g, funcionando satisfactoriamente como ayuda en los destetes (Ríos y Ramírez, 2012), actualmente se ha utilizado en la alimentación animal, administrándose como harina, ensilaje o bloques nutricionales (Morales *et al.*, 1996; Rafaelli *et al.*, 2006; Acevedo, *et al.* 2008). El contenido ruminal se procesa en forma

similar a la harina de sangre (deshidratación), el producto obtenido conocido como Harina Forrajera es utilizado en la industria de los piensos balanceados, para ser incluido como un subproducto útil en la formulación de algunas dietas alimenticias, especialmente en rumiantes, utilizada como suplemento alimenticio en aquellas regiones en las cuales se presentan deficiencias de pasturas naturales (Figueroa y Sánchez, 1997), así como se ha integrado en la formulación de dietas para conejos, ovinos, cerdos, aves y cuyes (Dominguez, *et al.*, 1996; Quemba, *et al.*, 2009; Ríos y Ramírez, 2012; Martínez, *et al.*, 2011; Núñez *et al.*, 2016).

De acuerdo a un estudio realizado en la Universidad de Belgrano Zabala de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, en el cual se analizó la composición química y valor nutricional del CR y de línea verde obtenido antes de caer en las tolvas de depósito. Se llevó un registro de la raza, sexo, peso y origen del ganado que se faenó en el momento del muestreo, y se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro 6) (Rafaelli *et al.*, 2006).

Cuadro 6. Análisis químico proximal de muestras de contenido ruminal y línea verde (Rafaelli *et al.*, 2006).

Variable (g/100g MS)	Contenido ruminal	Línea verde
Humedad	84.48 ±4.01	94.28 ± 6.18
Proteína	10.40 ± 1.01	11.91 ± 2.47
Extracto etéreo	2.23 ± 0.19	3.74 ± 0.77
Fibra cruda	34.29 ±2.59	38.12 ±0.66
Fibra neutro detergente	65.14± 2.30	72.73± 0.87
Fibra ácido detergente	41.19± 3.02	46.71± 1.46
Hemicelulosa	23.95± 1.57	25.93± 0.67
Lignina	14.13± 0.88	14.35± 0.54
Celulosa	27.05± 2.24	32.35± 1.90
Ceniza	15.85 ± 1.63	8.33 ± 1.70
Extracto libre de nitrógeno	37.21 ± 1.27	38.39 ± 1.99

En la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, se evaluó el efecto de la Materia Seca del Contenido Ruminal de Bovinos (MSCRB) faenados en la Empresa Municipal de Faenado de Antonio Ante, Ecuador, en dietas alimentarias para la etapa de crecimiento y finalización de porcinos (*Sus scrofa domesticus*); se utilizaron para esta investigación 18 porcinos de la raza Landrace, destetados a los 45 días de edad, el diseño experimental empleado completamente al azar con 3 tratamientos (T) y seis repeticiones; en la etapa de desarrollo se utilizó un balanceado al 21% de proteína, al mismo que se incluyó 0% de materia seca de contenido ruminal de bovino para T1; 10% MSCRB para T2 y 20% de MSCRB para T3; para la etapa de finalización se utilizó un balanceado al 18% de proteína, al mismo que se incluyó 0% de MSCRB para el T1; 10% de MSCRB para el T2 y 20% de MSCRB para el T3; la investigación duro 120 días, 60 para la primera etapa y 60 para la segunda; se evaluó el consumo de alimento, incremento de peso, conversión alimenticia y análisis económico.

Los resultados arrojaron para la Etapa 1 la menor ganancia de peso con el nivel más alto de MSCRB (20%), sin embargo también reportan que en la variable consumo de alimento no encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos, los balanceados a los que se incluyó el 10% y 20% de la materia seca del contenido ruminal presentaron menor costo, en la Etapa 2 el tratamiento que mostro mayor incremento de peso promedio fue: T1 balanceado comercial con 88.99 kg/animal, el consumo de alimento promedio de 240.86 kg de alimento/animal, los balanceados a los que se incluyó el 10% y 20% de la materia seca del contenido ruminal presentaron el menor costo, como conclusión los balanceados a los que se incluyó el 10% y 20% de la materia seca del contenido ruminal (Goveo, 2008).

El contenido ruminal es uno de los contaminantes con mayor impacto ambiental ya que la producción anual alcanza unas 85.000 toneladas, volumen que produce una alta carga orgánica en los efluentes de los rastros que por su forma de depósito llegan a fosas sépticas, basureros municipales y aguas residuales fomentando la contaminación, sin embargo, en lugar de ser visto como un contaminante, es una

fuerza valiosa de nutrimentos cuando se incorpora a las dietas de animales (Uicab y Sandoval, 2003; Trillos *et al.*, 2007). El aprovechamiento adecuado de este recurso, se convierte en una fuente alimenticia no convencional para los animales, que no compite con la alimentación humana (Domínguez, 1991), y contribuye a un mejor manejo de los efluentes, que significan un problema para el medio ambiente y para las empresas, ya que al ser un contaminante implica necesariamente su eliminación, con elevados costos en cuanto a agua para enviarlo a drenaje, transportación de sólidos y mano de obra, entre otros (Domínguez, 1994).

2.4 MICROBIOLOGIA DE LOS ALIMENTOS

La inocuidad de los alimentos de origen animal destinados al consumo humano, comienza con la inocuidad de los alimentos para animales, estos pueden constituirse en portadores de agentes de enfermedades o de contaminantes químicos, físicos o microbiológicos, los que pueden transferirse a los alimentos para consumo humano. Para garantizar la salud animal, inocuidad y trazabilidad de los alimentos para animales es necesario obtener y utilizar alimentos procedentes de establecimientos nacionales bajo control oficial o alimentos importados autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero, la implementación de programas de trazabilidad en los diferentes eslabones de la cadena alimentaria animal, desde la producción y su circulación en el mercado, es indispensable para eventuales emergencias que puedan comprometer la salud animal y salud pública, quienes producen alimentos para animales son los principales responsables que éstos sean inocuos y que no tengan un impacto negativo en la salud animal, para lo cual las buenas prácticas de fabricación, sistemas de aseguramiento de calidad, análisis de peligros y puntos críticos de control, entre otros, son herramientas de programas de autocontrol y su exigencia e implementación en las plantas donde éstos se obtienen, refuerza tal carácter (SAG, 2017). Los sistemas nacionales de control de los alimentos están destinados a proteger la salud y el bienestar de los consumidores, promover el comercio de los alimentos y los productos alimenticios, así como preservar los

intereses de los productores, elaboradores o vendedores de alimentos honrados y cumplidores, contra la competencia deshonesto o desleal (FAO, 2012).

El entorno mundial del comercio de productos alimenticios impulsado por las exigencias de los consumidores y el aseguramiento de la inocuidad para la prevención de las enfermedades, impone numerosas obligaciones a los países, en cuanto al fortalecimiento de sus sistemas de control de los alimentos que incluyen: la legislación alimentaria, la inspección de los alimentos, los análisis (laboratorios oficiales), la gestión del control de los alimentos y la información, educación y comunicación. Las Normas Oficiales Mexicanas que establecen la metodología para la determinación de microorganismos patógenos en alimentos no han sido actualizadas desde que fueron publicadas en los años noventa, a excepción de la norma NOM-242-SSA1- 2009, “Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba”, que fue publicada en el año 2010. Esta situación persiste en nuestro país, a pesar de que la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN) establece en su Artículo 51 que: Las normas oficiales mexicanas deberán ser revisadas cada 5 años a partir de la fecha de su entrada en vigor. A diferencia de las normas mexicanas, las normas internacionales han sido actualizadas recientemente, sin embargo, CENAM (2011) señala que las metodologías microbiológicas nacionales para el análisis de productos cárnicos, frutas, verduras y marinos, en comparación con las internacionales, (metodologías propuestas y validadas por organismos de reconocimiento internacional ISO, AOAC, BAM) no son concordantes en el uso de técnicas de biología molecular, pruebas automáticas y ensayos rápidos mediante kits comerciales, pero sí son concordantes o parcialmente concordantes, dependiendo del caso, con las metodologías tradicionales de identificación bioquímica y medios selectivos (Cuadro 7), para la realización de análisis microbiológicos de los alimentos, cuantificando e identificando microorganismos patógenos que contaminan las muestras y son perjudiciales para el ser humano y los animales (Ossa y López, 2008).

Cuadro 7. Comparación de la fecha de revisión de las Normas para detección de microorganismos patógenos en alimentos Nacionales e Internacionales (CENAM, 2011).

Aplicación de la Norma	Norma Oficial Mexicana (NOM)	Comité Europeo de Normalización Asociación Española de Normalización y Certificación (UNE/ISO)	Bacteriological Analytical Manual (BAM)	British Standard Institution (BS)
Salmonella	114-SSA1- 1994 Revisión 1995	6579:2002 Revisión 2003	Capítulo 5. Salmonella. Revisión 2011	
Listeria monocytogenes	143-SSA1- 1995 Revisión 1997	11290-1:1997 Revisión 1997 11290-2:2000 Revisión 2000	Capítulo 10. Detección y recuento de Listeria monocytogenes en los alimentos. Revisión 2011 Protocolo: Confirmación simultánea de especies aisladas de Listeria y L. monocytogenes por PCR en tiempo real. Revisión 2011	
Staphylococcus aureus	115-SSA1- 1994 Revisión 1995	6888-1: 1999 Revisión 2000 6888-2:1999 Revisión 2000 6888-3:2003 Revisión 2003	Capítulo 12 Staphylococcus aureus Revisión 2001	5763:Part 7:1983 Revisión 1983
E coli O157		16654:2002 Revisión 2002		
Escherichia coli diarreogénica			Capítulo 4ª Escherichia coli diarreogénica. Revisión 2011	
Bacterias coliformes y E. coli	112-SSA1- 1994 113-SSA1- 1994 Revisión 1995	16654:2002 Revisión 2002	Capítulo 4. Recuento de Escherichia coli y bacterias coliformes. Revisión 2002	5763:Part13:1989 Revisión 1989 5763:Part 10:1993 Revisión 1993
Vibrio	NOM-242- SSA1-2009 Revisión 2010		Capítulo 9. Vibrio. Revisión 2004	5763:Part14:1991 Revisión 1991
Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras	109-SSA1- 1994 Revisión 1994		Capítulo 1: Muestreo de alimentos y preparación de la muestra homogeneizada. Revisión 2003	5763:Part 0:1986 Revisión 1986
Preparación y dilución de muestras	110-SSA1- 1994 Revisión 1995	6887-1 Revisión 2000	Capítulo 1: Muestreo de alimentos y preparación de la muestra homogeneizada. Revisión 2003	5763:Part 0:1986 Revisión 1996

2.4.1 Microorganismos Indicadores de la calidad sanitaria

Los denominados microorganismos indicadores de la calidad microbiana o indicadores de la durabilidad, son organismos, o productos metabólicos de éstos, cuya presencia en determinados niveles en los alimentos se utiliza para evaluar la calidad del alimento o para predecir la durabilidad del mismo. Los indicadores son específicos de cada producto pero en general deben satisfacer los criterios siguientes: deben estar presentes y ser detectables en todos los alimentos cuya calidad deba ser evaluada, su multiplicación y cantidad deben ser inversamente proporcionales a la calidad del producto, se deben poder detectar y contar de manera fácil y en poco tiempo, debe ser posible diferenciarlos de otros organismos y su proliferación no puede ser interferida por la flora normal del alimento en estudio (Jay, 2002).

Los microorganismos indicadores son aquellos que tienen un comportamiento similar a los patógenos en cuanto a concentración en las aguas y reacción frente a factores ambientales, pero son más fáciles, rápidos y económicos de identificar. Una vez que se ha demostrado la presencia de estos grupos indicadores, se puede inferir qué microorganismos patógenos se encuentran presentes y su comportamiento frente a diferentes factores como pH, temperatura, presencia de nutrientes y tiempo de retención hídrica (Murell, *et al.*, 2013), principalmente bacterias que afecten el tracto intestinal (Vásquez y Cabral, 2001) y son:

- Aerobios (indicador útil de conservación de la mercancía)
- Enterobacterias (detección de contaminación fecal antigua)
- Coliformes (indicador de contaminación fecal reciente)
- Enterococos (indicador de la buena desinfección en fábrica)
- Hongos y levaduras (indicador de riesgo de micotoxinas y estado de conservación)

2.4.2 Mesófilos aerobios

En este grupo se incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 35°C +/- 2°C en las condiciones establecidas. En este recuento se estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos, refleja la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación y las condiciones higiénicas de la materia prima (Campuzano *et al.*, 2015). Es evidente que en una situación particular podrían quedar incluidos microorganismos patógenos. Interpretación de los recuentos altos según el tipo de alimento en productos estables indica materia prima contaminada, debido a tratamientos no satisfactorios desde el punto de vista sanitario y deficiente manipulación durante el proceso de elaboración. En productos perecederos indica además condiciones inadecuadas de tiempo y temperatura durante el almacenamiento (Renaloe, 2014).

Algunas cepas de bacterias mesófilas comunes, no generalmente consideradas como agentes de enfermedades transmitidas por los alimentos (*Proteus* sp., *Enterococos* y *Pseudomonas* mesófilas) han sido señaladas como causa de enfermedad cuando existían en número elevado de células viables. Todas las bacterias patógenas conocidas en los alimentos son mesófilas y en algunos casos contribuyen con su presencia a los recuentos en placas encontrados. El método de detección comúnmente empleado para la determinación de este indicador es el de recuento estándar en placa vertida. En general se utiliza un medio de cultivo rico en nutrientes sin sustancias inhibitoras ni indicadores; el medio más utilizado mundialmente es el agar para recuento en placa o agar triptona-glucosa-extracto de levadura. Las colonias obtenidas en el medio sólido se cuentan después de la incubación en aerobiosis a 35 ± 2 ° C por 48 a 72 horas (Renaloe, 2014).

Por otra parte, la investigación de bacterias mesofílicas aerobias proporciona información acerca del número total de bacterias viables, constituyendo un recurso valioso adicional para determinar el grado de exposición del agua y alimentos a la contaminación por microorganismos. El recuento de estos organismos representa un

respaldo al significado atribuido a los resultados de los análisis de coliformes (Vásquez y Cabral, 2001).

2.4.3 Organismos Coliformes

Los coliformes totales se definen como bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 ° C y producen ácido y gas (CO₂) en 24 h, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática β -galactosidasa. Entre ellas se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (Murell, *et al.*, 2013), distribuidas ampliamente en la naturaleza, se pueden encontrar en el agua, el suelo, semillas y los vegetales, y forman parte de la flora intestinal de los seres humanos y de los animales de sangre caliente (homeotermos) y fría (Campuzano *et al.*, 2015).

La principal bacteria de este grupo es la *Escherichia coli* cuya presencia en los alimentos indica una posible contaminación fecal por lo cual el consumidor en caso de ingerir ese alimento podría estar expuesto a bacterias entéricas (Haller, *et al.*, 2009). Se distinguen dos tipos de *E. coli*; cepas oportunistas y cepas enteropatógenas (enterotoxigénicas) o productoras de enterotoxina. Algunas cepas tienen una sola posibilidad invasora, determinada por su capacidad para atravesar la mucosa intestinal. Puede estar afectado el sistema linfático y no pocas veces se produce septicemia terminal. La colonización del intestino delgado por cepas enterotóxicas de *E. coli* depende de ciertos pili. Las cepas enterotóxicas producen dos enterotoxinas: una termolábil (LT) y una termoestable (ST), diferenciándose ambas en sus propiedades tóxicas, inmunológicas, físicas y químicas. Generalmente las cepas productoras de enterotoxinas no son invasoras, pero su enterotoxina es adsorbida en las células epiteliales. La enterotoxina LT activa la enzima adenilciclase, produciendo esta última la transformación del ATP en AMP cíclico, generando la excreción de Cl⁻ e inhibiendo la adsorción de Na⁺, dando como resultado una gran pérdida de líquidos (Carter, 1991).

2.4.4 Mohos y Levaduras

Los hongos son miembros del Reino Fungi que no están diferenciados en raíces, tallos y hojas; carecen del pigmento fotosintético verde, la clorofila. Presenta múltiples formas, incluidos setas, mohos y levaduras. Comúnmente se da el nombre de moho a ciertos hongos multicelulares filamentosos, dotados de un micelio verdadero, microscópicos, y cuyo crecimiento en los alimentos se conoce fácilmente por su aspecto aterciopelado o algodonoso (Renaloe, 2014).

Los hongos son microorganismos aeróbicos estrictos, aunque hay algunas especies facultativas. Su nutrición es heterótrofa con nutrición por absorción, adquieren su energía de compuestos orgánicos del suelo y del agua, se desarrollan en un rango de pH de dos a nueve y temperaturas entre 10 a 35°C. Las levaduras son hongos unicelulares de forma esférica, alargada u ovalada, presentan diferentes colores: blanco, rosado, beige o rojo. Su tamaño oscila entre 2,5 – 10 micrómetros de ancho y 4,5 - 21 micrómetros de largo. Son microorganismos anaerobios facultativos. Estos microorganismos se pueden encontrar ampliamente distribuidos en la naturaleza, formando parte de la flora normal de un alimento o como agentes contaminantes de estos (Campuzano, 2015).

La importancia de la presencia de mohos y levaduras en los alimentos está determinada por la capacidad de producir diferentes grados de deterioro y descomposición de los mismos, debido a la utilización de carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas y lípidos, originando un mal olor alterando el sabor y color en la superficie de los productos contaminados, además permiten el crecimiento de bacterias patógenas. Además, los hongos producen metabolitos tóxicos conocidos como micotoxinas, compuestos estables que no se destruyen durante el procesamiento de alimentos, por lo que son responsables de intoxicación con consecuencias graves (cáncer, mutagénesis) en los órganos afectados. También están asociados a reacciones alérgicas e infecciones sobretodo en la población inmunocomprometida (Renaloe, 2014).

2.5 ENZIMAS EXÓGENAS

Por mucho tiempo los productores han utilizado una gran variedad de materias primas para la alimentación de cerdos, su uso en la alimentación de cerdos está limitado por su alto contenido de fibra, presencia de sustancias tóxicas y baja disponibilidad, no alcanzando éstas su potencial nutricional real y en muchos casos causan un rompimiento del equilibrio homeostático del animal. La industria biotecnológica ha creado un gran número de promotores de crecimiento, tales como las enzimas sintéticas, las cuales, usándose adecuadamente de acuerdo a los diferentes rangos de sustrato y la influencia ejercida por la micro-flora entérica, mejoran el valor biológico de las materias primas (Quintero, 1995).

Las enzimas son compuestos orgánicos, de origen proteínico, que actúan como catalizadores biológicos de los procesos digestivos y metabólicos, modificando la velocidad de las reacciones químicas, sin aparecer en los productos finales, aumentando el ritmo de reacción hasta 10^9 a 10^{12} veces de síntesis y digestión, degradación que ocurren en el animal, en comparación con el de reacciones no catalizadas (McDonald *et al.*, 2002), convirtiendo a las enzimas en el motor que mueve la actividad de todas las células del organismo, controlando así, todas las funciones de mantenimiento, crecimiento y reproducción de los animales, se caracterizan por su marcada especificidad debido a que existe una forma de enzima particular para cada tipo de sustrato. Esto ayuda para ejercer efectos específicos sobre la digestibilidad de algún nutriente en particular (proteasas, peptidasas, carbohidrasas y lipasas), sin afectar al reto, logrando una digestión eficaz y completa, mejorando sustancialmente la absorción de nutrientes (Avila, 2002).

Las enzimas se incluyen en los piensos y en las raciones de los animales para mejorarla disponibilidad de los nutrientes que no pueden ser digeridos por el propio animal. De esta forma, podemos mejorar la disponibilidad de la energía (mediante carbohidrasas que liberan los monómeros de las diferentes fibras o lipasas que hidrolizan las grasas), proteína (mediante proteasas que mejoran la disponibilidad de

aminoácidos) y minerales (como las fitasas que liberan el fósforo (P) vegetal poco disponible) del pienso. Esto supone una mejora del valor nutritivo de las materias primas de los piensos, del rendimiento de los animales a través de una mejora del índice de conversión y una reducción del precio del pienso. Las enzimas al facilitarle al animal la digestión del alimento mediante el efecto hidrolítico, mejora la biodisponibilidad y la absorción de nutrientes en el tracto digestivo, resultando en un ahorro de energía que se refleja en una mejor conversión y ganancia de peso; con el consiguiente impacto favorable en los costos (Avila, 2002).

2.5.1 Origen de las enzimas fibrolíticas exógenas

A partir de la última década, preparaciones con enzimas fibrolíticas comenzaron a ser económicamente evaluadas como herramientas mejoradoras de procesos digestivos en monogástricos y rumiantes (Yang *et al.*, 2001; Gado *et al.*, 2009).

Los preparados enzimáticos son comercializados primeramente sobre la base de su capacidad para degradar la pared celular de las plantas y, como tal, son frecuentemente referidos como celulasas o xilanasas (Muirhead, 1996). Aunque existe una gran variabilidad de productos enzimáticos comercializados para el ganado, estos se derivan fundamentalmente de solo cuatro bacterias: *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *L. plantarum* y *Streptococcus faecium*), y tres especies de hongos: *Aspergillus oryzae*, *Trichoderma sp.* y *Saccharomyces cerevisiae* (Cuadro 8), sin embargo como *Cladosporium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Myrothecium*, *Paecilomyces*, *Penicillium* y *Trichoderma* han sido ampliamente estudiados con respecto a su capacidad enzimática celulítica (Lynd *et al.*, 2002).

Hoy en día, es poco lo que se conoce acerca de los mecanismos que utilizan las enzimas fibrolíticas para mejorar el aprovechamiento del alimento. Varios modelos de acción han sido propuestos para explicarlos, entre los que se incluyen: a) incrementando la colonización microbiana de las partículas del alimento, b) favoreciendo la unión y/o mejorando el acceso a la matriz de la pared celular para los

microorganismos y las enzimas microbianas ruminales y así acelerar la tasa de digestión y c) favoreciendo la capacidad hidrolítica del rumen debido a la adición de enzimas activas y/o por un efecto sinérgico con las enzimas microbianas ruminales (Parodi y Landi, 2012).

Cuadro 8. Lista parcial de organismos aptos para ser incorporados en alimentos para rumiantes y monogástricos, aprobados por la Asociación Americana Oficial de Control de Alimentos, AAFCO 2002 (Beauchemin *et al.*, 2003).

Actividad	Organismo productor	Actividad	Organismo productor
Celulasa	<i>Aspergillus Niger</i>	Hemicelulasa	<i>Aspergillus Niger</i>
Celulasa	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> (<i>T. reesei</i> , <i>T. viride</i>)	Hemicelulasa	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> (<i>T. reesei</i> , <i>T. viride</i>)
Celulasa	<i>Humicola insolens</i>	Hemicelulasa	<i>Bacillus lentus</i>
Beta-glucanasa	<i>Aspergillus niger</i>	Hemicelulasa	<i>Bacillus subtilis</i>
Beta-glucanasa	<i>Aspergillus aculeatus</i>	Hemicelulasa	<i>Humicola insolens</i>
Beta-glucanasa	<i>Bacillus lentus</i>	Hemicelulasa	<i>Aspergillus aculeatus</i>
Beta-glucanasa	<i>Bacillus subtilis</i>	Xylanasa	<i>Aspergillus Niger</i>
Beta-glucanasa	<i>Humicola insolens</i>	Xylanasa	<i>Bacillus lentus</i>
Beta-glucanasa	<i>Penicillium funiculosum</i>	Xylanasa	<i>Bacillus subtilis</i>
Beta-glucanasa	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> (<i>T. reesei</i> , <i>T. viride</i>)	Xylanasa	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> (<i>T. reesei</i> , <i>T. viride</i>)
		Xylanasa	<i>Penicillium funiculosum</i>
		Xylanasa	<i>Humicola insolens</i>

2.5.2 Usos y utilidad de las enzimas fibrolíticas exógenas en la alimentación

La alimentación dentro de un sistema de producción pecuaria es el mayor rubro económico, por lo que se han empleado diversas tecnologías para mejorar la utilización de los nutrientes, principalmente de los carbohidratos estructurales de la fibra. La adición de enzimas fibrolíticas en alimentos puede estimular la ganancia diaria de peso y la producción láctea (Lewis *et al.*, 1999; Rode *et al.*, 1999; Yang *et al.*, 2000; Pinos *et al.*, 2005). Ello se ha explicado por el efecto positivo que ejercen las enzimas exógenas sobre la hidrólisis de los carbohidratos de la pared celular,

favoreciendo un aumento en la cantidad de sustrato disponible para los microorganismos ruminales (Moreno *et al.*, 2007).

El uso de enzimas digestivas exógenas a la ración alimenticia se justifica cuando la capacidad de digestión del animal es limitada, como es el caso de animales jóvenes, enfermos o bajo estrés; en los altos niveles de producción, donde la inclusión de enzimas digestivas a la ración de los animales puede mejorar el uso del alimento y el rendimiento, y cuando existe carencia de una enzima específica para la digestión de un nutriente (Wenk, 1992).

Enzimas utilizadas como suplementos alimenticios para cerdos han reportado resultados positivos en infinidad de situaciones. La mayoría de estos estudios se realizaron con lechones recién destetados, obteniéndose resultados favorables al añadir enzimas exógenas a la dieta, las cuales decrecen con la edad del animal. Esto se debe al incremento de la capacidad digestiva del cerdo, con una mayor producción enzimática, además de una mayor degradación microbial en el tracto intestinal; no obstante, la suplementación enzimática de cerdos en crecimiento y engorde puede dar respuestas favorables (Inborr, 1990).

En el caso de los rumiantes, los primeros trabajos de investigación sobre el empleo de enzimas exógenas proceden de la década de los 60. La variabilidad de los resultados obtenidos, unido a las elevadas dosis y coste de producción de las enzimas, hicieron desistir en su empleo. En la actualidad, la reducción en los costes industriales de fermentación y la existencia de preparaciones enzimáticas de actividad más alta y mejor definida, han vuelto a plantear el interés por el estudio del papel de las enzimas fibrolíticas en la alimentación de los rumiantes. Trabajos recientes han demostrado así que la suplementación con enzimas exógenas (celulasas y xilanasas) puede mejorar la digestibilidad ruminal y aumentar la producción de leche o el crecimiento de los rumiantes. Estos resultados resultan sorprendentes para algunos autores al considerar el extenso potencial de las enzimas fibrolíticas endógenas de la microflora del rumen. Entre las razones que

justifican el empleo de enzimas en rumiantes, destacan las señaladas por Beauchemin y Rode (1996) y Hristov *et al.* (1996). La digestibilidad de la materia orgánica en rumiantes raramente supera el 90% y resulta con frecuencia considerablemente menor, actualmente se dispone de nuevos alimentos para rumiantes, muchos de ellos subproductos de baja calidad, en los que las enzimas pueden ser de especial utilidad para mejorar sus posibilidades digestivas (Caja *et al.*, 2003).

2.5.3 Uso de la enzima xilanasa en dietas para porcinos

La alimentación dentro de un sistema de producción pecuaria es el mayor rubro económico, por lo que se han empleado diversas tecnologías para mejorar la utilización de los nutrientes, principalmente de los carbohidratos estructurales de la fibra (Moreno *et al.*, 2007). La pared celular es el mayor constituyente orgánico de los forrajes, ya que comprende del 40 al 80% de la materia seca y está constituida por polisacáridos estructurales como celulosa, hemicelulosa y pectina (Pinos *et al.*, 2002).

El uso de la fibra en las dietas para cerdos se ha restringido debido a que a medida que se incrementa, la digestibilidad de los demás nutrientes y los parámetros productivos se afectan. Sin embargo, ingredientes con alto contenido de fibra (polisacáridos no almidonosos, PNA), como el salvado de trigo, se han incorporado en alimentos para cerdos recién destetados, ya que mejora la salud intestinal, modula la actividad y composición de la microflora intestinal. Además, las bacterias pueden fermentar la fibra en el intestino grueso produciendo la liberación de ácidos grasos volátiles que sirven como energía (Martínez *et al.*, 2017). Una estrategia para mejorar la utilización de los alimentos y, en particular, de materia les fibrosos es el uso de enzimas fibrolíticas exógenas (Márquez *et al.*, 2010), este aditivo se ha utilizado ampliamente utilizadas en los monogástricos, con objeto de eliminar los

factores antinutritivos de los alimentos, aumentar la digestibilidad de los nutrientes, y complementar la actividad de las enzimas endógenas (Caja *et al.*, 2003).

La xilanasa es una enzima derivada de una fuente fúngica, la razón por la cual son tan efectivas en los tipos de cereales existentes, es que normalmente los arabinoxilanos representan aproximadamente entre el 40 y el 50% del total de los polisacáridos de la fibra encontrada en las dietas de los cerdos de acabado, como el trigo, cebada, maíz o sorgo, produciendo una mejor asimilación de los nutrientes en las dietas no viscosas a través de un mecanismo que provoca la degradación de los arabinoxilanos de cadena larga en xilo-oligómeros de cadena corta. Esto conduce a la apertura de las paredes celulares en el alimento, lo cual libera los nutrientes que podrán ser digeridos por las propias enzimas del animal; estos xilo-oligómeros pueden actuar también como prebióticos, favoreciendo el crecimiento de una microbiota intestinal positiva y bien equilibrada (SETNA, 2015).

Entre los carbohidratos presentes en los ingredientes que componen los piensos compuestos, el almidón es el más importante, pues constituye una fuente de energía de fácil digestión, además de los carbohidratos, también se incluyen macromoléculas tales como celulosa, hemicelulosa y pectina. Estas moléculas son de difícil o imposible digestión por parte de los monogástricos por no producir las enzimas necesarias para la degradación de la pared celular, y se clasifican como Polisacaridos No Amilaceos (NSP, Non-starch PolySaccharide) (López, 2000).

Los arabinoxilanos y los betaglucanos son NPS que juegan un papel importante en la alimentación de los monogástricos, están presentes en la cebada, avena entre otros (*β -glucanos*) y en trigos, centeno, soya y triticale (arabinoxilanos y pentosas), principalmente en el endospermo y en la aleurona. Estos *β -glucanos* y pentosas son indigeribles por las enzimas endógenas de las aves y cerdos, generando limitaciones en la dieta. Los *β -glucanos* constituyen la base más abundante de polisacáridos naturales dada la elevada presencia en la naturaleza del 1,4- *β -glucano*, la celulosa. Sin embargo, muchos otros *β -glucanos* son también producidos por los

microorganismos y por organismos vegetales superiores. Los glucanos son homopolímeros de *D-glucosa* unidos en una configuración beta. Algunos son relativamente simples consistentes en cadena lineales de unidades de glucosa unidos por un enlace simple. Otros consisten en una variedad de enlaces en cadenas lineales o ramificadas. Los tipos de enlaces de estos beta-glucanos incluyen uniones 1,4- β ; 1,3- β ; 1,6- β ; 1,3- β y 1,6- β ; 1,3- β ; 1,4- β ; y 1,2- β y 1,4- β (López, 2000).

El impacto de este mecanismo de acción parece ser particularmente pronunciado en las últimas fases de desarrollo y finalización de cerdos. A medida que un cerdo va creciendo, no solo tiene más capacidad para aprovechar una parte de los ácidos grasos volátiles (AGV) producidos a partir de los oligosacáridos por la microflora del intestino, sino que llega a aprovechar hasta un 30% de la energía procedente de la fibra degradada. Al mejorar el aporte de xilo-oligómeros de cadena corta y estimular la fermentación de la microbiota beneficiosa, la aplicación de una xilanasa efectiva en dietas a base de maíz o sorgo también puede aumentar la producción de AGV. La consecuencia directa podría ser una mejora en el aporte de energía, en el crecimiento y en el IC (índice de conversión). En cerdos durante las etapas de desarrollo y finalización, la ingesta de alimento es alta, estas mejoras que se producen con el uso de la aplicación de la biotecnología en la alimentación suponen un valor añadido para el productor (SETNA, 2015).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El presente estudio se realizó en Instituto Tecnológico de Altamira (ITA), ubicado en el km 24.5 de la carretera Tampico Mante, en el municipio de Altamira Tamaulipas, (22°25'24.99'' Latitud N, 97°50'44.88'' Longitud W) a 21 msnm. El rastro del Municipio de Tampico, Tamaulipas (22°18'22.17'' Latitud N, 97°51'32.04'' Longitud W) a 8 msnm. El rastro de Tampico Alto, Veracruz (22°07'57.31'' Latitud N, 97°48'0.03'' Longitud W) a 15 msnm. El Parque Ecológico y Recreativo “El Solito” localizado en la brecha “La huasteca” km 100, Tampico Alto, Veracruz (22°05'5.02'' Latitud N, 97°46'45.01'' Longitud W). El Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía (FAUANL), en el municipio de Escobedo, N.L., (25°47'4.66'' Latitud N, 100°17'14.74'' Longitud W) y el Laboratorio de Suelos que pertenece a la Unidad Académica Marín, FAUANL, ubicada en la carretera ZuaZua – Marín km 17, en el municipio de Marín, N.L., (25°52'13.5'' Latitud N, 100°02'22.56'' Longitud W), (INEGI, 2014).

El clima de Altamira, Tamaulipas es cálido subhúmedo con lluvias en verano, las precipitaciones anuales fluctúan entre los 900 y 1100 mm. El rango de temperatura fluctúa entre los 22 y 26 °C con una humedad relativa de 80% (INEGI, 2014).

El clima de Tampico Alto Veracruz es cálido húmedo con régimen de lluvias en verano, el rango de temperatura media oscila entre los 24 – 26 °C, con una humedad relativa de 72 % y precipitación anual de 1100 a 1300 mm (INEGI, 2014). Durante el periodo experimental, en los meses de mayo a julio de 2014, se registró la temperatura utilizando un termómetro digital, observando un promedio de 31°C presentando una máxima 35.2°C y mínima de 26.4°C.

El Servicio Meteorológico Nacional reporta las temperaturas más altas del año en los meses de mayo, junio, julio y agosto con un promedio para el estado de Tamaulipas de 34.83°C, en el año 2014 durante los meses de mayo a julio se registró un promedio de temperatura máxima de 33.3°C y mínima de 22.3°C, observándose una temperatura máxima extrema de 42.7°C, y para el estado de Veracruz la temperatura máxima promedio fue de 30.4°C y mínima de 20°C, registrando una máxima extrema de 43.2 °C (CONAGUA, 2016).

3.2 Colección y manejo del contenido ruminal

3.2.1 Contenido ruminal para el análisis microbiológico

Se recolectaron muestras de contenido ruminal de bovino en el rastro de Tampico Alto, Veracruz, en los meses de enero y febrero de 2013 con intervalos de 15 días, se efectuó esta toma inmediatamente después de abrir el operario el rumen de los animales, el contenido se colocó en cubetas de 20 L., protegidas en su interior con bolsas de plástico y fue trasladado a las instalaciones de producción del ITA, extendiéndose en doce superficies de madera - de 1.10 m x 0.43 m - cubiertas con polietileno, se removía cada 8 a 12 h para facilitar su deshidratación a temperatura ambiente, el secado se obtuvo en un tiempo promedio de 15 a 20 días de acuerdo a las condiciones climáticas. Para asegurar la conservación de las muestras de CR se realizó el análisis de materia seca (MS) con la finalidad de verificar que no excediera el 12% de humedad, tomando una muestra representativa por lote y reduciendo el tamaño de la partícula utilizando un micromolino (IKA® MF 10 basic a 5000rpm) con cabezal de molienda por corte (IKA® MF 10.1 basic) y un tamiz con diámetro de luz de 1.0mm (IKA® MF 1.0), se introdujo la muestra en una estufa de circulación de aire forzado (Memmert® Universal 400, temperatura ambiente +5°C a 220°C) a 103°C por 24 a 48 horas (AOAC, 2005), posteriormente se obtuvieron tres muestras compuestas (M1, M2 y M3) que fueron envasadas y rotuladas para su análisis.

3.2.2 Contenido ruminal para la elaboración de dietas experimentales

Se recolectó CR de bovino en el Rastro Municipal de Tampico, Tam., durante los meses de enero a mayo de 2014, colocando el contenido en tambos de 200 L, se trasladó a las instalaciones de producción del ITA, extendiéndose en superficies de concreto con declive previamente sanitizadas en una solución estándar estabilizada de hipoclorito de sodio (NaClO) al 12% (Sani Chlor®, Diken Internacional), distribuyendo el material de CR en capas no mayores a 7 cm de espesor para permitir la deshidratación por exposición directa al sol, cada 8 a 12 h se removió el contenido en forma manual con pala de metal, posteriormente se procedió a la molienda (Veyco®, molino de martillo de 3 HP), extendiéndose nuevamente el contenido por 24 h para maximizar el proceso (el secado uniforme se obtuvo de dos a tres semanas dependiendo de las condiciones del clima), se realizó el análisis de materia seca a una muestra representativa para asegurar un 12 ± 1 % de humedad, el CR fue encostalado, pesado (Iderna® báscula mecánica con capacidad de 2.5 kg mínimo a 500 kg máximo), rotulado y almacenado en la planta de alimentos (se encostalaron 292.50 kg de CR de los cuáles se utilizó 80 kg para la etapa de Desarrollo y 140 kg en la etapa de Finalización, el excedente se donó para la alimentación animal).

3.3 Análisis del contenido ruminal y alimento experimental

3.3.1 Análisis microbiológico del contenido ruminal

Los análisis se desarrollaron en el laboratorio de Nutrición del Instituto Tecnológico de Altamira, en base a las normas: NOM – 109 – SSA1 – 1994 Procedimiento para la Toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su Análisis Microbiológico (Secretaría de Salud, 1994) y NOM-110-SSA1-1994 Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico (Secretaría de

Salud, 1994), las muestras M1, M2 y M3 de CR se analizaron cada una por duplicado, consistió en la cuantificación de Mesófilos aerobios (a), Coliformes totales (b) y Hongos-levaduras (c), realizándose la determinación por duplicado efectuando diluciones decimales seriadas hasta 10^{-4} , estos procedimientos se realizaron en base a las Normas Oficiales Mexicanas que emite la Secretaria de Salud, en su contenido expresa los objetivos, el fundamento, los aparatos e instrumentos, los reactivos, los materiales, el procedimiento y el cálculo del método para la expresión de resultados.

- a) Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- b) Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. Método para la cuenta de Microorganismos coliformes totales en placa.
- c) Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

3.3.2 Análisis bromatológico del contenido ruminal y dietas experimentales

Se realizó el análisis químico al CR, alimento experimental (desarrollo y finalización) y alimento comercial (testigo; desarrollo y finalización) utilizado en el estudio, las muestras fueron evaluadas por duplicado en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos, en la Facultad de Agronomía de la UANL y en el Laboratorio de Suelos que pertenece a la Unidad Académica Marín, FAUANL, para conocer su valor nutricional. A continuación, se describen los métodos oficiales (AOAC, 2005 y Van Soest et al., 1991) utilizados para cada determinación:

Materia seca (método 930.15; AOAC): El método se basa en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa (humedad) de la muestra desecada hasta obtener un peso constante o durante 24 horas en la estufa de aire, a $103\pm 2^{\circ}\text{C}$. La

materia seca (MS) resulta de sustraer al total, el contenido de humedad, este valor es un criterio esencial de apreciación tanto de su valor nutritivo como de su aptitud para la conservación.

Proteína Cruda (método 2001.11; AOAC): Se determinó el contenido proteico mediante el método de Kjeldahl, consiste en tres pasos: la digestión que convierte el nitrógeno orgánico total en iones de amonio (NH_4^+) con la adición de ácido sulfúrico y catalizadores a temperaturas entre 350 y 380°C, la destilación el cual libera amoniaco (NH_3) que es retenido en una solución que contiene ácido bórico ($\text{B}(\text{OH})_3$) formando iones de amonio solvatados y la titulación que efectúa una valoración estandarizada con Ácido Clorhídrico (HCL) y una mezcla de indicadores, para evaluar la cantidad de amonio presente en la muestra (el rango de concentración de la solución utilizada varía entre 0.01N a 0.05N). El método cuantifica el nitrógeno total de la muestra y mediante un factor de conversión (6.25) se expresa el contenido de proteína cruda.

Extracto etéreo (método 920.39; AOAC): Se efectuó la determinación rápida de aceite/grasa utilizando extracción por solvente a alta temperatura, los lípidos (triacilgliceroles y ácidos grasos libres) presentes en la muestra son sustraídos empleando éter de petróleo, utilizando el Extractor de grasa ANKOM XT 10 (ANKOM Technology®, Macedon, NY) a $90\pm 2^\circ\text{C}$ y tecnología de bolsas filtrantes (XT4, ANKOM Technology®) con porosidad de 2 a 3 μm , cerradas herméticamente por calor.

Ceniza (método 942.05; AOAC): Determinado como el residuo inorgánico (sales minerales) después de incinerar una muestra en la mufla a 550°C durante cuatro horas, el resultado es la ignición y calcinación completa de la materia orgánica de un alimento. Para ello se utilizó una mufla marca Lindberg (Thermo Scientific®, Waltham, MA).

La determinación de **Fibra detergente neutro** (FDN) se realizó por el método de Van Soest, que consiste en una medición de hemicelulosa, celulosa y lignina, estos compuestos representan las paredes celulares de los forrajes, se conocen como carbohidratos estructurales y conforman la parte fibrosa del alimento, se utilizó el analizador de fibra ANKOM 2000® con tecnología de bolsas filtrantes (ANKOM Technology®, Corp. Macedon, NY, EEUU). La muestra de alimento se trató en una solución detergente neutra (Lauril sulfato de sodio), dividiéndose en una fracción muy utilizable que incluye contenido celular y la pectina que son solubles en detergente neutro (lípidos, azúcares, almidón, proteínas y ácidos orgánicos) y una fracción insoluble parcialmente digerible por cualquier especie, constituida por componentes de la pared celular denominada FDN (Pond, W.G., Church D.C. y Pond, K.R., 2012: 25-33).

3.4 Reacondicionamiento del área y equipo para el experimento de campo

3.4.1 Delimitación del área experimental

Se instauró un convenio entre el Instituto Tecnológico de Altamira y el Parque Ecológico “El Solito” para el establecimiento de la fase experimental, recibiendo el apoyo de este último en la construcción de la infraestructura y los requerimientos necesarios. En el diseño de edificación se consideraron los factores relevantes e inherentes (orientación del sol, espacio requerido por animal, condiciones ambientales, necesidades de agua y de manejo) para la realización del trabajo en campo, se construyó una nave porcina con las dimensiones acordes para el engorde y asegurar el bienestar de los animales (diseño y medidas; ver anexo 7.27, 7.28, 7.29 y 7.30), se implementaron 16 corrales utilizando tubo galvanizado con medidas de 2.20 m de largo, 0.80 m de ancho y 0.75 m de altura, con doble puerta de acceso, diseñándose los pasillos y las rampas necesarias para el manejo óptimo de los animales (diseño y medidas; ver anexo 7.31 y 7.32), se acondicionó la instalación con un sistema hidráulico integral de tuberías, utilizando conexiones de bebederos

individuales tipo niple de mordida o chupón de acero inoxidable; los bebederos para lechón (1/2" x 3/8" Vidapec® con fluido de 1.06 l por minuto a 40 PSI) se colocaron a una altura de 35 cm del suelo y a 55 cm los bebederos para adulto (1/2" x 1/2" Vidapec® con fluido de 2.5 l por minuto a 40 PSI), garantizando el suministro constante de agua limpia y se efectuaron las adecuaciones para cubrir las necesidades de desagüe de una explotación porcina, la construcción fue entregada para la continuación del proyecto el día 12 de febrero de 2014.

3.4.2 Elaboración de comederos

Se diseñaron 15 comederos para lechón utilizando garrafas de plástico (capacidad de 20 l) para las etapas de preiniciación e iniciación, debido a que los animales se adquirieron con un peso aproximado de 5 kg (alimentándose con producto comercial hasta que obtuvieran el peso adecuado para el inicio de la prueba experimental); se realizó un corte en la cara frontal de las garrafas (para que el animal accediera al alimento) y un corte en la cara superior (para el ingreso de la ración diaria de alimento), estas áreas se separaron y ajustaron con cinchos, la finalidad fue la reducción de pérdidas al evitar que los cerdos ingresaran en su totalidad al contenedor, disminuir robo o contaminación de alimento por aves o roedores y eficiencia en el proceso diario de abastecimiento alimentario, realizándose pruebas de funcionalidad en animales de 5 a 30 kg (diseño y medidas; ver anexo 7.33 y 7.34). Para la elaboración de los comederos que se utilizaron en las etapas de crecimiento, desarrollo y finalización se modificaron 15 tanques de plástico (forma cilíndrica con capacidad de 50 l y un peso promedio del contenedor vacío de 3.400 kg), efectuándose pruebas de funcionalidad en animales con rango de peso de 50 a 120 kg, se adecuaron los cortes necesarios a los recipientes, se instaló en el interior del contenedor una lámina galvanizada lisa calibre 24 (0.63mm de espesor) con medidas de 40 cm de largo y 43 cm de ancho para crear comederos tipo tolva, realizando un doble en ambos extremos de la lámina (4 cm de ancho) y a lo largo se efectuaron 4 perforaciones para fijarla (con tornillo, arandela y tuerca) a las paredes del comedero,

con la finalidad de asegurar por 24 h la cantidad suficiente de la dieta asignada y disminuir la pérdida de alimento (diseño y medidas; ver anexo 7.35 y 7.36).

3.5 Dietas experimentales

La elaboración de las dietas se desarrolló en la planta de alimentos del Instituto Tecnológico de Altamira (ITA), utilizando como materias primas sorgo, maíz, pasta de soya, melaza, contenido ruminal, premezcla de vitaminas y minerales e incluyendo como aditivo en dos tratamientos (DT3 y FT3) enzima fibrolítica exógena (*Trichoderma reesei*) endo1,4-beta xilanasa en polvo (Econase® XT, AB Vista) termo estable, capaz de tolerar temperaturas de 95°C y mantener la actividad enzimática. Se elaboraron dos dietas para la etapa de Desarrollo (DT2 y DT3), formulándose 400 kg para cada una y dos dietas de 700 kg respectivamente para la etapa de Finalización (FT2 y FT3), la cantidad de alimento total a elaborar (2.2 t) se dedujo estimando los kg de alimento que el animal consume en cada una de las etapas y se añadió al cálculo un excedente de 10 a 20% de alimento para asegurar el abastecimiento durante el desarrollo de la prueba experimental. Las dietas fueron procesadas utilizando una planta de alimentos compacta PC-3000, con capacidad de producción de 8 t/h y para el pesaje de la enzima Xilanasa se empleó una báscula analítica (AND® HR-200 con capacidad de 210 g). La presentación del alimento en las dos etapas fue en polvo, se encostaló, registrando el peso de los sacos (utilizando una báscula mecánica Iderna®, capacidad de 2.5 kg mínimo a 500 kg máximo) en la base de datos, se rotularon los costales por fecha de elaboración, etapa (desarrollo o finalización) y tratamiento. El alimento se trasladó y almacenó en las instalaciones del Parque Ecológico “El Solito” para ser administrado a los animales durante el experimento.

3.5.1 Aporte nutricional estimado de las dietas experimentales

Basándose en los requerimientos nutricionales para cerdos y el contenido de nutrientes de los alimentos que reporta las tablas del NRC (2012) se formularon las dietas experimentales para la etapa de desarrollo y finalización (Cuadro 9), se compararon estos requerimientos con la composición nutricional del alimento comercial, con la finalidad de establecer dietas experimentales de similar contenido de energía, proteína cruda y fibra detergente neutro, además se realizó una revisión bibliográfica sobre la composición química y los niveles de inclusión de CR factibles para integrarse en las dietas. Se utilizó el método de balanceo de prueba y error (método de tanteo) en hoja de cálculo (García *et al.*, 2012).

Cuadro 9. Contenido nutritivo estimado de las dietas experimentales para las etapas de desarrollo y finalización en cerdos.

Dieta	Desarrollo			Finalización		
	PC	Energía	FDN	PC	Energía	FDN
	%	Mcal/Kg	%	%	Mcal/Kg	%
*1	14	3.26	14.8	12	3.10	15.3
2	14	3.06	19.22	12	2.92	20.02
3	14	3.18	19.63	12	3.04	20.44

PC: proteína cruda, FDN: fibra detergente neutro, *1=alimento comercial estimación con los datos obtenidos de la información nutricional del alimento adquirido y aporte nutricional de la pasta de soya, 2= dieta con contenido ruminal, 3= dieta con contenido ruminal y enzimas fibrolíticas exógenas

3.6 Unidades experimentales

Se utilizaron 15 cerdos con cruce de Yorkshire, Landrace y Duroc conformado por seis hembras y nueve machos (lechones de una misma camada, adquiriéndose a los 26 días de nacidos con un peso aproximado de 5 kg, con fecha de nacimiento 31 de enero de 2014, se desparasitaron, identificaron mediante el Sistema Internacional de

muesqueo o Hampshire y se efectuó la técnica de orquitectomía en los días posteriores a la compra), la alimentación administrada fue producto comercial hasta que obtuvieran el peso adecuado (promedio inicial de 54.183 kg para la etapa de desarrollo y continuando con un peso promedio de 73.080 kg en la etapa de finalización) para el inicio de la prueba experimental.

Los animales se alojaron en corrales individuales siendo sometidos a un período de adaptación de diez días. En este tiempo, el alimento en experimentación fue gradualmente sustituyendo a la alimentación tradicional del productor en un porcentaje del 25, 50, 75, hasta llegar a un 100% de la dieta experimental, el alimento se proporcionó *ad libitum* en comederos individuales tipo tolva, se administró agua a libre acceso por medio de bebederos tipo niple.

Se realizó un manejo zoonosanitario, para cubrir las normas de limpieza, desinfección de los corrales, comederos, bebederos con una solución estándar estabilizada de hipoclorito de sodio (NaClO) al 12% (Sani Chlor®, Diken Internacional) y un programa de desparasitación que consistió de tres aplicaciones, el 21 de mayo de 2014 (día de inicio del periodo de adaptación) con ivermectina al 1% (Ivomec® Merial), a dosis de 300 µg/kg de peso corporal (1 ml/33 kg) por vía subcutánea (aproximadamente 25-75 mm detrás y a nivel de la base de la oreja), una segunda desparasitación el 31 de mayo de 2014, fecha en que finalizó el periodo de adaptación, con Fenbendazol al 4% en polvo (Vermisan® Salud Animal, S.A DE C.V., contenido neto de 12.5 g) a dosis de 5 mg/kg de p.v por vía oral mezclado en el alimento y la tercera desparasitación se efectuó utilizando la misma dosis y producto (Fenbendazol 4%) 15 días después de la segunda aplicación; para el control de la mosca doméstica o común (*Musca domestica*) y mosca de establo (*Stomoxys calcitrans*), se utilizó un insecticida fosforado (tetraclorvinfos al 3% MOSCA R.I.P® Starpet, presentación granulada, contenido neto de 20 g), se depositaba diariamente el producto esparciéndose en lugares estratégicos y más frecuentados por los dípteros (estercoleros o pasillos, adoptando medidas preventivas para evitar contaminación del alimento, ingesta e intoxicación de los

animales) hasta el establecimiento de un control adecuado y posteriormente cada semana para su mantenimiento.

3.7 Tratamientos

Para la asignación de los tratamientos, las unidades experimentales se dividieron aleatoriamente en tres grupos, considerando el sexo y peso corporal, cada conjunto se conformó de tres machos y dos hembras.

Se establecieron tres tratamientos con cinco repeticiones en cada etapa experimental, para la etapa de Desarrollo los tratamientos fueron:

DT1: Alimento Comercial en harina al 14% de PC como testigo, por motivo de que este alimento se consiguió con un 13.5% de PC, se ajustó el porcentaje a 14% utilizando pasta de soya;

DT2: Alimento experimental al 14% de PC con 10% de CR;

DT3: Alimento experimental al 14% de PC con 10% de CR + enzima fibrolítica exógena endo1,4-beta xilanas (40 g/400 kg) en una concentración de 100 g/t.

Para la etapa de Finalización los tratamientos resultantes fueron los siguientes:

FT1: Alimento comercial en harina al 12% de PC como testigo;

FT2: Alimento experimental al 12% de PC con 10% de CR;

FT3: Alimento experimental al 12% de PC con 10% de CR + enzima fibrolítica exógena endo1,4-beta xilanas (70 g/700 kg) en una concentración de 100 g/t.

3.8 Trabajo experimental y variables evaluadas

La prueba experimental de las dietas tuvo una duración de 59 días, iniciando el 21 de mayo de 2014 y culminando el 19 de julio de 2014. La ración alimenticia se ofrecía por la mañana (8:00 / 9:00 h), se limpiaban diariamente los comederos antes del suministro, colocando la cantidad de alimento estimado a consumir por etapa respectiva, posteriormente se evaluaban los comederos en la tarde (17:00 / 18:00 h) con la finalidad de garantizar la cantidad suficiente de alimento al día siguiente; para el pesaje del alimento se utilizó una báscula de reloj colgante (con capacidad máxima 10 kg y división mínima 25 g), registrando diariamente por las mañana el peso del alimento ofrecido y rechazado de cada unidad experimental. El registro de peso vivo individual de los animales se efectuó semanalmente (sábados, iniciando a las 9:00 h y finalizando aproximadamente a las 12:00 h), para ello se utilizó una báscula mecánica de plataforma con capacidad de 500 kg (división mínima de 2.5 kg) y una jaula de acero (con doble puerta de acceso y piso antiderrapante) que fue diseñada conforme a pruebas de ensayo en cerdos con rango de peso de 50 a 110 kg en una granja porcina (diseño y medidas; ver anexo 7.37 y 7.38), los cerdos fueron debidamente identificados, instalando en cada corral un letrero de lámina galvanizada que indicaba el número de corral, muesca, sexo y tratamiento.

Variables a medir durante la etapa de desarrollo y finalización:

- Peso vivo (PV): Se registró el peso individual de los animales al inicio de la prueba y cada siete días entre las 9:00 y 11:00 h antes de iniciar el suministro del alimento (peso vivo semanal, ver anexo 7.1 y 7.2)
- Ganancia diaria de peso (GDP): Se calculó en base a la diferencia de peso vivo (kg) registrado semanalmente y dividido en el número de días (ver anexo 7.3 y 7.4).

$$\text{GDP} = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{Días o periodo de alimentación}$$

- Consumo diario de alimento (CDA): Se evaluó diariamente, tomando en cuenta el peso (kg) de la ración ofrecida (promedio semanal; ver anexo 7.5 y 7.6).

$$\text{CDA} = \text{Consumo de alimento (kg)} / \text{Días o periodo de alimentación}$$

- Índice de Conversión alimenticia (CA): Indica la eficiencia de utilización de los nutrientes del alimento en el aumento de masa corporal durante un periodo o en toda la etapa de engorda (kg), se calculó dividiendo la cantidad de alimento consumido entre la producción neta (promedio semanal; ver anexo 7.7 y 7.8).

$$\text{CA} = \text{Consumo de alimento (kg)} / \text{Ganancia de peso (kg)}$$

- Conversión Económica (CE): Calculado como el costo por concepto de alimentación por kilogramo de peso vivo durante un periodo de tiempo, con la finalidad de conocer la rentabilidad de cada tratamiento; los precios utilizados fueron los vigentes al año 2014 (promedio semanal; ver anexo 7.9 y 7.10).

$$\text{CE} = \text{Costo de alimentación (\$)} \times \text{kg de peso vivo producido}$$

3.9 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con doble bloqueo, aplicando como criterio el peso inicial y sexo, conformado por tres grupos con cinco repeticiones cada uno. Para probar el efecto de los tratamientos, los datos obtenidos fueron analizados empleando el programa SPSS (IBM® SPSS® Statistics 21.0). Por medio de un análisis de varianza (ANOVA) se compararon los resultados de peso vivo, ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento, conversión alimenticia y conversión económica. Los datos se presentan como medias y las diferencias significativas fueron comprobadas mediante la prueba de Tukey, al nivel de $P \leq 0.05$. En el caso de peso corporal, se utilizó como covariable el peso inicial.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis microbiológico del contenido ruminal

Se realizó el análisis microbiológico al CR con la finalidad de evaluar el crecimiento de mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras. Los análisis de las muestras M1, M2 y M3, se determinaron por duplicado encontrándose un crecimiento de Mesófilos aerobios incubando a 35° C a las 48 h de 60×10^3 UFC/ml y a las 72 h fue de 74×10^3 UFC/ml, estando dentro del rango permisible que indica la norma NOM-092-SSA1-1994. Para la cuenta en placa de microorganismos coliformes totales incubados a 35°C se registró un crecimiento a las 48 h de 2.0×10^2 UFC/ml y a las 72 h de 5.0×10^2 UFC/ml, situándose en los límites permisibles que marca la norma NOM-113-SSA1-1994. En lo que se refiere a hongos y levaduras en incubación a 25°C, el crecimiento a las 72 h fue de 8×10^3 UFC/ml, a las 96 h se obtuvo 12×10^3 UFC/ml y a las 120 h de 13×10^3 UFC/ml, observando que cumple los límites permisibles que reporta la norma NOM-111-SSA1-1994, resultados parecidos reporta Núñez *et al.* (2016), en donde realizó un análisis proximal y microbiológico, con el propósito de evaluar tres niveles de contenido ruminal (5%, 10% y 15%), indicando que este subproducto no representa un efectivo nocivo para la salud animal).

4.2 Análisis bromatológico

4.2.1 Contenido ruminal

Se analizaron las muestras M1, M2 y M3 de CR, en el Cuadro 10 se presentan los resultados obtenidos en el análisis bromatológico que se realizó en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía y el Laboratorio de Suelos que pertenece a la Unidad Académica Marín, FAUANL.

En PC se observa diferencia entre las tres muestras, presentando el valor más alto CR1 y el bajo el CR3 con una diferencia de 1.57%. Estos valores encontrados son similares a los que reportan Rafaelli *et al.* (2006), del frigorífico Finecox, situado en la localidad de Bernal, Provincia de Bs. As., realizando un análisis proximal de una muestra (30 bovinos) de un lote de 900 a 1000 animales, obteniendo un $10.4 \pm 1\%$ PC, asimismo Pérez *et al.* (1996) mencionan datos parecidos a los obtenidos, reportando un intervalo de 8.74 a 10.62%. Un estudio elaborado por Morales *et al.* (1996) sobre la composición química en dos rastros encuentran valores de $12.3 \pm 0.4\%$ y $14.0 \pm 0.3\%$ en base a materia seca, parecidos a los reportados por Hammond (1994) y Mann (1964), de igual manera Trillos *et al.* (2007) señala que los valores registrados de proteínas son similares al rango establecido por Falla en el 2002, quien presenta un rango de 9 a 13% de proteína en contenido ruminal seco. Abdo *et al.* (1964), en su experimento de evaluación de microorganismos ruminales, reporta alto contenido de aminoácidos esenciales como lisina (7.5%), treonina (3%), metionina (1.5%), leucina (5.1%), entre otros, por lo que recalca un importante valor proteico en el contenido ruminal.

En FDN se encontró la mayor variación (2.86%), entre CR2 y CR3, con un promedio general de 64.36%, coincidiendo estos datos con los de Rafaelli *et al.* (2006), reportando 65.14 ± 2.30 . En el análisis de EE se registró la diferencia más representativa con 1.82% entre CR1 y CR2, coincidiendo el valor de CR2 con lo publicado por Rafaelli *et al.* (2006) y Pérez *et al.* (1996) con un resultado de 2.23 ± 0.19 y 2.5 g/100g de MS respectivamente. En el análisis de ceniza, comparando el valor mayor y menor, se obtuvo una diferencia numérica de 0.43% entre CR1 y CR2, el comportamiento de este parámetro se asimila al reportado por Morales *et al.* (1996) con un rango de materia inorgánica de 12.8 a 14.4%, mientras que Pérez *et al.* (1996) difiere al registrar un porcentaje de 3.55%.

Esta variabilidad en los nutrientes en el uso de subproductos pecuarios la explica Shurson (2008), al mencionar que la composición nutricional de los subproductos

pecuarios puede variar substancialmente por un origen de diferente lote y por motivo de que los animales provenían de diferentes sistemas de alimentación.

Cuadro 10. Composición química del CR utilizado para las dietas experimentales en cerdos durante las etapas de desarrollo y finalización.

	PC	FDN	EE	Ceniza
	%			
CR1	10.91	64.24	0.70	21.38
CR2	9.63	65.86	2.52	20.95
CR3	9.34	63.00	1.33	21.13

PC: proteína cruda, FDN: fibra detergente neutro, EE: extracto etéreo, CR1: Contenido Ruminal muestra 1, CR2: Contenido Ruminal muestra 2, CR3: Contenido Ruminal muestra 3.

4.2.2 Alimento experimental y alimento comercial

Se realizó el análisis bromatológico al alimento comercial y a las dietas experimentales para las etapas de desarrollo y finalización. El alimento experimental se elaboró utilizando la misma cantidad de ingredientes en ambas fases, los resultados se detallan en el Cuadro 11, se observa que en PC y FDN existe similitud con los valores estimados en la formulación de las dietas, en donde los tratamientos con inclusión de la enzima fibrolítica exógena presentan un valor menor en FDN comparado con las dietas sin inclusión enzimática para ambas etapas, y una marcada diferencia de la dieta comercial en relación a los alimentos elaborados con CR.

En éste aspecto nutricional, cabe mencionar que López (2017) señala la importancia de los niveles de FDN adecuados en la dieta total del animal, ya que está directamente relacionado con la ingestión de alimento y tiempo en que el animal permanece en estado de saciedad.

Cuadro 11. Composición química de las dietas experimentales en cerdos para las etapas de desarrollo y finalización.

Nutriente	Desarrollo				Finalización		
	DT1	DT2	DT3		FT1	FT2	FT3
	%						
PC	13.98	14.09	14.24		12.03	11.97	11.99
FDN	15.40	21.32	19.47		15.85	22.43	19.43
EE	0.45	0.69	0.82		1.44	1.16	1.66
Ceniza	5.54	8.44	8.32		5.72	6.42	6.37

PC: proteína cruda, FDN: fibra detergente neutro, EE: extracto etéreo, DT1 y FT1 Alimento comercial, DT2 y FT2: Alimento experimental adicionado con 10% de CR, DT3 y FT3 Alimento experimental adicionado con 10% de CR y enzima Xilanasa (100g/Ton).

4.3 Análisis de variables

Los resultados para la ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario de alimento (CDA), conversión alimenticia (CA) y conversión económica (CE) se presentan por etapa.

4.3.1 Etapa de desarrollo

4.3.1.1 Peso de los animales

En la Figura 6 se presenta los valores medios obtenidos en los 21 días de prueba, registrando el peso por semana. El peso (kg) inicial fue de 53.800, 54.070 y 54.680 para el tratamiento uno, dos y tres respectivamente, se encontró diferencia significativa ($P=0.014$) en DT2 y DT3 con respecto a DT1 (anexo, 7.11 y 7.3), presentando un mayor pesaje los animales alimentados con contenido ruminal y enzima fibrolítica que los cerdos que consumieron alimento comercial, se observa la misma tendencia en el incremento de peso durante el curso de la prueba.

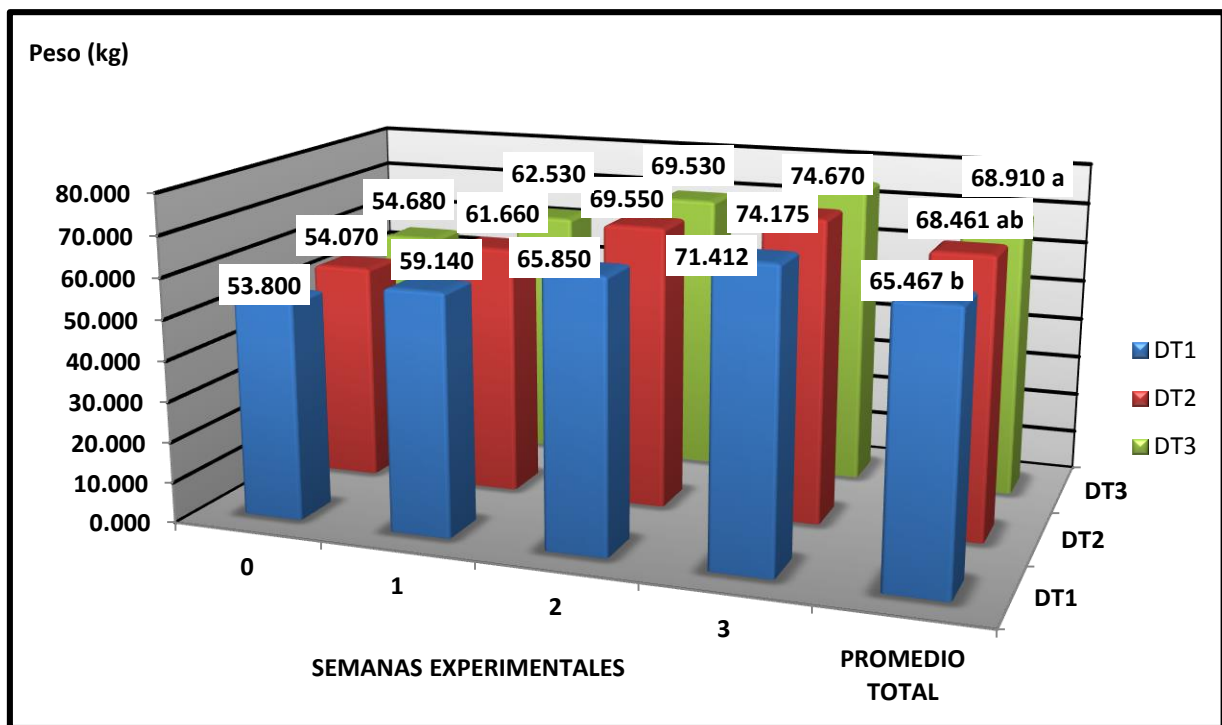


Figura 6. Peso vivo (kg) de los cerdos en la etapa de desarrollo, alimentados con una dieta comercial (DT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (DT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (DT3).

En una prueba realizada por Goveo (2008), en donde evaluó dietas experimentales en concentraciones de 10 y 20% de CR en cerdos durante las etapas de desarrollo y finalización, se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos, con un mayor incremento en peso promedio el tratamiento que componía el alimento comercial (T1) con 51.89 kg/animal en comparación con el T2 tratamiento que incluía 10% de la materia seca de contenido ruminal, registrando un peso de 50.28 Kg/animal y de 49.23 Kg/animal para el T3 tratamiento al que se incluyó el 20% de la materia seca del contenido ruminal con un valor de 49.23 Kg/animal, en donde muestra un mejor peso el tratamiento con una inclusión de CR al 10% en comparación con el alimento experimental al 20%. Son pocas las investigaciones que evalúan el CR y la enzima endo1,4-beta xilanasas en especies de producción, y más escasos los resultados en relación a los porcinos.

4.3.1.2 Ganancia diaria de peso

En la GDP no se encontró diferencia entre los tratamientos ($P=0.198$), presentando un promedio general de 0.831, 0.986 y 0.951 kg/día, para DT1, DT2 y DT3, respectivamente, sin embargo la mayor ganancia de peso fue registrado para los animales que fueron sometidos a un programa de alimentación que incluía CR y enzima endo1,4-beta xilanas, que pertenece al tratamiento tres, en la tercera semana se observa una caída exponencial, se relaciona que durante esos días se registraron temperaturas altas que oscilaron entre 34 y 36 °C, debido a que el experimento transcurrió en los meses más calurosos del año (Figura 7).

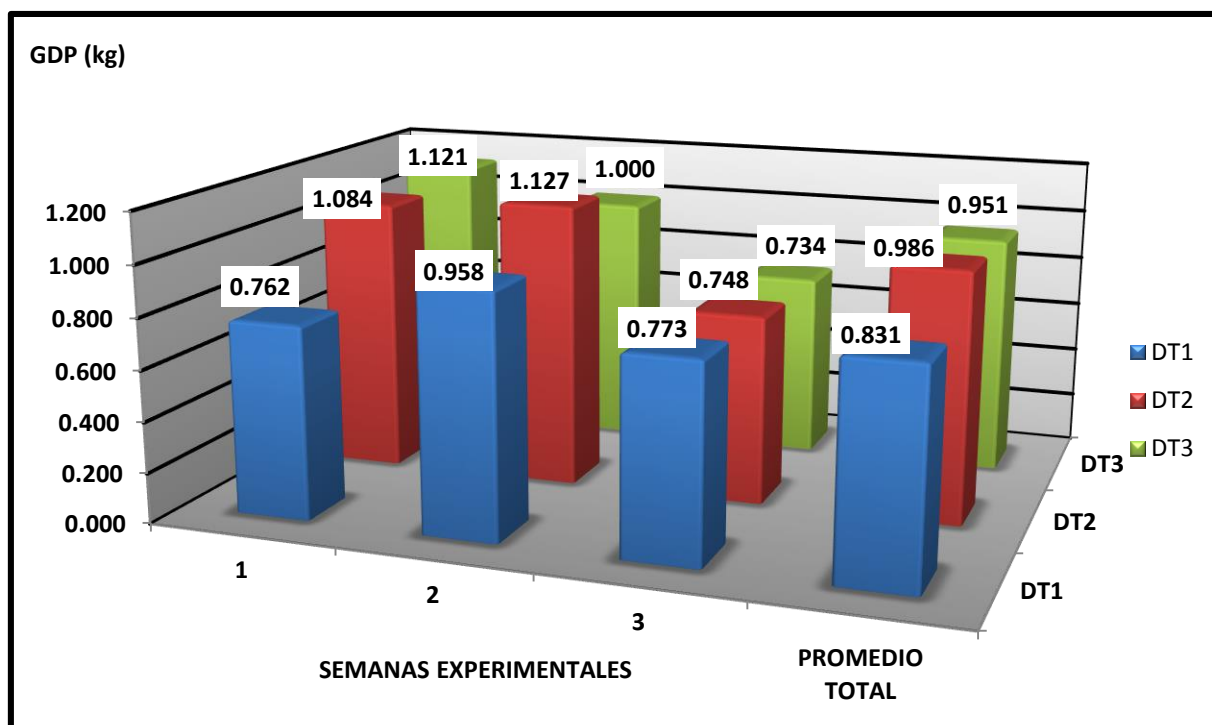


Figura 7. Ganancia diaria de peso (kg) en cerdos durante la etapa de desarrollo, alimentados con una dieta comercial (DT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (DT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (DT3).

En un estudio realizado por Soria *et al.* (2009), en donde evaluó la digestibilidad y productividad en cerdos alimentados con dietas que contenían un complejo multienzimático, la adición de enzimas como la fitasa y las enzimas fibrolíticas en

dietas para cerdos mostro aumentar la digestibilidad de nutrientes, particularmente de los sustratos susceptibles a la acción de las enzimas, lo que mejoro el aprovechamiento de los mismos, sobre los parámetros productivos y disminuyó la excreción de agentes contaminantes al ambiente.

4.3.1.3 Consumo diario de alimento

En el promedio por semana para los diferentes tratamientos durante el periodo de experimentación, no existe diferencia significativa entre tratamientos ($P=0.092$), sin embargo, se registró durante el transcurso de la prueba en etapa de desarrollo un consumo tendencialmente menor para el DT1 en comparación con DT2 y DT3; en el caso de los tratamientos que incluían en su composición CR se aprecia en las tres semanas un aumento de consumo de alimento (Figura 8), con una ingesta menor para el tratamiento DT3 que contiene CR y la enzima 1- 4 beta endo – xilanasas sobre el tratamiento DT2, que integro en su formulación CR sin enzima fibrolítica.

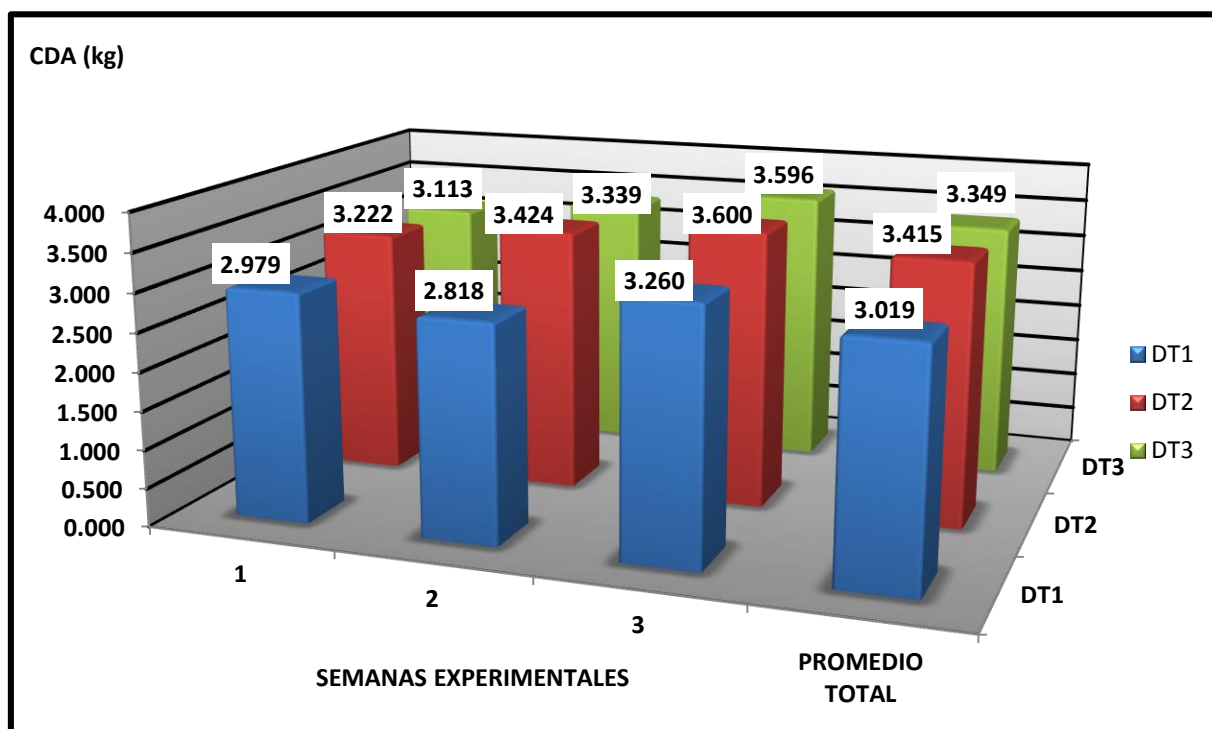


Figura 8. Consumo diario de alimento en cerdos (kg) durante la etapa de desarrollo, alimentados con una dieta comercial (DT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (DT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (DT3)

La disminución en el consumo de alimento que se observa en el tratamiento que incluye a la enzima en comparación con la dieta de CR sin inclusión, se relaciona a lo expuesto por Colombatto et al., (2007) en donde menciona que al integrar enzimas xilanolíticas a las dietas con alta cantidad de fibra, el compuesto enzimático dispone de mayor cantidad de sustrato (FDN) para actuar, traduciéndose en un aumento en la biodisponibilidad de energía, y un menor consumo de alimento

4.3.1.4 Conversión alimenticia

En la etapa de desarrollo no se presentó efecto entre los tratamientos ($P=0.916$), en la primera semana el alimento comercial (DT1) muestra un aumento en la conversión alimenticia en comparación con DT2 y DT3, sin embargo, se observó que esta tendencia no fue continua, ya que el promedio para la semana dos y tres el DT1 fue disminuyendo relativamente en comparación con DT2 y DT3 (Figura 9).

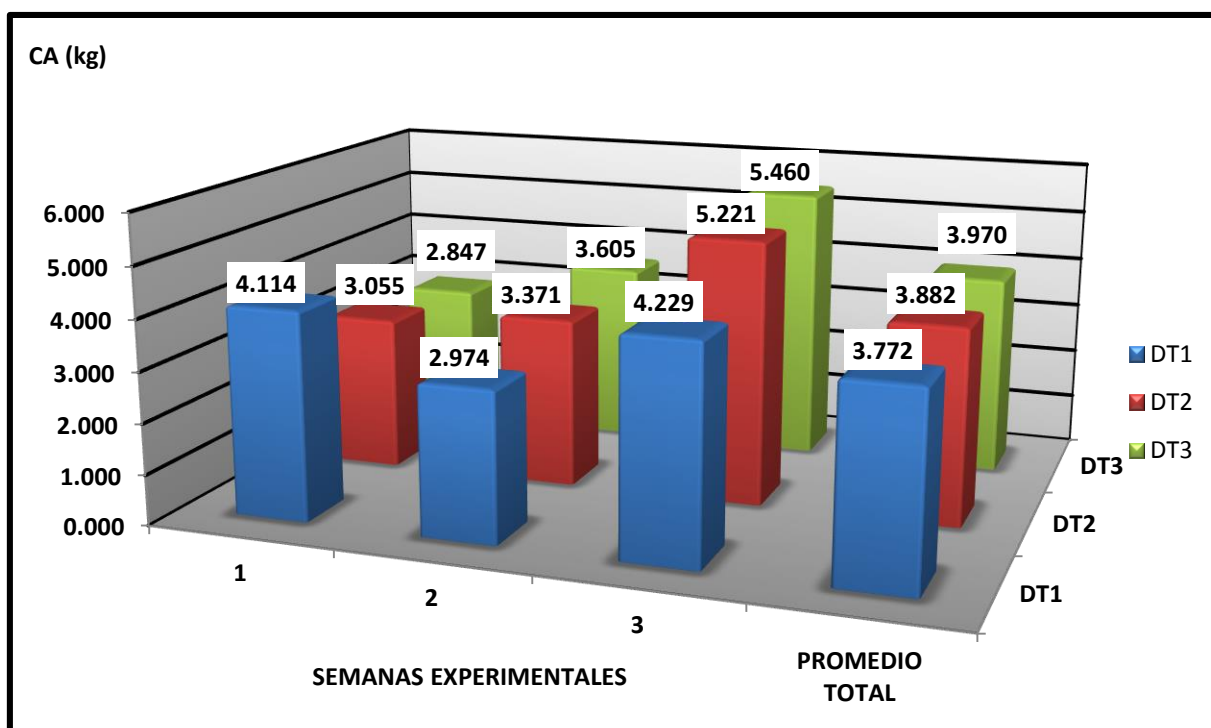


Figura 9. Conversión alimenticia (kg) en cerdos durante la etapa de desarrollo, alimentados con una dieta comercial (DT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (DT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (DT3).

4.3.1.5 Conversión económica

Con respecto a los promedios registrados para la conversión económica indica que no hubo efecto entre los tratamientos ($P=0.392$), sin embargo en la Figura 10 se aprecia una diferencia numérica mayor del alimento comercial (DT1) con respecto a las dietas elaboradas DT2 y DT3, siendo ligeramente más económica las dietas que incluyeron CR y enzima fibrolítica en su elaboración, aun cuando el consumo de alimento fue relativamente mayor, el promedio general de DT1 fue de \$19.99, para las dietas DT2 y DT3 reflejaron valores de \$17.12 y \$17.71 respectivamente en la etapa de desarrollo.

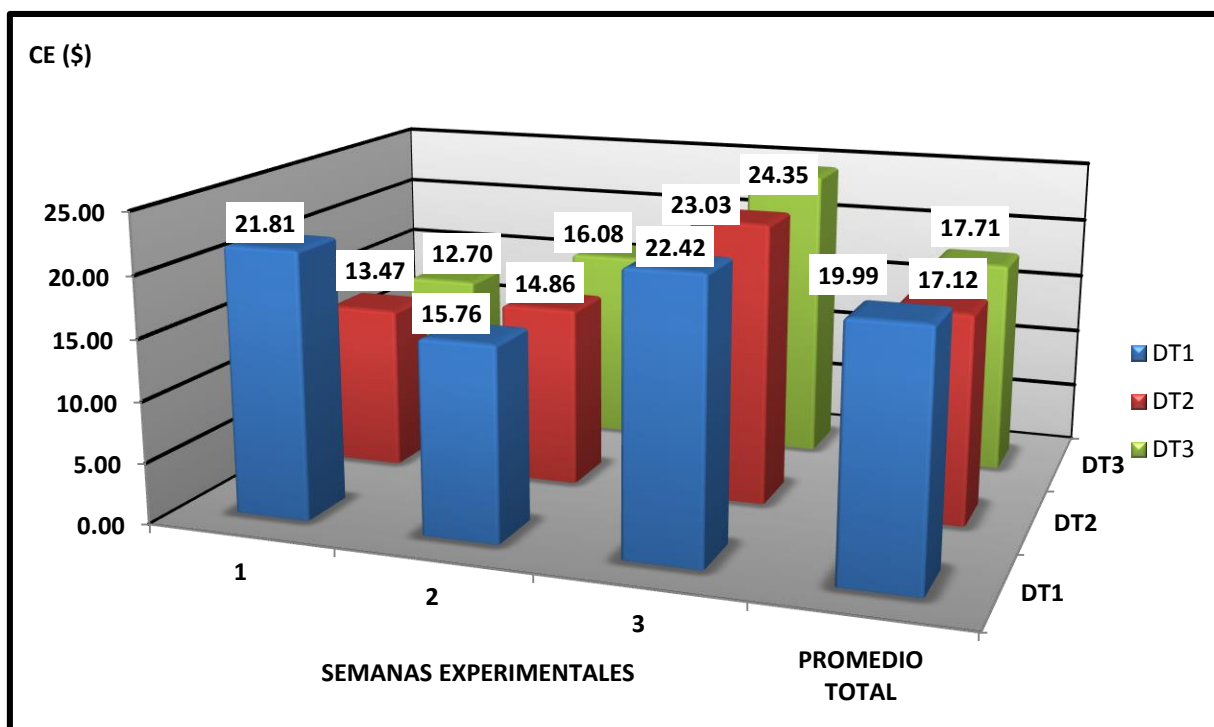


Figura 10. Conversión económica (\$/día) en cerdos durante la etapa de desarrollo, comparando un alimento comercial (DT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (DT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (DT3).

4.3.2 Etapa de Finalización

4.3.2.1 Peso de los animales

Para la etapa de finalización, el tiempo de duración para la prueba fue de 28 días, registrando el peso de las unidades experimentales semanalmente. Al inicio del experimento los animales registraron un peso de 71.412, 74.175 y 74.670 kg para el tratamiento uno, dos y tres respectivamente, el incremento semanal de peso presento una diferencia significativa ($P=0.001$), la dieta con inclusión de CR (FT2) fue estadísticamente igual a FT3, pero diferente al alimento comercial (FT1). El mayor peso fue registrado para FT3, tratamiento que se compone por el CR y la enzima fibrolítica exógena, manteniendo una constante durante el periodo del experimento (Figura 11, ver anexo 7.16 y 7.25).

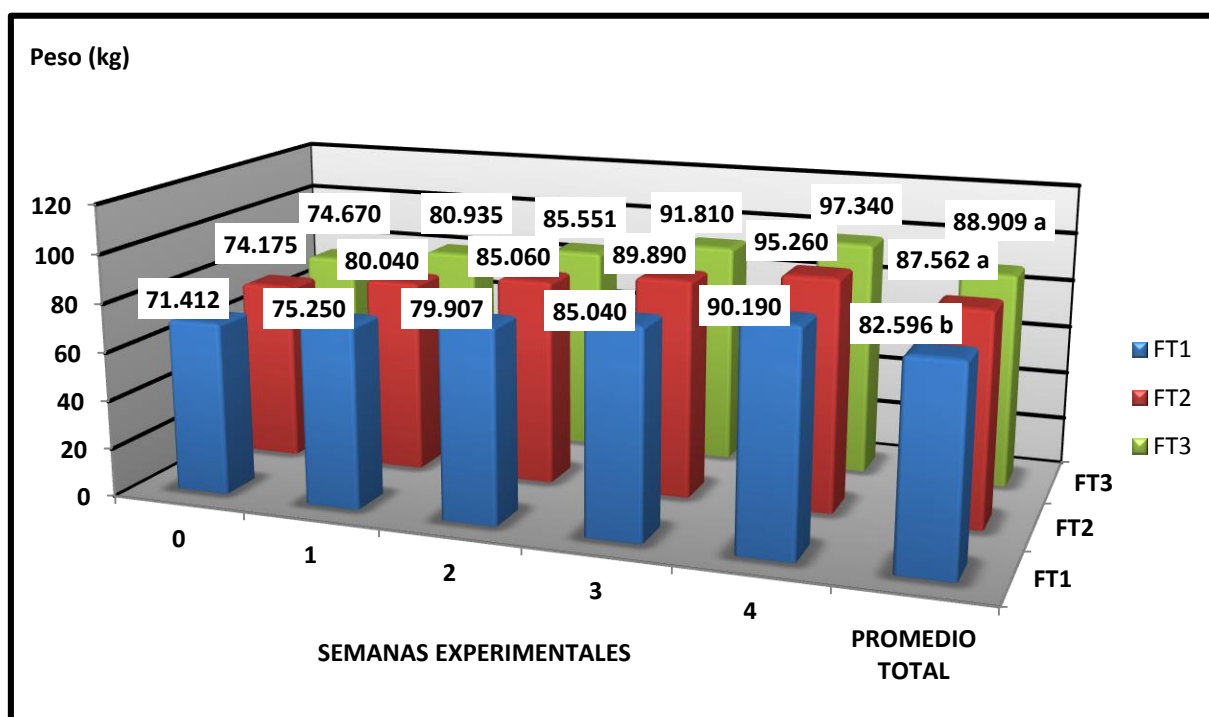


Figura 11. Peso vivo (kg) de los cerdos en la etapa de finalización, alimentados con tres dietas: tratamiento comercial (FT1) y dos tratamientos experimentales; CR al 10% (FT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (FT3).

4.3.2.2 Ganancia diaria de peso

En la Figura 12 se muestra la ganancia diaria de peso de los tres tratamientos por semana, para FT1, FT2 y FT3 se obtuvo un promedio general de 0.708, 0.750 y 0.809 kg/día respectivamente, no se encontró diferencia entre los tratamientos ($P=0.292$), sin embargo, la mayor ganancia de peso fue registrado para los animales que fueron alimentados con la dieta que incluía CR y enzimas fibrolíticas exógenas (FT3).

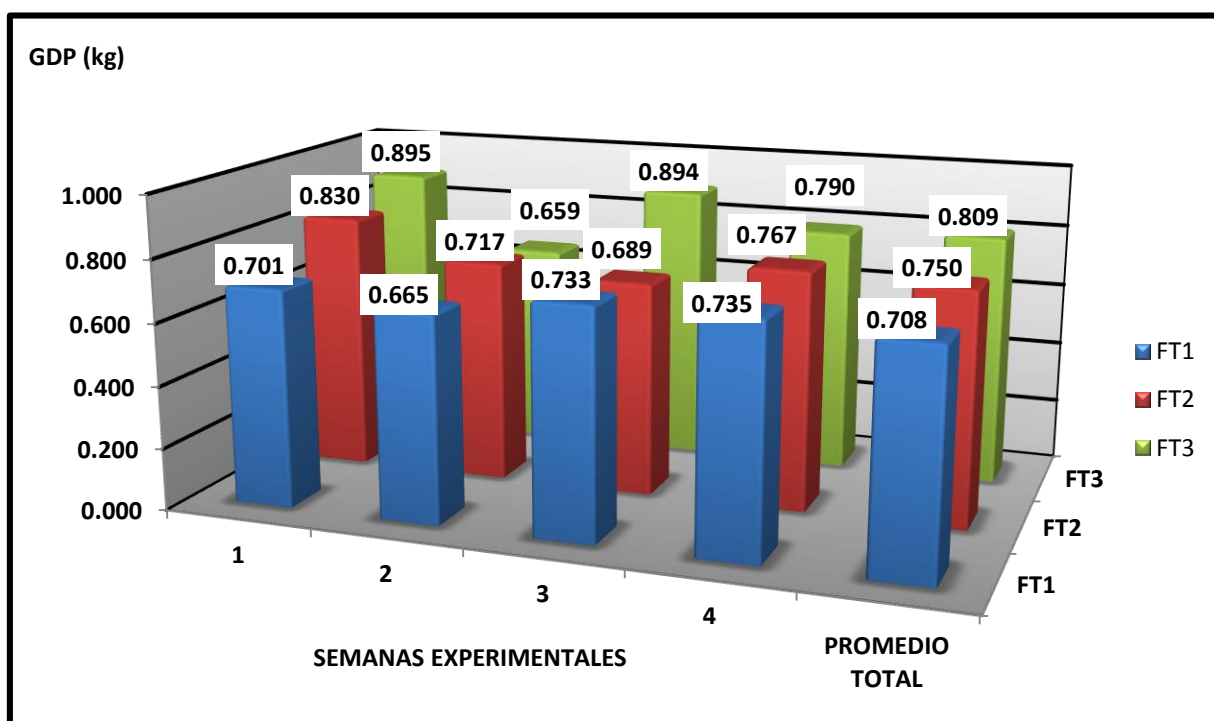


Figura 12. Ganancia diaria de peso (kg) en cerdos durante la etapa de finalización, alimentados con una dieta comercial (FT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (FT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (FT3).

Para los tratamientos que en su formulación integran CR y enzimas fibrolíticas, se observa una GDP que compite adecuadamente con el alimento comercial, superándolo numéricamente para esta variable, además se obtuvo un óptimo comportamiento productivo de los animales a una concentración de 10% de CR para ambas etapas, comparándolo con las metas productivas que menciona SIPSA (2013)

se evalúa en un rango muy bueno. Goveo (2008) recomienda que el contenido ruminal de bovinos puede ser parte de una dieta alimenticia para porcinos, en un porcentaje de 10% hasta un 20% del total de la ración, abaratando de esta manera los costos de alimentación.

En una investigación de Ríos- Ramirez (2012) en donde se probaron tratamientos con proporciones diferentes de contenido ruminal para cebs cunicolas (al 10%, 20% y 30%), el más redituable y con mejores parámetros productivos fue el de 20% de CR, ofreciendo un producto terminado un tanto mas tierno que el tratamiento con inclusión al 10%, al igual que sus costos fueron ligeramente menores, así como ofreció una mayor contribución al cuidado del ambiente.

4.3.2.3 Consumo diario de alimento

Los tratamientos evaluados en el presente experimento reportan una diferencia significativa entre los conjuntos experimentales ($P=0.001$) en la Figura 13, los animales asignados para el tratamiento FT2 y FT3 son estadísticamente similares, en relación con FT1; se compara la relación tendencial de esta variable en relación a PV, observando un aumento significativo en el peso de los animales que se alimentaron con CR y enzima 1- 4 beta endo – xilanasas (FT2 y FT3), coincidiendo con los tratamientos que obtuvieron un valor numérico mayor en el CDA.

En relación con lo anterior, Stokes y Zheng (1995) observaron mejoras en el valor nutritivo en una dieta fibrosa para vacas lecheras a base de heno de alfalfa, ensilaje de alfalfa y trigo, tratados con un preparado de enzimas fibrolíticas. Reportan que el consumo de materia seca se incrementó en un 10.7%, mientras que la producción de leche lo hizo en un 14.8%, coincidiendo en una relación de aumento ingesta-producción.

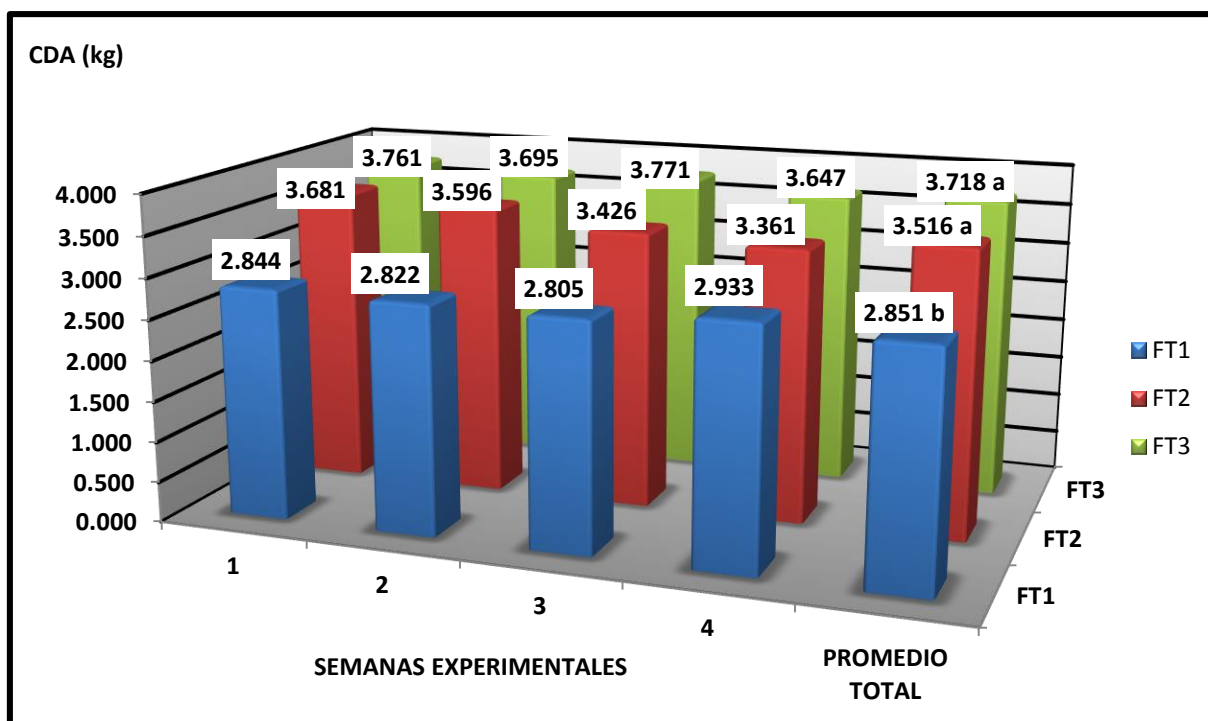


Figura 13. Consumo diario de alimento (kg) en cerdos durante la etapa de finalización, alimentados con una dieta comercial (FT1) y dos dietas experimentales; con 10% de CR (FT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (FT3).

4.3.2.4 Conversión alimenticia

Los tratamientos evaluados en el presente experimento no reportan diferencia significativa entre los conjuntos experimentales ($p=0.072$), en la Figura 14 se observa que el alimento comercial (FT1) presenta un valor menor de CA durante el transcurso del experimento, en comparación con FT2 y FT3, sin embargo, no se refleja esa diferencia significativamente en la conversión económica.

Goveo (2008) coincide con nosotros al comparar un alimento comercial y dos dietas con inclusión de CR (10 y 20%) para la etapa de Finalización en cerdos, en donde reporta que el análisis de la varianza no detectó diferencias significativas para esta variable entre tratamientos en los cuatro períodos establecidos: 75, 90, 105 y 120 días; obteniendo valores promedios entre: 1.89%, 2.22%, 2.48% y 2.78%

respectivamente, así como también señala que el nivel de inclusión con un 20% de la materia seca de contenido ruminal (T3) obtuvo la mejor relación costo/beneficio.

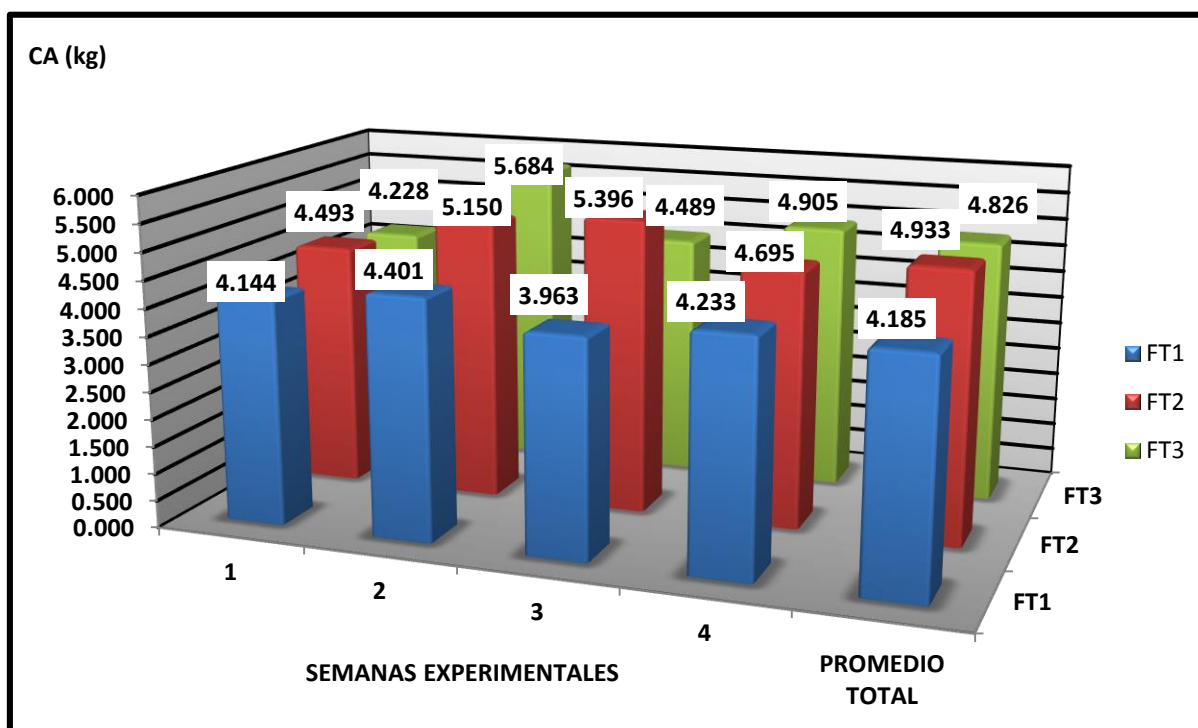


Figura 14. Conversión alimenticia (kg) en cerdo para la etapa de finalización, alimentados con una dieta comercial (FT1) y dos dietas experimentales; al 10% de CR (FT2) y 10% de CR + enzima fibrolítica (FT3).

4.3.2.5 Conversión económica

Los valores existentes para la conversión económica que generaron los tratamientos, indicó que no existe diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$) (Figura 15), pero se observa que existe una diferencia numérica en las dietas que incluían CR y enzimas exógenas, se presentó un costo promedio (\$/día) para esta etapa de \$20.22 para FT2 y \$20.02 para FT3, con respecto al FT1 que alcanzo que fue de \$21.30, por lo que se puede inferir que las dietas experimentales presentaron un menor costo de producción.

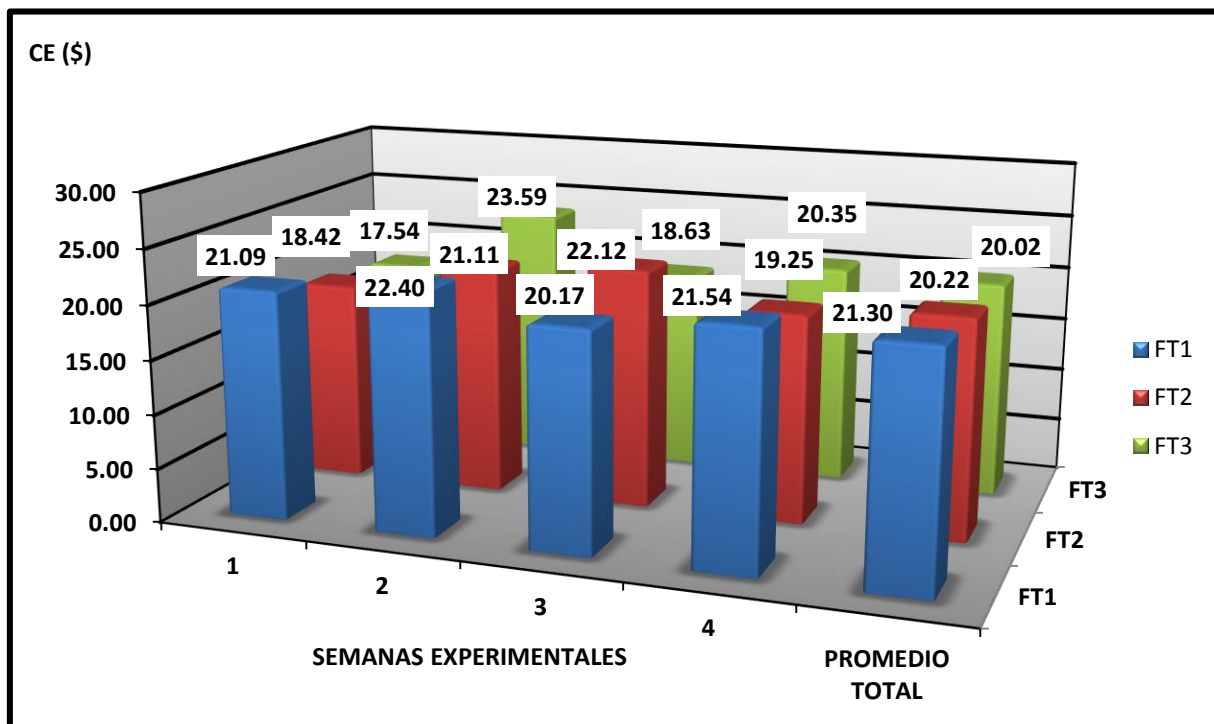


Figura 15. Conversión económica (\$/día) en cerdos durante la etapa de Finalización, comparando un alimento comercial (FT1) y dos dietas experimentales; CR al 10% (FT2) y CR al 10% + enzima fibrolítica (FT3)

Agyekum *et al.* (2012) menciona que la incorporación de cereales menos refinados o subproductos más fibrosos en animales durante la etapa de desarrollo y finalización, se presenta como una oportunidad para reducir los costos del pienso. Pérez (2013) afirma que la viscosidad no parece ser un problema en los cerdos de mayor edad; relaciona el descenso de los rendimientos productivos con la mayor demanda de nutrientes de un tracto digestivo más pesado, así como también indica que la fibra insoluble puede facilitar el tránsito de la ingesta, especialmente en los lechones en situación de anorexia, y reducir la proliferación de patógenos en el intestino delgado (Heo *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2012).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En las condiciones que se desarrolló este trabajo se establece que la utilización de contenido ruminal es factible de ser utilizado como un ingrediente en la alimentación de cerdos en las etapas de desarrollo y finalización, indicando que no se considera un factor de riesgo para la salud del hombre o del cerdo de acuerdo a los resultados microbiológicos en condiciones óptimas.

El aporte nutricional del contenido ruminal obtenido en esta investigación se muestra viable para ser utilizado como una alternativa alimenticia no convencional, permitiendo que los animales alimentados con una inclusión al 10% de CR en la etapa de desarrollo y finalización no disminuyeran de peso, compitiendo con un alimento comercial.

Los cerdos alimentados con dietas que integraron contenido ruminal y enzimas, obtuvieron un mayor peso vivo en la etapa de desarrollo y finalización, sin embargo, sin diferencia estadística en GDP, observando que las dietas que incluían CR y enzima fibrolítica exógena fueron las que presentaron un valor numérico superior en las dos fases de alimentación. En relación al consumo diario de alimento se encontró diferencia en la etapa de finalización, a los animales que se administraron las dietas con inclusión de CR aumentaron el consumo de alimento en comparación con el comercial, en ambas etapas se observó esa tendencia, este comportamiento manifiesta una estrecha relación entre el aumento de peso vivo en los animales que consumieron dietas con CR, sin mostrar un impacto en la conversión alimenticia, al no presentar diferencia entre tratamientos para esta variable.

El análisis económico de la etapa de desarrollo y finalización no indico diferencia estadista, aun cuando el consumo de alimento fue superior en ambas dietas que integraban el CR, numéricamente se registró un beneficio monetario en comparación con el comercial, aludiendo a que este subproducto pecuario sea una opción potencial para los productores de la región o en el ámbito ganadero, y aprovechar

este residuo orgánico como una fuente proteínica producida a bajo costo que actualmente es desechado y se genera en grandes cantidades en los rastros o las áreas que practican el sacrificio de animales de producción. Se contempla como una oportunidad económica en términos de creación de empleos al competir con una fórmula nutricional balanceada de una marca registrada, que no demanda la inversión de grandes capitales y que puede apuntar a fortalecer la microeconomía familiar, CCA (2017) señala que las instalaciones dedicadas al procesamiento de residuos orgánicos generan oportunidades de empleos en las áreas de planeación y elaboración de proyectos, aunados a aquellos directamente relacionados con la gestión, recolección y procesamiento de residuos; desde el punto de vista ambiental ofreció una contribución al equilibrio del medio ambiente, evitando la contaminación de suelo, agua y aire, así como reducir efectos perjudiciales para la salud pública.

La investigación aporta referencias significativas en conocimientos nutricionales del contenido ruminal y la enzima endo1,4-beta xilanasas en algunos parámetros productivos en cerdos, en donde se recomienda utilizar el contenido ruminal en cantidades adecuadas como un ingrediente más en la ración con el objetivo de intentar disminuir costos de producción, sobre todo, en situaciones de limitaciones en la oferta de granos para alimentación animal y contribuir positivamente en materia de impacto ambiental. Se permite enunciar de acuerdo a los resultados obtenidos, realizar en un futuro diferentes experimentos con cerdos que prueben tratamientos de contenido ruminal con dosis aumentada de enzima endo1,4-beta xilanasas, por motivo de valores numéricos favorables en PV y GDP de ambas etapas (considerando que la cantidad de enzima añadida en base a las recomendaciones del fabricante fue mínima en relación al alimento total), con la finalidad de obtener las ventajas de ambos ingredientes para optimizar el beneficio biológico, económico y ambiental de la producción porcina, así como incluir al estudio un análisis de características y rendimiento en canal, debido a que los animales alimentados con contenido ruminal se observaban con menor espesor de grasa dorsal, en comparación a los animales con una dieta convencional.

6. LITERATURA CITADA

- Abdo, K. M., King, K. W., Engel, R.W. (1964). Protein quality of rumen microorganisms. *J Anim Sci.*, 23(1), 734-736.
- Acevedo, D., Buitrago, F. L, Villegas, V. y Cerón, J. M. (2008). *Evaluación del contenido ruminal como suplemento alimenticio para el consumo de ganado bovino ensilándolo con Lactobacillus casei*. Medellín, Colombia: Dirección de Investigación y Docencia Universidad EAFIT, 16-24.
- Agyekum, A. K., Slominski, B. A. y Nyachoti, C. M. (2012). *J Anim Sci.*, 90(1), 3032-3040.
- Amo, F. J. (2018). *El Mercado de la carne de cerdo en México*. México: Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México.
- Araujo, F. O. y Vergara, L. J. (2007). Propiedades físicas y químicas del rumen. XX Reunión ALPA. *Arch. Latinoam. Prod. Anim*, 15(1), 133-140.
- Association of official Analytical Chemistry (AOAC). (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC Internacional*. 18 th ed. Gaithersburg, MD, USA.
- Avila, G. (2002). Utilización práctica de enzimas como aditivos para aves. Los avicultores y su entorno. Mexico, D.F: BM Editores, S.A.
- Barreto, D. E. (2010). Nutrición y alimentación animal. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. UNAD. Bogotá, Colombia.
- Beauchemin, K.A., Rode, L.M. y Sewalt, V.J. (1995). Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. *Can. J. Anim. SCI*, 75: 641-644.

- Beauchemin, K. A. y Rode, L. M. (1996) Meeting Future Challenges. Animal Science Research Development. Ed. Lethbridge, Alberta.
- Beauchemin, K. A., Colombatto, D. y Morgavi, D. P. (2003). A rationale for the development of feed enzyme products for ruminants. Agriculture and Agri-Food Canada. *APA style: Electronic references*. Recuperado de: <http://pubs.aic.ca/doi/pdf/10.4141/A02-103>
- Berrio, M. y Cardona, G. (2001). Evaluación productiva de una dieta alternativa como reemplazo parcial de concentrado comercial en aves de postura. *Rev. Col. Cienc. Pec.* San Rafael Colombia, 14(2): 155-163.
- Black, J. L. (1998) *Developments in Feed Evaluation*. Internatinal Postgraduate Course. Wageningen Agricultural University. Wageningen, Holanda.
- Borja, E. y Medel, P. (1998). Avances en la alimentación del porcino: I. Lechones y cerdos de engorde – III. Reproductoras. *FEDNA: Avances en nutrición y alimentación animal*, 14 (1), 261-312.
- Boulanger, A. (2011). *El control del agua y su consumo en porcinos*. Sitio Argentino de producción animal. *APA style: Electronic references*. Recuperado de: http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/198control_agua_y_consumo.pdf
- Bravo, F. (2011). Programas de alimentación en porcino en función del sexo: Efectos de la castración quirúrgica y la inmunocastración. *FEDNA: Avances en nutrición y alimentación animal*, 27 (1), 113-138.

- Buxadé, C. y González, G. A. (1995). *Zootecnia. Bases de producción animal*. Tomo II. Reproducción y alimentación. Capítulo VIII. Nutrición y alimentación animal. Madrid, España: Mundiprensa.
- Caja, G., González, E., Flores, C., Carro, M. D. y Albanell, E. (2003). Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos. XIX Curso de Especialización, FEDNA, Madrid.
- Campabadal, C. (2009). *Guia Técnica para Alimentación de Cerdos*. Costa Rica: MAG-FITTACORI.
- Campuzano, S., Mejía, F. D., Madero, I. C. y Pabón, S. P. (2015). Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de los alimentos preparados y vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá D.C., NOVA,13(23), 81-92.
- Carrero, G.H., Espinosa, C. y Germán, C. (2005). Manual de Producción Porcícola. Tuluá, Colombia: SENA.
- Carter, G. (1991). *Fundamentos de microbiología y micología veterinaria*. Ed. Acribia, Zaragoza, España. 305 p
- Castro, G. M. y Vinuesa, A. M. (2011). Manual para el manejo adecuado de los residuos sólidos generados por el camal municipal de Riomamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de ciencias, Escuela de Ciencias químicas y ambientales.
- Centro Nacional de Metrología (CENAM). (2011). Informe técnico de la demanda específica 6. “Desarrollo de Normatividad y Métodos para Detección y Medición de Organismos Microbiológicos en Alimentos. Informe técnico del proyecto sectorial SAGARPA CONACYT.

- Colombatto, D., Mould, F. L., Bhat, M. K., Owen, E. (2007) Influence of exogenous fibrolytic enzyme level and incubation pH on the in vitro ruminal fermentation of alfalfa stems. *Anim Feed Sci Technol*, 137(1), 150-162.
- Coma, J. y Piquer, J. (1999). Calidad de la carne en porcino: Efecto de la Nutrición. *FEDNA: Avances en nutrición y alimentación animal*, 15 (1), 197-222.
- Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). (2017). *Caracterización y gestión de residuos orgánicos en América del Norte*. Montreal, Canadá.
- Consejo Mexicano de la Carne. (2018). Compendio estadístico 2018. Apa Style: *Electronic references*. Recuperado de: <https://comecarne.org/estadisticas/>
- Consejo Nacional del Agua (CONAGUA). (2016). Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvias. *APA style: Electronic references*. Recuperado de: <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- Contreras, P. A. y Mirela, N. (2010). Rumen: Morfofisiología, transtornos y modulación fermentativa. 3 ed. Valdivia: América, 135 p.
- Cortés, T, G. (2011). *Estudio del consumo de la carne de Cerdo en la Zona Metropolitana del Valle de México*. Texcoco, Edo. México, México: Colegio de Posgraduados COLPOS.
- Danura, S. (2010). Requerimientos nutricionales y plan de alimentación para la etapa de crecimiento y terminación. Sitio argentino de producción animal. Apa Style: *Electronic references*. Recuperado de: [http://www.produccion-animal.com.ar/producción _ porcina /00- producción _ porcina_general/146- Crecimiento.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/producción_ porcina /00- producción _ porcina_general/146- Crecimiento.pdf)

- Díaz, C. M., Mejía, R. P. y Del Moral, B. L. (2007). El mercado de la carne de cerdo en canal en México. *Redalyc, Sistema de Información Científica, Análisis Económico*, 22(51), 273-287.
- Domínguez, C., J. y Flores, A. L. (1991). Contenido ruminal como ingrediente en la alimentación de ovinos. 1° Reunión sobre recursos naturales en Sinaloa. Culiacán, Sinaloa.
- Domínguez, C. J., Flores, A. L., Barajas, C., R. y Obregon, J. F. (1994). Utilización de contenido ruminal seco en la alimentación de rumiantes productivos en Sinaloa. 1° Foro Estatal Ambiente y Ecología en Sinaloa, diagnóstico y perspectiva (35). Mazatlán, Sinaloa.
- Domínguez, C., Flores, A., Barajas, C., y Avilés, M. (1996). Evaluación de contenido ruminal. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Publicado en ambiente y ecología en Sinaloa: Diagnóstico y perspectiva, Culiacán, Sinaloa, México.
- Dritz, S. S., Tokach, M.D., Goodband, R.D. y Nelssen, J.L. (2003). How to increase profit in nursery and grow finisher pigs. In: Congreso de Producción Porcina del Mercosur Allen D. Leman Swine Conference. 120-127.
- Escalante, R., Catalán, H. C., Galindo, L.M. y Reyes, O. (2007). *Desagrarización en Mexico: tendencias actuales y retos hacia el futuro*. Cuadernos de Desarrollo Rural. 59: 87-116.
- Escalante, R. I. y Catalán, H. (2008). *Situación actual del sector agropecuario en México: perspectivas y retos*. Economía informa. 350: 7-25.
- FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS. (2018). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Fomentando la resiliencia climática en aras de la*

seguridad alimentaria y la nutrición. ISBN 978-92-5-130841-7. (pp. 2-27)
Roma: Autor.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2017). *Panorama Agroalimentario*. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. México: 13-15.

Fimaganadera (FIGAN). *La importancia del agua en la nutrición de las cerdas reproductoras*. Mundo ganadero: Porcino. Ed. 12ª, 20-22.

Figuerola, V. y Sánchez, M. (1994). *Tratamiento y utilización de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal*. Memoria de un Taller Regional organizado por el Instituto de Investigaciones porcinas (IIP) y la FAO. Habana, Cuba.

Figuerola, V. y Sánchez, M. (1997). *Tratamiento y utilización de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal*. Memoria de un Taller Regional organizado por el Instituto de Investigaciones porcinas (IIP) y la FAO. Habana, Cuba.

Financiera Rural. (2012). *Monografía del ganado porcino*. México: Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial, Dirección ejecutiva de análisis sectorial.

Gabosi, H. (2012). Alimentación porcina y los costos. Apa Style: *Electronic references*. Recuperado de: [http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Archivos/Alimentacion %20porcina%20y%20los %20costos.pdf](http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Archivos/Alimentacion%20porcina%20y%20los%20costos.pdf) 8p

Gado, H. M., Salem, A. Z., Robinson P. H y Hassan. M. (2009). Influence of exogenous enzymes on nutrient digestibility, extent of ruminal fermentation as

well as milk production and composition in dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 154(1), 36-46.

Garcés, C., Díaz, J. R., Ubiedo, E. y Torres, A. (1996). Funcionalidad y diseño de alojamientos porcinos en sistema intensivo. *Revista/Libro Porci: Alojamientos e Instalaciones*. Tratado De Ganado Porcino. Monografía de actualidad. Aula Veterinaria. Ediciones Luzan S.A. Madrid, España. 36(1), 25-39.

García, C. A., De Loera, O., Y., Guevara, G. J., y García A. C. (2012). Alimentación practica del cerdo. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias (RCCV)*, 21-50.

González, C. (2005). Alimentación alternativa de cerdos en Venezuela. Instituto de Producción Animal. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Limón, Maracay, Venezuela, 62-73.

Goveo, S. J. (2008). Incidencia del contenido ruminal de bovinos en etapas de crecimiento y finalización de porcinos (*Scrofa domesticus*). Facultad de ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/263/1/03%20AGP%2069%20ARTICULO%20CIENTIFICO.pdf>

Gutiérrez, G. K. (2000). *Potencial de la planta acuática Lemna gibba en la alimentación en cerdos*. Colima, México.

Haller, L., Pote, J., Loizeau, J. L. y Wildi, W. (2009). Distribution and survival of faecal indicator bacteria in the sediments of the Bay of Vidy, Lake Geneva, Switzerland. *Ecol. Indic.*, 9(1), 540-547.

Heo, J. M., Opapeju, F. O., Pluske, J. R., Kim, J. C., Hampson, D. J. y Nyachoti, C. M. (2012). *J. Anim. Physiol. and Anim. Nutr.* 97(1), 207-237.

- Hernández, F. M., Plasencia, C.D., Jiménez, A. S., Martín, G. I. y González, P. T. (2008). *Temas de Nutrición. Volumen 1*. Ed. Ciencias Médicas. La Habana, Cuba.
- Hristov, A. N., Mcallister, T. A. y Cheng, K. J. (1996). Proc. 17th Western Nutrition Conference. Edmonton, Alberta
- Ibarrola, R. M. y Galicia, L. (2018). Seguridad y sustentabilidad alimentaria en México. *Ciencia*, 69(4), 14-21.
- Inborr, J. (1990). Practical application of feed enzymes. *Feed Compounder*, 10(1), 41-49.
- Inforural. (2018). Apa Style: *Electronic references*. Recuperado de: <https://www.inforural.com.mx/carne-de-cerdo-oportunidades-de-crecimiento-en-mexico/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2014). *APA style: Electronic references*. Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2007). *Tamaulipas Catálogo de Productos y Servicios*. Rio Bravo, Tamaulipas, México: INIFAP, SAGARPA.
- Jay, J. (2002). *Microbiología Moderna de los Alimentos*. Ed. Acribia, 4 ed. S.A: Zaragoza, España.
- Kim, J. C., Hansen, C. F., Mullan, B. P. y Pluske, J, R. (2012). *Anim. Feed. Sci. and Technology*. 173(1), 3-16.

- Koeslag, H. J. y Castellanos, A. F. (2016). Manuales para la producción agropecuaria: Porcinos, Área de producción animal. 5ta edición. México: TRILLAS.
- Lewis, G. E., Sánchez, W. K., Hunt, C. W., Guy M. A., Pritchard, G. T., Swan-son B. I. y Treacher, R. J. (1999). Effect of direct-fed Fibrolytic enzymes on the lactational performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 611-617.
- Llanes, J. (1995). *La economía agrícola y la sustentabilidad de los proyectos agropecuarios*. XXX Aniversario del Instituto de Ciencia Animal. Seminario Científico Internacional. La Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal (ICA), p.44.
- López, F. (2000). Uso de enzimas en los piensos de aves y cerdos. *Rev. Mundo Ganadero*. APA style: *Electronic references*. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_2000_126_36_43.pdf
- López, V. D. (2017). Caracterización bromatológica de pellets elaborados a partir de subproductos agropecuarios para la alimentación de bovinos. *Tecnología en Marcha*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.
- Lynd, L. R., Weimer, P. J., Van, Z. W. y Pretorius, I. S. (2002). Microbial cellulose utilization: Fundamentals and biotechnology. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 66(1), 506-577. Recuperado de: <http://mmbr.highwire.org/cgi/content/full/66/3/506>
- Madrid, A. (1999). Aprovechamiento de los subproductos cárnicos. 1ª edición. Madrid, España: Mundi-Prensa.

- Mann, I. (1984). Obtención de piensos ricos en proteínas a partir de sangre y contenido de la panza mediante el secado solar. *Revista mundial de zootecnia*, 24-28.
- Márquez, A., Mendoza, M. G., González, M. S., Buntinx, D. S., Meneses, M. M. y Loera, C. O. Degradación de las enzimas fibrolíticas de *Trametes sp.* eu1, *Pleurotus ostreatus* ie8 y de Fibrozyme®. *Arch. Zootec*, 59, (225), 145-148.
- Martínez, A. J., Figueroa, V. J., Sánchez, T. E. y Martínez, A. M. (2017). Dietas para cerdos en iniciación incluyendo salvado de trigo y adicionadas con xilanasas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(10),10, 73-80.
- Martínez, C., Alba, R., García, P., Sánchez, I. M., García B., Sanchís, G., Lizana, V. y Sanchís, D. E. (2011). Aportación al conocimiento del contenido ruminal de cabra montés y muflón en la Reserva. Nacional de Caza de La Muela de Cortes, Valencia, 51(1), 70-75.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. y Morgan, C. A. (2002). *Nutrición Animal*. 6ª ed. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- MLC. (1989). *Stotfold Pig Development Unit*. First Trial Report. Meat and Livestock Commission, UK.
- MLC. (1998). *Phase-feeding*. Trial Report. Meat and Livestock Commission, UK.
- Morales, S., Pérez, M., Torres, L., Egaña, M. y Iñigo Díaz C. (1996). Efecto del tiempo y temperatura de procedimiento sobre las características químico-nutricionales del ensilado de contenido ruminal bovino y contenido gastrointestinal porcino. *Avances en Ciencias Veterinarias*, 11, (2).

- Moreno, M. M. (2007). El futuro de la producción animal: genética, conservación y desarrollo sostenible. *Latinoam. Prod. Anim.*, 15(1), 69-73.
- Moreno, R., Pinos, R. J., González, S., Álvarez, G., García, J. C., Mendoza, G. y Barcena, R. (2007). Efecto de enzimas fibrolíticas exógenas en la degradación ruminal in vitro de dietas para vacas lecheras. *Interciencia*, 32(12), 850-853.
- Muirhead, S. (1996). *Direct feed microbial, Enzyme and Forage Additive Compendium*, 3 ed. The Miller Publishing Company, Minnetonka, Minnesota.
- Murell, L., Rojas, B. M., Romeu, A. B., Rojas, H. N. y Heydrich, P. M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, La Habana, Cuba, 44(3), 24-34.
- National Research Council (NRC). (2012). *Nutrient requirements of swine*. 11th ed. National Academy Press. D.C. Washington.
- Núñez, T., Aragabday, Y., Guerrero, L. y Villacís, A. (2016). Comportamiento productivo en cuyes (*Cavia porcellus*) utilizando contenidos ruminales. *J.Selva Andina Anim Sci.*, 3(2), 34-44.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1992). *Manuales para el control y calidad de los alimentos*. 12 La garantía de la calidad en el laboratorio microbiológico de control de alimentos. Italia, Roma: Autor.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2002). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. Italia, Roma: Autor.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2009). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. ISBN 978-92-5-306215-7. Italia, Roma: Autor.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2011). *Base de Datos Estadísticos FAOSTAT 2000-2009*. Recuperado de: www.fao.org.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). *Cerdos: Nutrición y los alimentos*. Recuperado de: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/AP_nutrition.html
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), . (2015). *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos*. Italia, Roma: Autor.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017) *“Carne”, en OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2017-2026*, OCDE Publishing, París.
- Orskov, E. R. (1994). Recent advances in understanding of microbial transformation in ruminants. *Livestock Production Science*, 39(1), 53-60.
- Ossa, V. K. y López, R. M. (2008). Diseño de un tambor perforado de mezcla para el proceso de compostaje aerobio realizado en la planta de beneficio de la central ganadera de Medellín. Medellín, Colombia: Dirección de Investigación y Docencia Universidad EAFIT, 248-261.

- Pardo, R. y Nelson, A. (2007). *Manual de Nutrición Animal*. Volvamos al Campo. Ed. 1era. (409-457). Colombia: Gupo Latino.
- Parodi, P. y Landi, H. G. (2012). Enzimas fibrolíticas: Una alternativa para incrementar la utilización de la pared celular por los rumiantes. *Revista FAVE. Ciencias Veterinarias*. 11(2), 71-81.
- Peng, J. J., Somes, S. A., Rozeboom, D.W. (2007). Effect of system of feeding and watering on performance of lactating sows. *J. Anim. Sci.* 85(3), 853-860.
- Pérez, E. R. (2002). *Produccion porcina y contaminación del agua en la piedad, Mich.* México: Instituto de investigaciones economicas, UNAM.
- Pérez, J. F. (2013). Fisiología digestiva y utilización de aditivos y nutrientes. XXIX Curso de especialización de FEDNA. *APA Style: Electronic references*. Recuperado de: http://fundacionfedna.org/sites/default/files/13CAP_III.pdf
- Pérez, M., Morales, S., Torres, L., Egaña, M. y Diaz, C. (1994). *Efecto del tiempo de ensilaje sobre las características químicas de la sangre bovina y de algunas vísceras y decomisos*. *Avances en Medicina Veterinaria*, 9(1).
- Pinos, R. J., González, M.S., Mendoza, M.G., Barcena, G.R. y Cobos, P.M. (2001). Efecto de enzimas fibrolíticas glucosiladas en la digestibilidad in vitro de MS y MO de alfalfa (*Medicago sativa*) y ballico (*Lolium perenne*). ISSN 0798-2254. *Rev. Cient. FCV-LUZ* 11: 505-509.
- Pinos, R. J., González, M.S., Mendoza, M.G., Barcena, G.R. y Cobos, P.M. (2002). Efecto de enzimas fibrolíticas exógenas en la digestibilidad in vitro de la pared celular de heno de alfalfa (*Medicago sativa*) o de ballico (*Lolium perenne*) *Interciencia*, 27(1), 28-32

- Pinos, R. J., González, S, M., García J. C, Miranda, L., De La Cruz, G. A. y De Lerna, V. (2005). Efecto de enzimas fibrolíticas exógenas en la degradación in vitro de ingredientes alimenticios, y en la producción de leche de vacas Holstein. *Interciencia*, 30(1), 752-757.
- Pond, W.G., Church, D.C. y Pond, K.R. (2012). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. ISBN 978-968-18-52993-3. México: Limusa. 3:25-33.
- Quemba, R., Moreno, L., Puentes, D., Avella, F. y Alza, W. (2009). Elaboración de un concentrado de uso avícola a partir de residuos revalorizados de la industria alimentaria. *Revista Luna Azul*, 28(1), 40-45.
- Quintero, M. A. (1995). Uso de enzimas en la nutrición de cerdos. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 2(1), 125-129.
- Raffaelli, P. M., Sanginés, G. L., Pérez-Gil, R, F. y Larrosa, O. (2006). Evaluación nutricional de dos subproductos de frigorífico: contenido ruminal y de la línea verde. Documento de trabajo N° 158, Universidad de Belgrano. Recuperado de: http://www.ub.edu.ar/investigaciones/dt_nuevo/158_rafaelli.pdf
- Ramírez, S. B. y Juárez, A. J. (2013). *Manual del modelo de documentación de la Asociación de Psicología Americana (APA)*. Sexta edición: México, Puebla: Centro de Lengua y Pensamiento Crítico UPAEP.
- Red Nacional de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RENALOA). (2014). Microorganismos indicadores. Metodología analítica oficial. Volumen 3. INAL-ANMAT.

- Ríos, V. M. y Ramírez, H. L. (2012). Aprovechamiento del contenido ruminal bovino para cebs cunicolas, como estrategia para diezmar la contaminación generada por el matadero en San Alberto. *Prospect*, 10(1), 56-63.
- Rode, L.M., Yang, W.Z. y Beauchemin, K.A. (1999) Fibrolytic enzyme supplements for dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.*, 82(1), 2121-2126.
- Saravia, J. (1999). Avances en la alimentación de cuyes. In: Congreso de cuyicultura, Memorias. Colombia, 96-101.
- Sarmiento, F. L., Santos, R. R., y Segura, C. J. (2006). *Alimentación no convencional para monogástricos. Experiencias en el trópico mexicano*. México: Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2011). *Perspectivas a largo plazo para el sector Agropecuario de México 2011-2020*. D.F., México: Subsecretaría de Fomentos a los Agronegocios.
- Secretaría de Desarrollo Rural. (2017). *APA Style: Electronic references*. Recuperado de: <https://www.tamaulipas.gob.mx/desarrollorural/temas-del-sector/ganaderia/>.
- Secretaría de Fomento a los Agronegocios (SFA). (2011). *Perspectivas a largo plazo para el sector agropecuario de México 2011-2020*. México: SAGARPA.
- Secretaría de Salud. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. *Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa*. Estados Unidos Mexicanos.
- Secretaría de Salud. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994 . *Procedimiento para la Toma, Manejo y Transporte de Muestras de Alimentos para su Análisis Microbiológico*. Estados Unidos Mexicanos.

Secretaría de Salud. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994. *Preparación y Dilución de Muestras de Alimentos para su Análisis Microbiológico*. Estados Unidos Mexicanos.

Secretaría de Salud. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994. *Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos*. Estados Unidos Mexicanos.

Secretaría de Salud. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. *Método para la cuenta de Microorganismos coliformes totales en placa*. Estados Unidos Mexicanos.

Secretaría de Salud. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004. *Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos*. Estados Unidos Mexicanos.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2017). Reglamento de alimentos para animales. Subdepartamento de Alimentos Animales. División Protección Pecuaria, Chile.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2010). *La producción de Carnes en México 2010*. Claridades Agropecuarias. Noviembre N° 207. D.F, México.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2012). *Monografía de ganado porcino*. D.F., México: SAGARPA-Financiera Rural.

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). *Atlas Agroalimentario 2016*. 1era. ed. D.F., México.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). *Atlas Agroalimentario 2012-2018*. 1era. ed. Cd. de México, México.
- SETNA (2015). El uso de xilanasas en dietas maíz-soja en las últimas fases del cebo de cerdos. *APA Style: Electronic references*. Recuperado de: <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/El%20uso%20de%20xilanasas.pdf>
- Shurson, J. (2008). *What we know about feeding liquid by-products to pig*. In: Big Dutchman 5th Internatl. Agent's Mtg. Bremen, Germany.
- Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario (SIPSA). (2013). *Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria*, 18 (1), 1-60.
- Solórzano, R. (2005). Alimentación básica del cerdo. *Vademécum Avícola*. Edifarm. *APA style: Electronic references*. Recuperado de: https://quickvet.edifarm.com.ec//pdfs/articulos_tecnicos/ALIMENTACION%20BASICA%20CERDO.pdf
- Soria, F. A., Mariscal, L. G., Gómez, R. S. y Cuarón, I. J. (2009). Efecto de la adición de enzimas fibrolíticas y una fitasa para cerdos en crecimiento sobre la digestibilidad de nutrientes. *Téc. Pecu. Méx.*, 47(1), 1-14
- Stokes, M. R. y Zheng, S. (1995). The use of carbohydrase enzymes as feed additives for early lactation cows. 23rd. Biennial Conference on Rumen Function, Chicago.
- Taiganides, E. (1992). *Pig Waste Management and Recycling*. The Singapore Experience. Internacional Development Research. Ottawa.

- Tepper, R., González, C., Figueroa, R., Araque, H. y Sulbarán, L. (2012). Efecto de la alimentación con recursos alternativos sobre la cría de cerdos en cama profunda. *Avances en Investigación Agropecuaria*. Maracay, Venezuela, 16(2), 23-33.
- Tinoco, J.L. (2004). *La porcicultura mexicana y el Tratado de Libre Comercio de América del Norte*. Programa de maestría y doctorado en ciencias de la producción y de la salud animal. México, D.F.: UNAM.
- Trillos, G. L., Plata, O. L., Mestre, A. T. y Araujo, G. A. (2007). *Análisis físico-químico de los contenidos ruminales frescos y ensilados de bovinos sacrificados en el Valle del César*. Facultad de Ingenierías. Programa de Agroindustria. Artículos Universidad Popular del César. Valledupar, César. Recuperado de: http://www.engormix.com/analisis_fisico_quimicos_contenidos_s_articulos_954_GDC.htm.
- Uffo, O. (2011). Producción animal y biotecnologías pecuarias: nuevos retos. *Revista de Salud Animal. Scielo. Habana, Cuba*, 33(1).
- Uicab, B. L. y Sandoval, C.C. (2003). Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2(1), 45 – 63.
- Unasyuva. (1992). "La Sostenibilidad". *Revista Unasyuva*. Roma, 43(2), 2-3.
- United States Department of Agriculture (USDA). (2005). *Oilseeds: World market and trade (2012)*. Foreign Agricultural Service (FAS). Recuperado de: www.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx.

United States Department of Agriculture (USDA). (2010). *Factors Affecting U.S. Pork Consumption*. United States Department of Agriculture y FIRA.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. y Lewis, B.A. (1991). *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition*. J. Dairy. Sci. 74: 3583–3597.

Wenk, C. (1992.). Enzymes in the nutrition of growing pigs. In Pork Talk 2000. *Profiting in Tough Times*, 2(1), 22-36.

Yang, W.Z., Beauchemin, K.A. y Rode, L.M. (2000). A comparison of methods of adding fibrolytic enzymes to lactating cow diets. *J. Dairy Sci.*, 83(1), 2512–2520.

Yang, X., Chen, H., Gao, H. y Z. LI. (2001). Bioconversion of corn straw by coupling ensiling and SSF. *Biores. Technol.*, 78(1), 277-280.

7. ANEXOS

7.1 Peso vivo (kg) en la etapa de desarrollo

T1	Repetición	Corral	Sexo	Peso Inicial 31/05/2014	Sem. 1 31/05 al 07/06/2014	Sem. 2 07/06 al 14/06/2014	Sem. 3 14/06 al 21/06/2014
	1	5	H	53.150	58.150	63.500	68.450
	2	6	H	53.650	58.900	65.250	---
	3	7	MC	56.700	64.750	72.000	77.700
	4	11	MC	54.250	58.150	64.000	70.450
	5	12	MC	51.250	55.750	64.500	69.050
Promedio				53.800	59.140	65.850	71.412

T2	Repetición	Corral	Sexo	Peso Inicial 31/05/2014	Sem. 1 31/05 al 07/06/2014	Sem. 2 07/06 al 14/06/2014	Sem. 3 14/06 al 21/06/2014
	1	4	MC	59.050	65.850	75.500	78.950
	2	9	H	51.250	57.750	67.000	73.950
	3	10	H	54.750	61.150	67.750	72.450
	4	13	MC	51.500	62.050	72.000	---
	5	14	MC	53.800	61.500	65.500	71.350
Promedio				54.070	61.660	69.550	74.175

T3	Repetición	Corral	Sexo	Peso Inicial 31/05/2014	Sem. 1 31/05 al 07/06/2014	Sem. 2 07/06 al 14/06/2014	Sem. 3 14/06 al 21/06/2014
	1	1	MC	54.250	62.000	66.650	72.250
	2	2	MC	50.250	60.450	71.250	74.950
	3	3	H	60.150	68.750	75.750	78.950
	4	8	MC	54.000	61.250	66.250	74.250
	5	15	H	54.750	60.200	67.750	72.950
Promedio				54.680	62.530	69.530	74.670

7.2 Peso vivo (kg) en la etapa de finalización

T1	Repetición	Corral	Sexo	Peso Inicial 21/06/2014	Sem. 1 21/06 al 28/06/2014	Sem. 2 28/06 al 05/07/2014	Sem. 3 05/07 al 12/07/2014	Sem. 4 12/07 al 19/07/2014
	1	5	H	68.450	71.250	74.300	79.000	81.400
	2	6	H	---	71.450	77.200	82.750	89.750
	3	7	MC	77.700	83.000	87.600	94.650	99.400
	4	11	MC	70.450	76.250	82.250	85.650	91.150
	5	12	MC	69.050	74.300	78.185	83.150	89.250
Promedio				71.412	75.250	79.907	85.040	90.190

T2	Repetición	Corral	Sexo	Peso Inicial 21/06/2014	Sem. 1 21/06 al 28/06/2014	Sem. 2 28/06 al 05/07/2014	Sem. 3 05/07 al 12/07/2014	Sem. 4 12/07 al 19/07/2014
	1	4	MC	78.950	85.600	89.950	97.000	101.150
	2	9	H	73.950	80.450	85.950	88.400	97.150
	3	10	H	72.450	77.000	82.450	87.750	92.900
	4	13	MC	---	80.700	86.700	90.650	95.000
	5	14	MC	71.350	76.450	80.250	85.650	90.100
Promedio				74.175	80.040	85.060	89.890	95.260

T3	Repetición	Corral	Sexo	Peso Inicial 21/06/2014	Sem. 1 21/06 al 28/06/2014	Sem. 2 28/06 al 05/07/2014	Sem. 3 05/07 al 12/07/2014	Sem. 4 12/07 al 19/07/2014
	1	1	MC	72.250	78.575	83.200	89.500	94.400
	2	2	MC	74.950	82.850	89.200	96.000	99.900
	3	3	H	78.950	85.150	90.200	96.000	101.900
	4	8	MC	74.250	79.500	83.450	86.900	93.400
	5	15	H	72.950	78.600	81.700	90.650	97.100
Promedio				74.670	80.935	85.551	91.810	97.340

7.3 Ganancia diaria de peso (kg) calculada en la etapa de desarrollo

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
				31/05 al 07/06/2014	07/06 al 14/06/2014	14/06 al 21/06/2014
T1	1	5	H	0.714	0.764	0.707
	2	6	H	0.750	0.907	---
	3	7	MC	1.150	1.036	0.814
	4	11	MC	0.557	0.836	0.921
	5	12	MC	0.643	1.250	0.650
Promedio				0.762	0.958	0.773

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
				31/05 al 07/06/2014	07/06 al 14/06/2014	14/06 al 21/06/2014
T2	1	4	MC	0.971	1.379	0.493
	2	9	H	0.929	1.321	0.993
	3	10	H	0.914	0.943	0.671
	4	13	MC	1.507	1.421	---
	5	14	MC	1.100	0.571	0.836
Promedio				1.084	1.127	0.748

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
				31/05 al 07/06/2014	07/06 al 14/06/2014	14/06 al 21/06/2014
T3	1	1	MC	1.107	0.664	0.800
	2	2	MC	1.457	1.543	0.529
	3	3	H	1.229	1.000	0.457
	4	8	MC	1.036	0.714	1.143
	5	15	H	0.779	1.079	0.743
Promedio				1.121	1.000	0.734

7.4 Ganancia diaria de peso (kg) calculada en la etapa de finalización

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
				21/06 al 28/06/2014	28/06 al 05/07/2014	05/07 al 12/07/2014	12/07 al 19/07/2014
T1	1	5	H	0.400	0.436	0.671	0.343
	2	6	H	0.771	0.821	0.793	1.000
	3	7	MC	0.757	0.657	1.007	0.679
	4	11	MC	0.829	0.857	0.486	0.786
	5	12	MC	0.750	0.555	0.709	0.871
Promedio				0.701	0.665	0.733	0.735

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
				21/06 al 28/06/2014	28/06 al 05/07/2014	05/07 al 12/07/2014	12/07 al 19/07/2014
T2	1	4	MC	0.950	0.621	1.007	0.593
	2	9	H	0.929	0.786	0.350	1.250
	3	10	H	0.650	0.779	0.757	0.736
	4	13	MC	0.893	0.857	0.564	0.621
	5	14	MC	0.729	0.543	0.771	0.636
Promedio				0.830	0.717	0.689	0.767

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
				21/06 al 28/06/2014	28/06 al 05/07/2014	05/07 al 12/07/2014	12/07 al 19/07/2014
T3	1	1	MC	0.904	0.661	0.900	0.700
	2	2	MC	1.129	0.907	0.971	0.557
	3	3	H	0.886	0.721	0.829	0.843
	4	8	MC	0.750	0.564	0.493	0.929
	5	15	H	0.807	0.443	1.279	0.921
Promedio				0.895	0.659	0.894	0.790

7.5 Consumo diario de alimento (kg) calculado en la etapa de desarrollo

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
				31/05 al 07/06/2014	07/06 al 14/06/2014	14/06 al 21/06/2014
T1	1	5	H	2.739	2.709	2.389
	2	6	H	2.695	2.519	---
	3	7	MC	3.356	3.284	4.209
	4	11	MC	3.039	2.315	3.411
	5	12	MC	3.069	3.264	3.034
Promedio				2.979	2.818	3.260

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
				31/05 al 07/06/2014	07/06 al 14/06/2014	14/06 al 21/06/2014
T2	1	4	MC	3.169	3.869	4.195
	2	9	H	3.231	3.359	3.597
	3	10	H	2.992	2.652	2.884
	4	13	MC	3.439	3.806	---
	5	14	MC	3.279	3.437	3.724
Promedio				3.222	3.424	3.600

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
				31/05 al 07/06/2014	07/06 al 14/06/2014	14/06 al 21/06/2014
T3	1	1	MC	3.333	3.731	3.750
	2	2	MC	3.174	3.904	4.069
	3	3	H	3.631	3.409	3.445
	4	8	MC	2.767	2.606	3.527
	5	15	H	2.664	3.045	3.192
Promedio				3.113	3.339	3.596

7.6 Consumo diario de alimento (kg) calculado en la etapa de finalización

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
				21/06 al 28/06/2014	28/06 al 05/07/2014	05/07 al 12/07/2014	12/07 al 19/07/2014
T1	1	5	H	1.986	1.941	2.293	1.904
	2	6	H	2.414	2.576	2.471	3.399
	3	7	MC	3.805	3.584	3.766	3.321
	4	11	MC	3.328	2.939	2.774	3.143
	5	12	MC	2.690	3.071	2.721	2.899
Promedio				2.844	2.822	2.805	2.933

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
				21/06 al 28/06/2014	28/06 al 05/07/2014	05/07 al 12/07/2014	12/07 al 19/07/2014
T2	1	4	MC	4.067	3.914	3.706	3.424
	2	9	H	3.532	3.450	2.614	3.664
	3	10	H	3.116	3.339	3.344	2.971
	4	13	MC	3.831	3.893	3.633	3.300
	5	14	MC	3.862	3.384	3.834	3.446
Promedio				3.681	3.596	3.426	3.361

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
				21/06 al 28/06/2014	28/06 al 05/07/2014	05/07 al 12/07/2014	12/07 al 19/07/2014
T3	1	1	MC	4.110	4.036	3.979	3.850
	2	2	MC	4.351	4.512	4.704	4.371
	3	3	H	3.640	3.869	3.691	3.328
	4	8	MC	3.458	3.510	2.940	3.072
	5	15	H	3.246	2.549	3.539	3.614
Promedio				3.761	3.695	3.771	3.647

7.7 Conversión alimenticia (kg) calculada en la etapa de desarrollo

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
				31/05 al 07/06/2014	07/06 al 14/06/2014	14/06 al 21/06/2014
T1	1	5	H	3.835	3.546	3.379
	2	6	H	3.593	2.778	---
	3	7	MC	2.918	3.169	5.170
	4	11	MC	5.455	2.769	3.703
	5	12	MC	4.773	2.611	4.667
Promedio				4.114	2.974	4.229

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
				31/05 al 07/06/2014	07/06 al 14/06/2014	14/06 al 21/06/2014
T2	1	4	MC	3.263	2.806	8.509
	2	9	H	3.480	2.542	3.623
	3	10	H	3.273	2.812	4.298
	4	13	MC	2.282	2.679	---
	5	14	MC	2.981	6.020	4.455
Promedio				3.055	3.371	5.221

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
				31/05 al 07/06/2014	07/06 al 14/06/2014	14/06 al 21/06/2014
T3	1	1	MC	3.010	5.619	4.688
	2	2	MC	2.178	2.530	7.692
	3	3	H	2.955	3.409	7.538
	4	8	MC	2.672	3.649	3.086
	5	15	H	3.421	2.822	4.296
Promedio				2.847	3.605	5.460

7.8 Conversión alimenticia (kg) calculada en la etapa de finalización

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
				21/06 al 28/06/2014	28/06 al 05/07/2014	05/07 al 12/07/2014	12/07 al 19/07/2014
T1	1	5	H	4.964	4.451	3.417	5.550
	2	6	H	3.131	3.138	3.116	3.399
	3	7	MC	5.026	5.456	3.740	4.892
	4	11	MC	4.014	3.429	5.707	3.999
	5	12	MC	3.587	5.534	3.837	3.329
Promedio				4.144	4.401	3.963	4.233

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
				21/06 al 28/06/2014	28/06 al 05/07/2014	05/07 al 12/07/2014	12/07 al 19/07/2014
T2	1	4	MC	4.281	6.302	3.680	5.775
	2	9	H	3.802	4.389	7.469	2.931
	3	10	H	4.795	4.286	4.418	4.037
	4	13	MC	4.290	4.542	6.441	5.314
	5	14	MC	5.298	6.233	4.972	5.419
Promedio				4.493	5.150	5.396	4.695

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
				21/06 al 28/06/2014	28/06 al 05/07/2014	05/07 al 12/07/2014	12/07 al 19/07/2014
T3	1	1	MC	4.546	6.105	4.421	5.500
	2	2	MC	3.854	4.975	4.845	7.847
	3	3	H	4.108	5.366	4.453	3.948
	4	8	MC	4.610	6.223	5.963	3.307
	5	15	H	4.023	5.753	2.767	3.924
Promedio				4.228	5.684	4.489	4.905

7.9 Conversión económica (\$/kg) calculada en la etapa de desarrollo

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
				31/05 al 07/06/2014	07/06 al 14/06/2014	14/06 al 21/06/2014
T1	1	5	H	20.33	18.79	17.91
	2	6	H	19.04	14.72	---
	3	7	MC	15.47	16.80	27.40
	4	11	MC	28.91	14.68	19.63
	5	12	MC	25.30	13.84	24.74
Promedio				21.81	15.76	22.42

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
				31/05 al 07/06/2014	07/06 al 14/06/2014	14/06 al 21/06/2014
T2	1	4	MC	14.39	12.37	37.53
	2	9	H	15.35	11.21	15.98
	3	10	H	14.43	12.40	18.96
	4	13	MC	10.06	11.81	---
	5	14	MC	13.15	26.55	19.65
Promedio				13.47	14.86	23.03

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
				31/05 al 07/06/2014	07/06 al 14/06/2014	14/06 al 21/06/2014
T3	1	1	MC	13.43	25.06	20.91
	2	2	MC	9.72	11.29	34.31
	3	3	H	13.18	15.21	33.62
	4	8	MC	11.92	16.28	13.76
	5	15	H	15.26	12.59	19.16
Promedio				12.70	16.08	24.35

7.10 Conversión económica (\$/kg) calculada en la etapa de finalización

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
				21/06 al 28/06/2014	28/06 al 05/07/2014	05/07 al 12/07/2014	12/07 al 19/07/2014
T1	1	5	H	25.27	22.66	17.39	28.25
	2	6	H	15.94	15.97	15.86	17.30
	3	7	MC	25.58	27.77	19.04	24.90
	4	11	MC	20.43	17.45	29.05	20.35
	5	12	MC	18.26	28.17	19.53	16.94
Promedio				21.09	22.40	20.17	21.54

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
				21/06 al 28/06/2014	28/06 al 05/07/2014	05/07 al 12/07/2014	12/07 al 19/07/2014
T2	1	4	MC	17.55	25.84	15.09	23.68
	2	9	H	15.59	18.00	30.62	12.02
	3	10	H	19.66	17.57	18.11	16.55
	4	13	MC	17.59	18.62	26.41	21.79
	5	14	MC	21.72	25.55	20.39	22.22
Promedio				18.42	21.11	22.12	19.25

	Repetición	Corral	Sexo	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
				21/06 al 28/06/2014	28/06 al 05/07/2014	05/07 al 12/07/2014	12/07 al 19/07/2014
T3	1	1	MC	18.87	25.34	18.35	22.83
	2	2	MC	15.99	20.65	20.11	32.56
	3	3	H	17.05	22.27	18.48	16.38
	4	8	MC	19.13	25.83	24.75	13.72
	5	15	H	16.69	23.87	11.48	16.28
Promedio				17.54	23.59	18.63	20.35

7.11 Análisis de la varianza de peso vivo para la etapa de desarrollo

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Sig.
BLOQUES	4	46.911	11.728	2.036	.115
TRATAMIENTO	2	56.690	28.345	4.921	.014
SEMEXP	2	1051.946	525.973	91.320	.000
TRATAMIENTO * SEMEXP	4	4.048	1.012	.176	.949
COVARIABLE	1	95.954	95.954	16.660	.000
Error	29	167.031	5.760		
Total	42	1619.512			

7.12 Análisis de la varianza de ganancia diaria de peso para la etapa de desarrollo

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Sig.
BLOQUES	4	.178	.045	.626	.648
TRATAMIENTO	2	.194	.097	1.365	.271
SEMEXP	2	.539	.270	3.792	.034
TRATAMIENTO * SEMEXP	4	.253	.063	.888	.484
COVARIABLE	1	.036	.036	.507	.482
Error	29	2.063	.071		
Total	42	3.435			

7.13 Análisis de la varianza de consumo diario de alimento para la etapa de desarrollo

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Sig.
BLOQUES	4	.210	.052	.230	.919
TRATAMIENTO	2	1.006	.503	2.208	.128
SEMEXP	2	1.053	.526	2.310	.117
TRATAMIENTO * SEMEXP	4	.275	.069	.301	.875
COVARIABLE	1	.078	.078	.343	.563
Error	29	6.607	.228		
Total	42	9.587			

7.14 Análisis de la varianza de conversión alimenticia para la etapa de desarrollo

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Sig.
BLOQUES	4	2.753	.688	.408	.801
TRATAMIENTO	2	.058	.029	.017	.983
SEMEXP	2	22.628	11.314	6.713	.004
TRATAMIENTO * SEMEXP	4	8.678	2.170	1.287	.298
COVARIABLE	1	2.013	2.013	1.195	.283
Error	29	48.873	1.685		
Total	42	89.613			

7.15 Análisis de la varianza de conversión económica para la etapa de desarrollo

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Sig.
BLOQUES	4	52.124	13.031	.370	.828
TRATAMIENTO	2	81.359	40.679	1.156	.329
SEMEXP	2	471.776	235.888	6.702	.004
TRATAMIENTO * SEMEXP	4	185.467	46.367	1.317	.287
COVARIABLE	1	37.875	37.875	1.076	.308
Error	29	1020.710	35.197		
Total	42	1921.520			

7.16 Análisis de la varianza de peso vivo para la etapa de finalización

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Sig.
BLOQUES	4	238.311	59.578	3.583	.013
TRATAMIENTO	2	442.083	221.041	13.292	.000
SEMEXP	3	2027.525	675.842	40.640	.000
TRATAMIENTO*SEMEXP	6	6.079	1.013	.061	.999
Error	44	731.718	16.630		
Total	59	3445.716			

7.17 Análisis de la varianza de ganancia diaria de peso para la etapa de finalización

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Sig.
BLOQUES	4	.205	.051	1.294	.287
TRATAMIENTO	2	.103	.051	1.295	.284
SEMEXP	3	.133	.044	1.117	.353
TRATAMIENTO * SEMEXP	6	.129	.021	.542	.774
Error	44	1.741	.040		
Total	59	2.309			

7.18 Análisis de la varianza de consumo diario de alimento para la etapa de finalización

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Sig.
BLOQUES	4	.730	.182	.600	.665
TRATAMIENTO	2	8.234	4.117	13.529	.000
SEMEXP	3	.115	.038	.127	.944
TRATAMIENTO * SEMEXP	6	.314	.052	.172	.983
Error	44	13.389	.304		
Total	59	22.782			

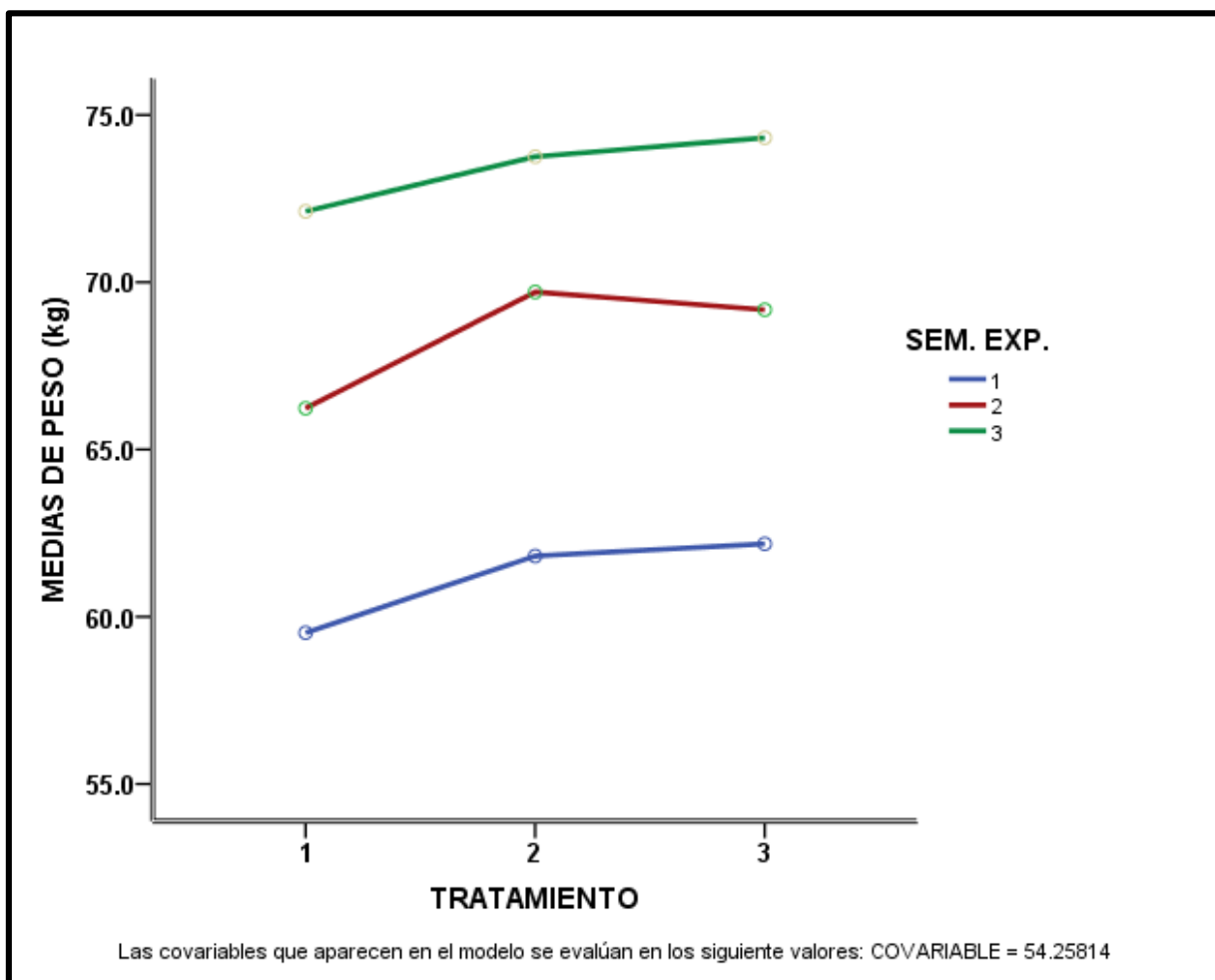
7.19 Análisis de la varianza de conversión alimenticia para la etapa de finalización

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Sig.
BLOQUES	4	2.139	.535	.433	.784
TRATAMIENTO	2	6.545	3.273	2.653	.082
SEMEXP	3	4.756	1.585	1.285	.291
TRATAMIENTO * SEMEXP	6	4.369	.728	.590	.736
Error	44	54.281	1.234		
Total	59	72.091			

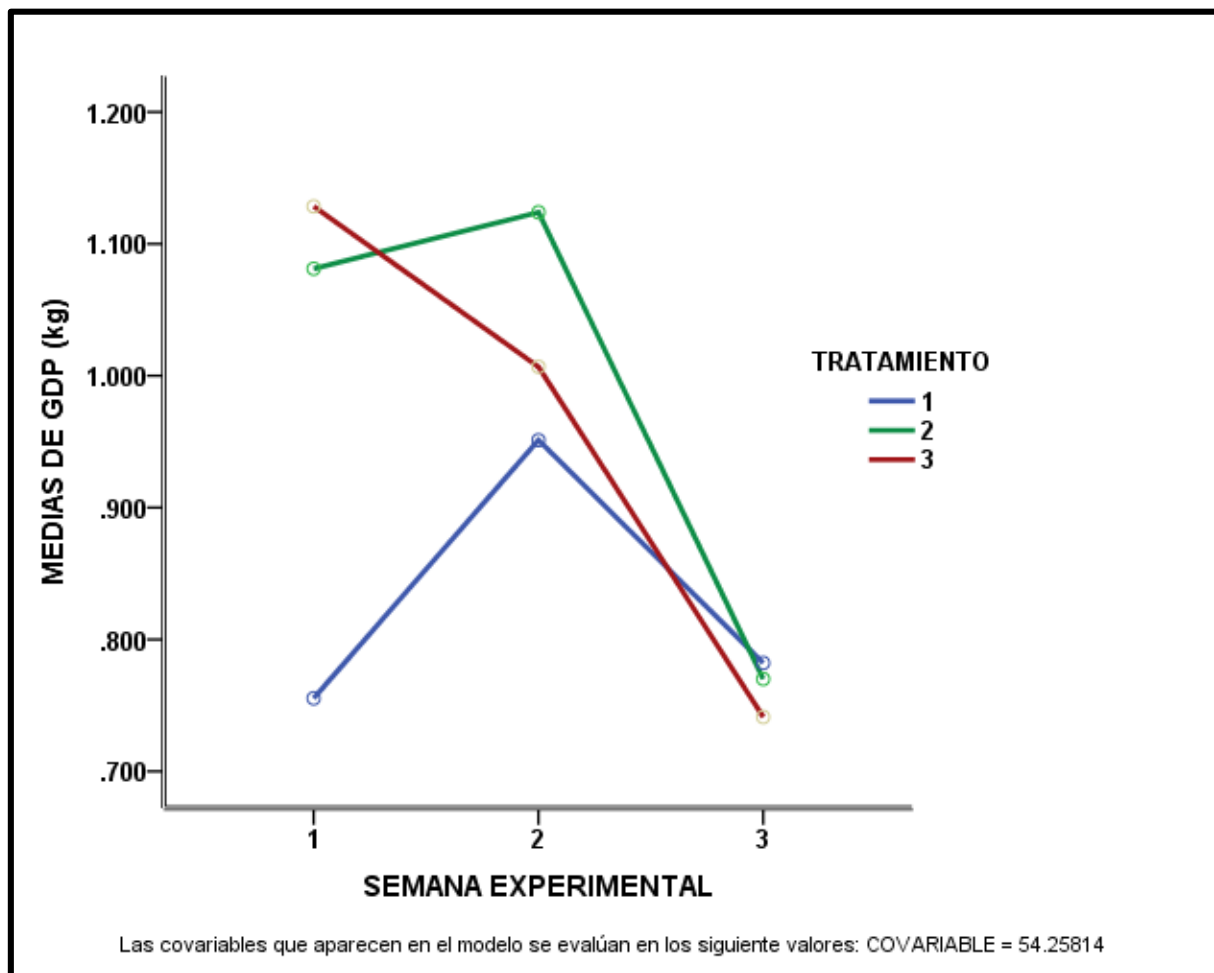
7.20 Análisis de la varianza de conversión económica para la etapa de finalización

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Sig.
BLOQUES	4	48.273	12.068	.505	.732
TRATAMIENTO	2	18.812	9.406	.394	.677
SEMEXP	3	85.996	28.665	1.200	.321
TRATAMIENTO * SEMEXP	6	74.499	12.417	.520	.790
Error	44	1050.656	23.879		
Total	59	1278.236			

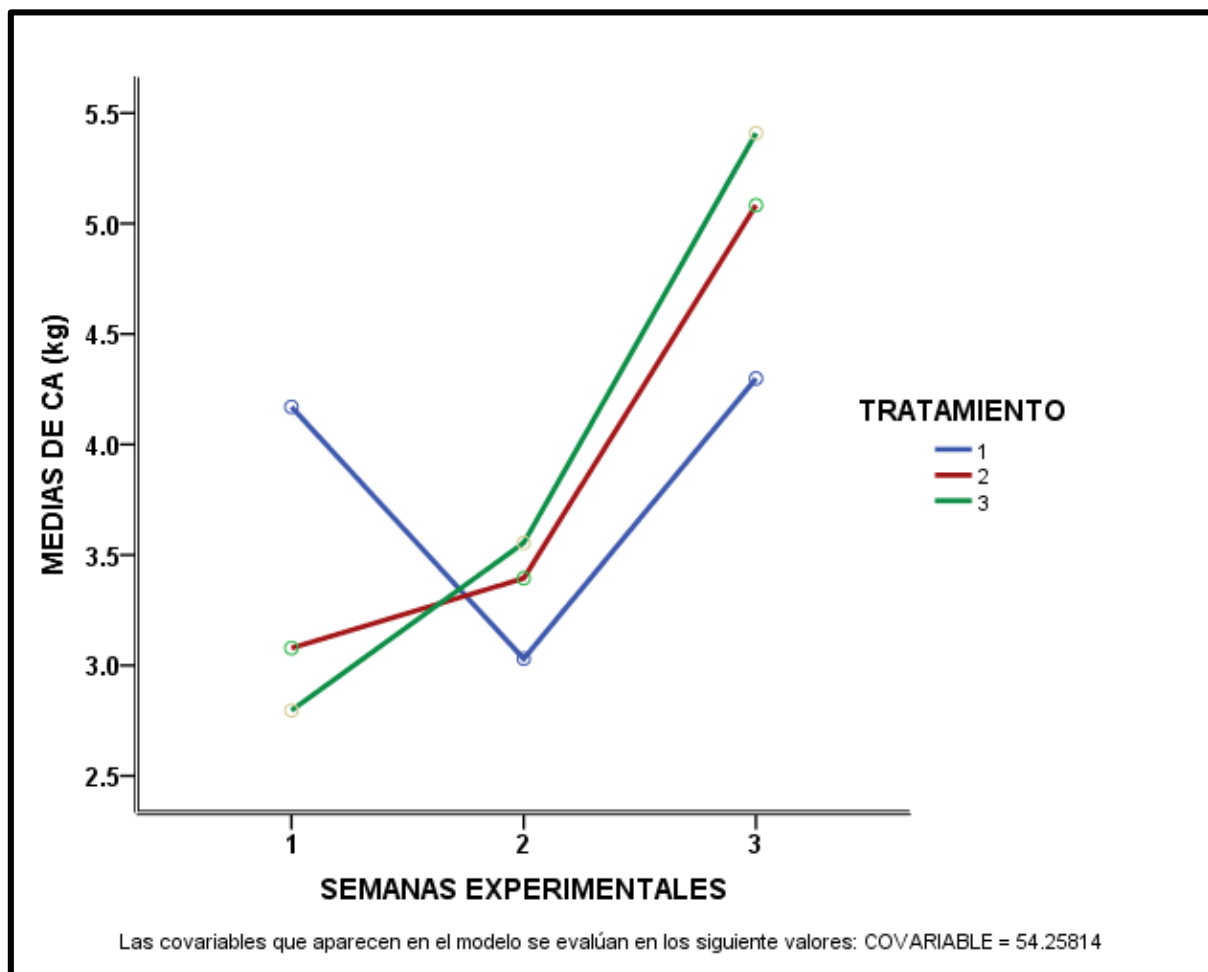
7.21 Gráfico de peso vivo (semanal) en la etapa de desarrollo



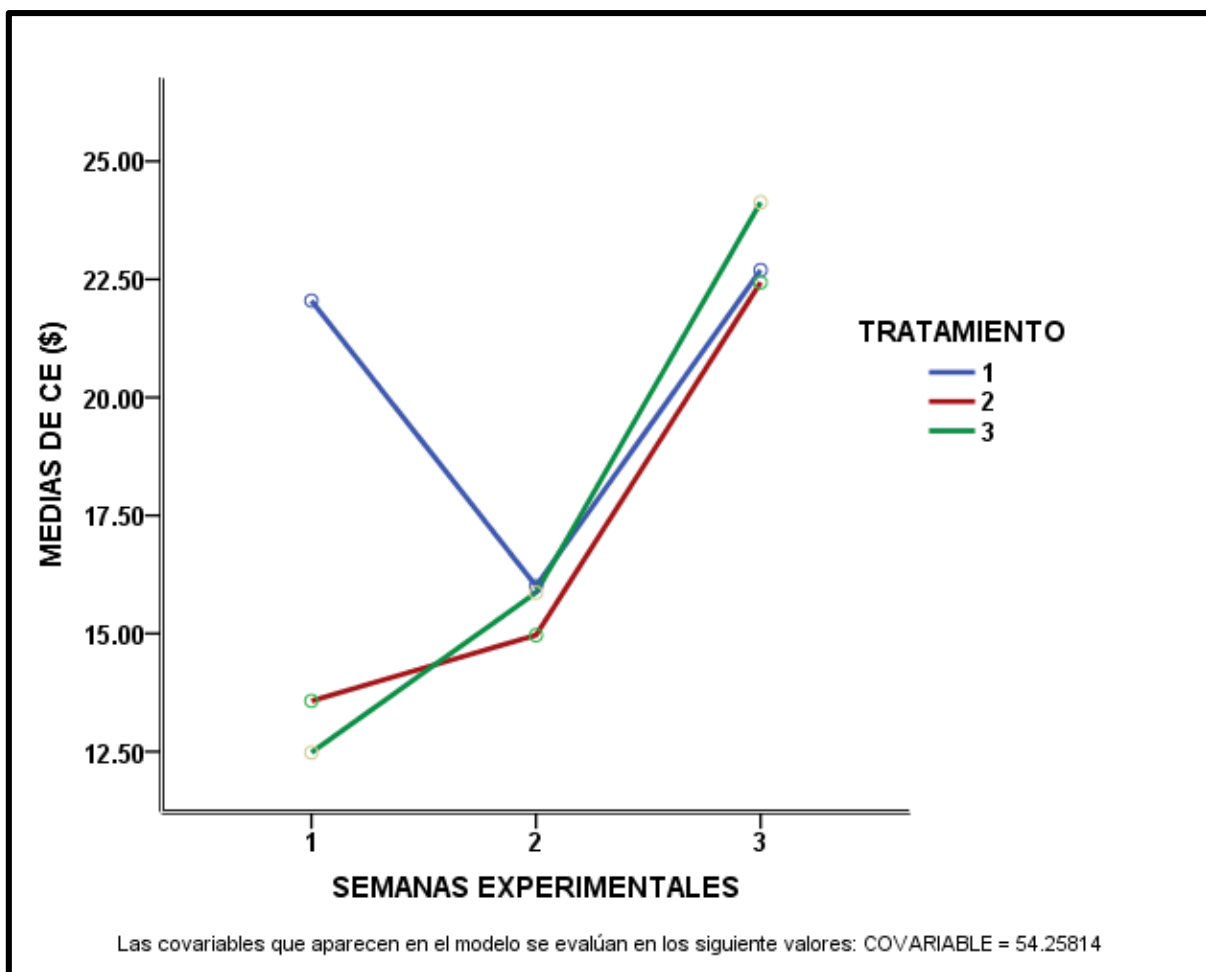
7.22 Gráfico de ganancia diaria de peso (semanal) en la etapa de desarrollo



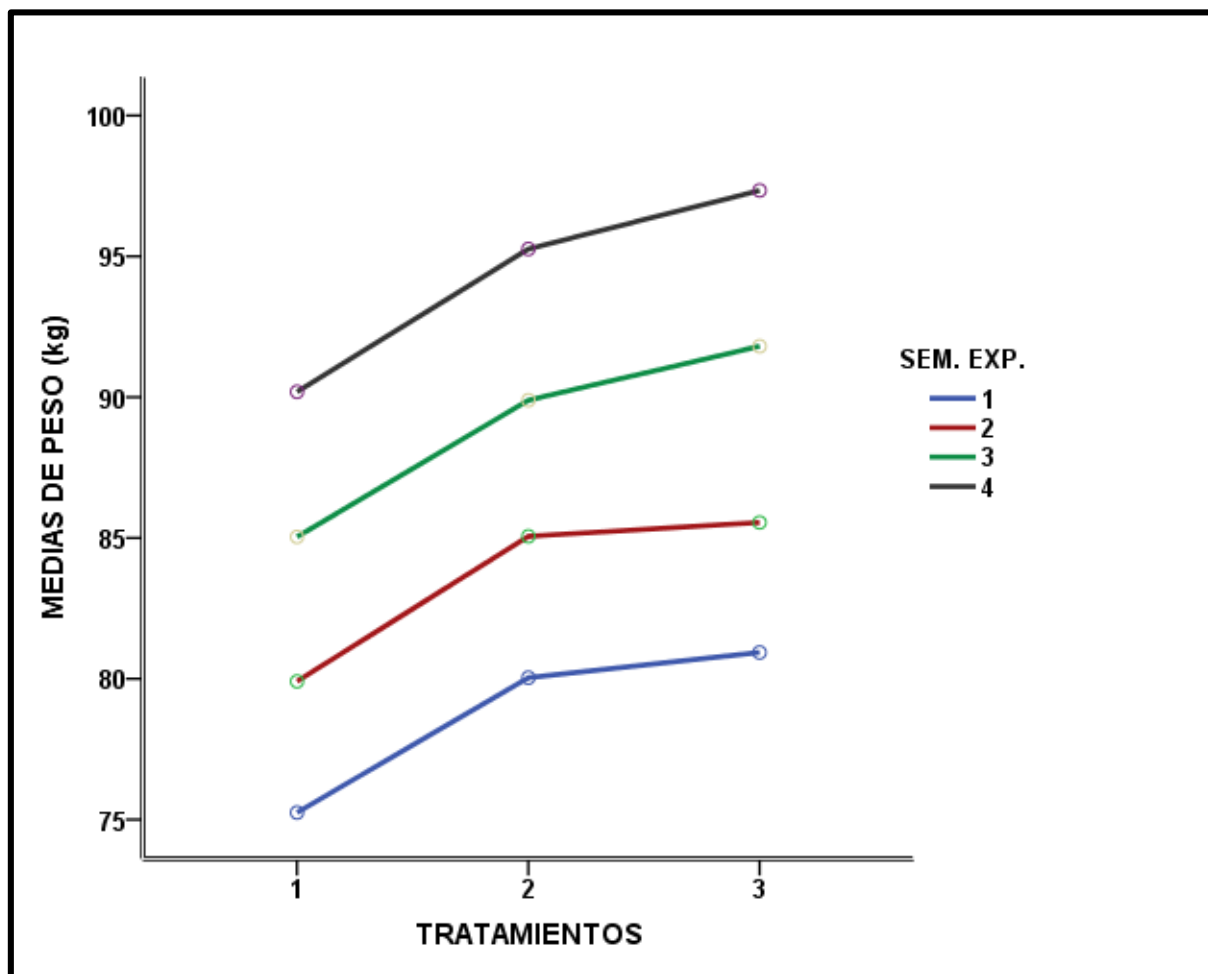
7.23 Gráfico de conversión alimenticia calculada en la etapa de desarrollo



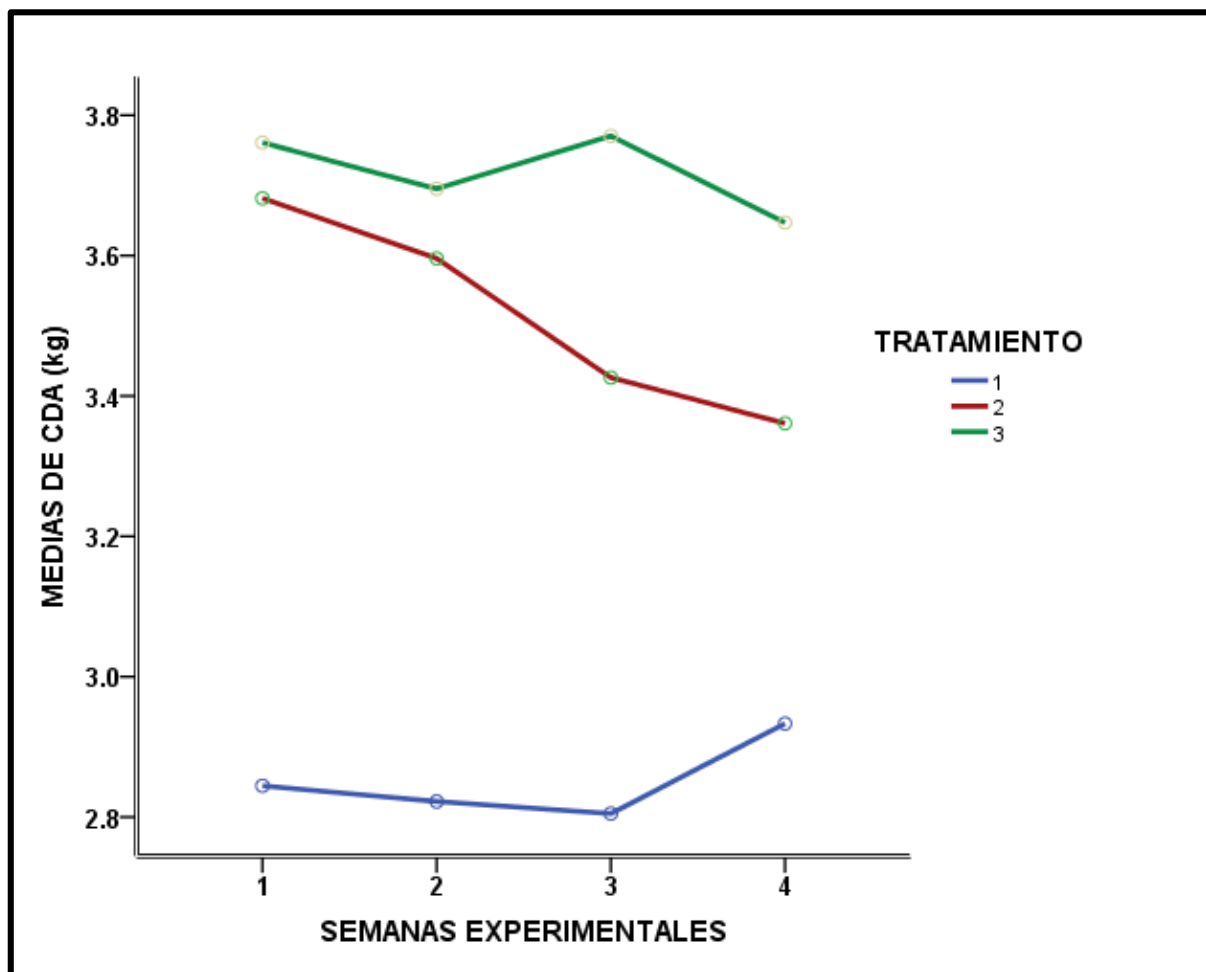
7.24 Gráfico de conversión económica calculada en la etapa de desarrollo



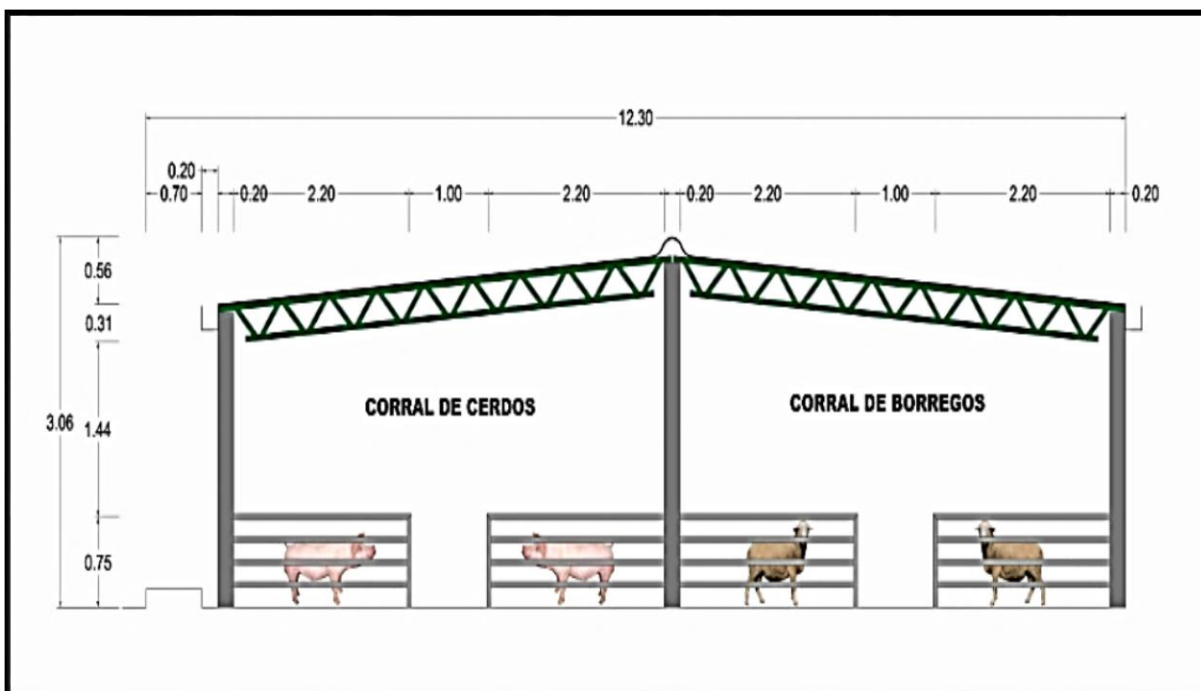
7.25 Gráfico de peso vivo (semanal) en la etapa de finalización



7.26 Gráfico de consumo diario de alimento en la etapa de finalización



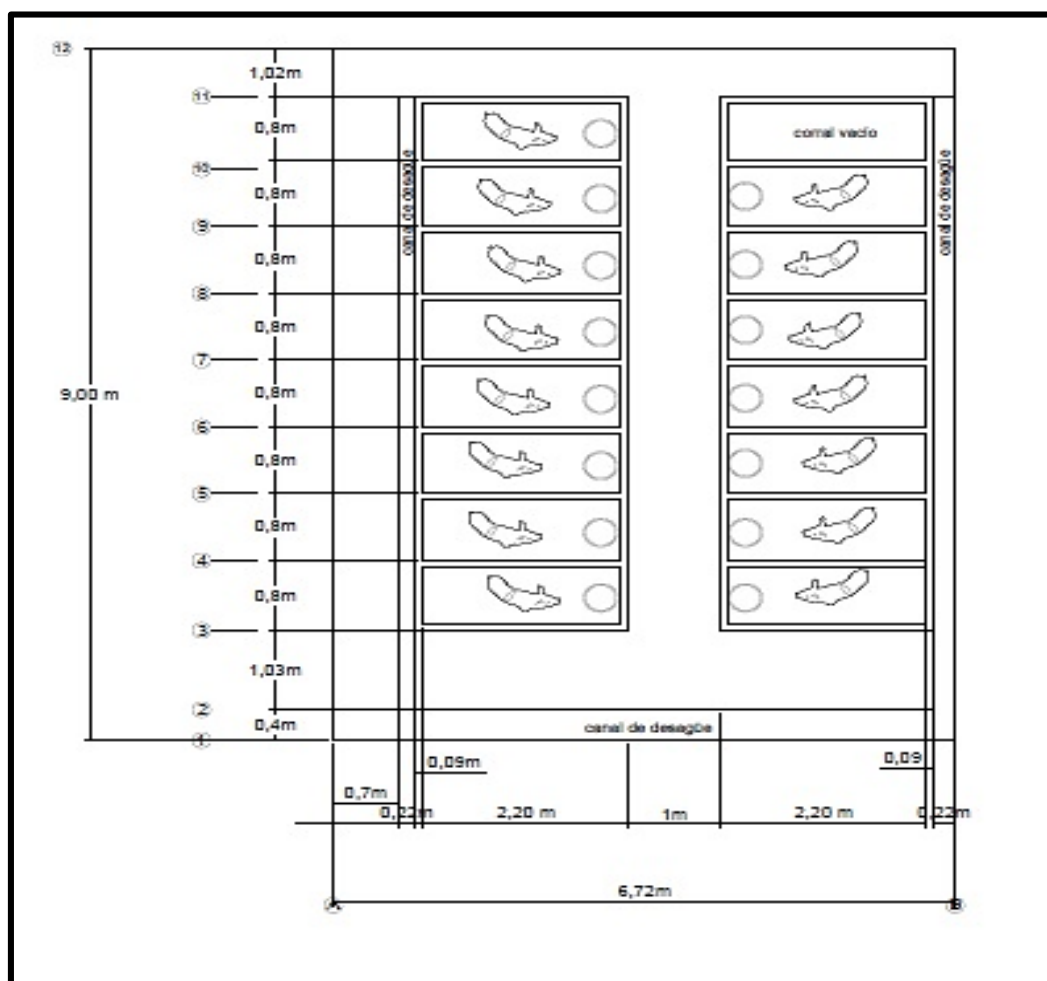
7.27 Plano de la instalación porcina (exterior) con las medidas utilizadas para la construcción del área experimental



7.28 Imagen real de la instalación porcina (exterior).



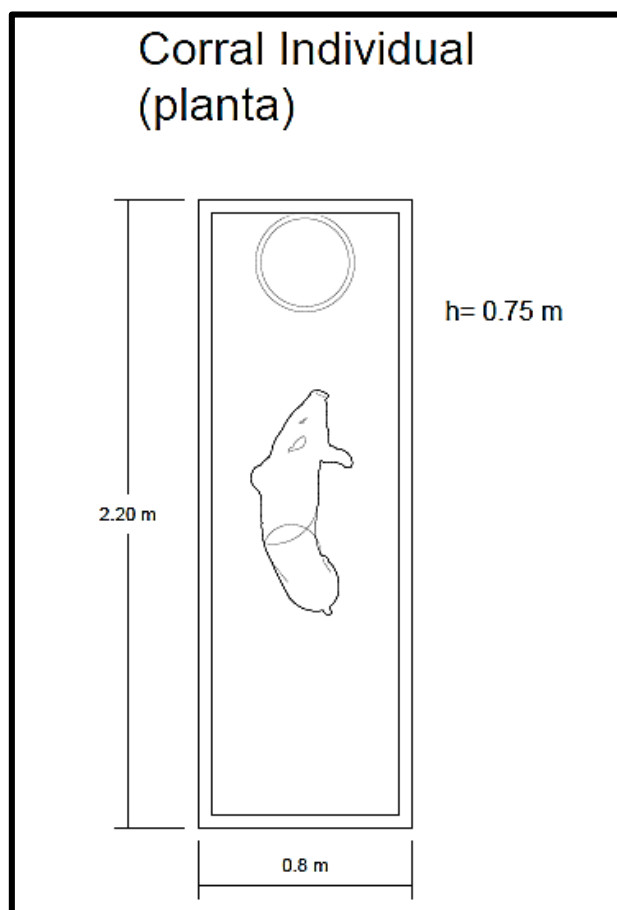
7.29 Plano de la instalación porcina (interior) con las medidas utilizadas para la construcción del área experimental



7.30 Imagen real de la instalación porcina (interior)



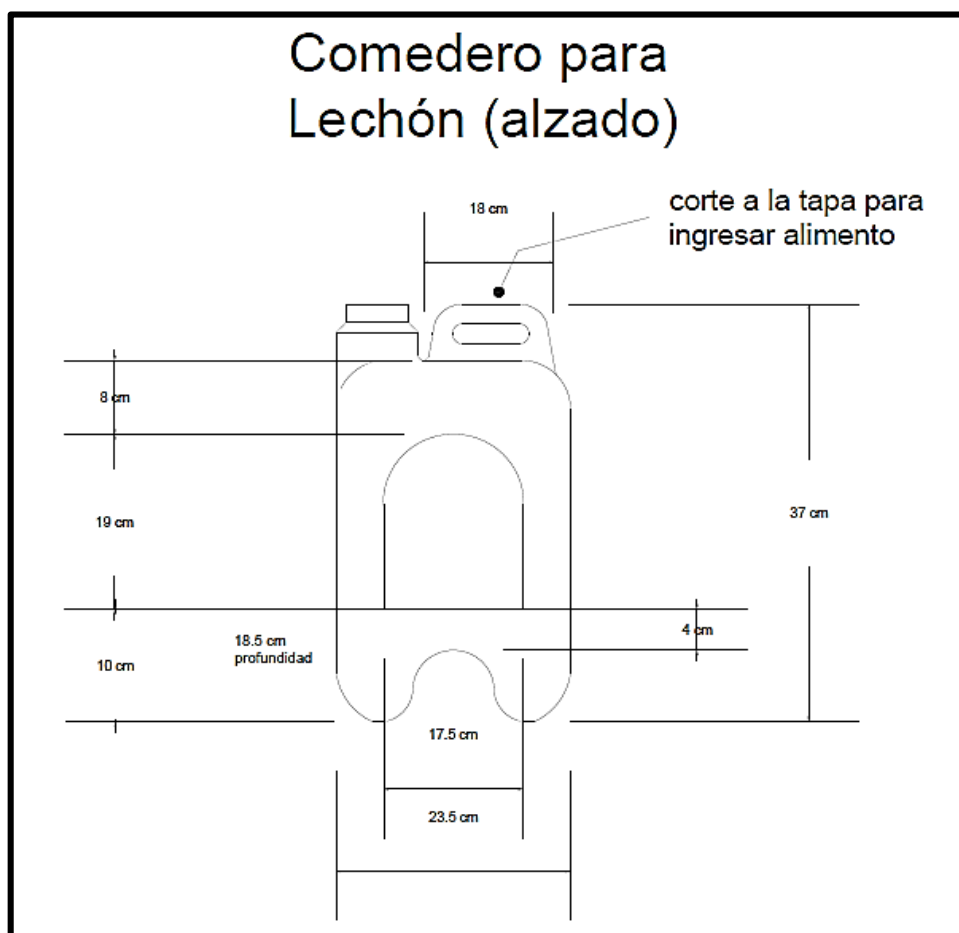
7.31 Medidas utilizadas en los corrales individuales (plano de planta) para las unidades experimentales



7.32 Imagen real de los corrales individuales



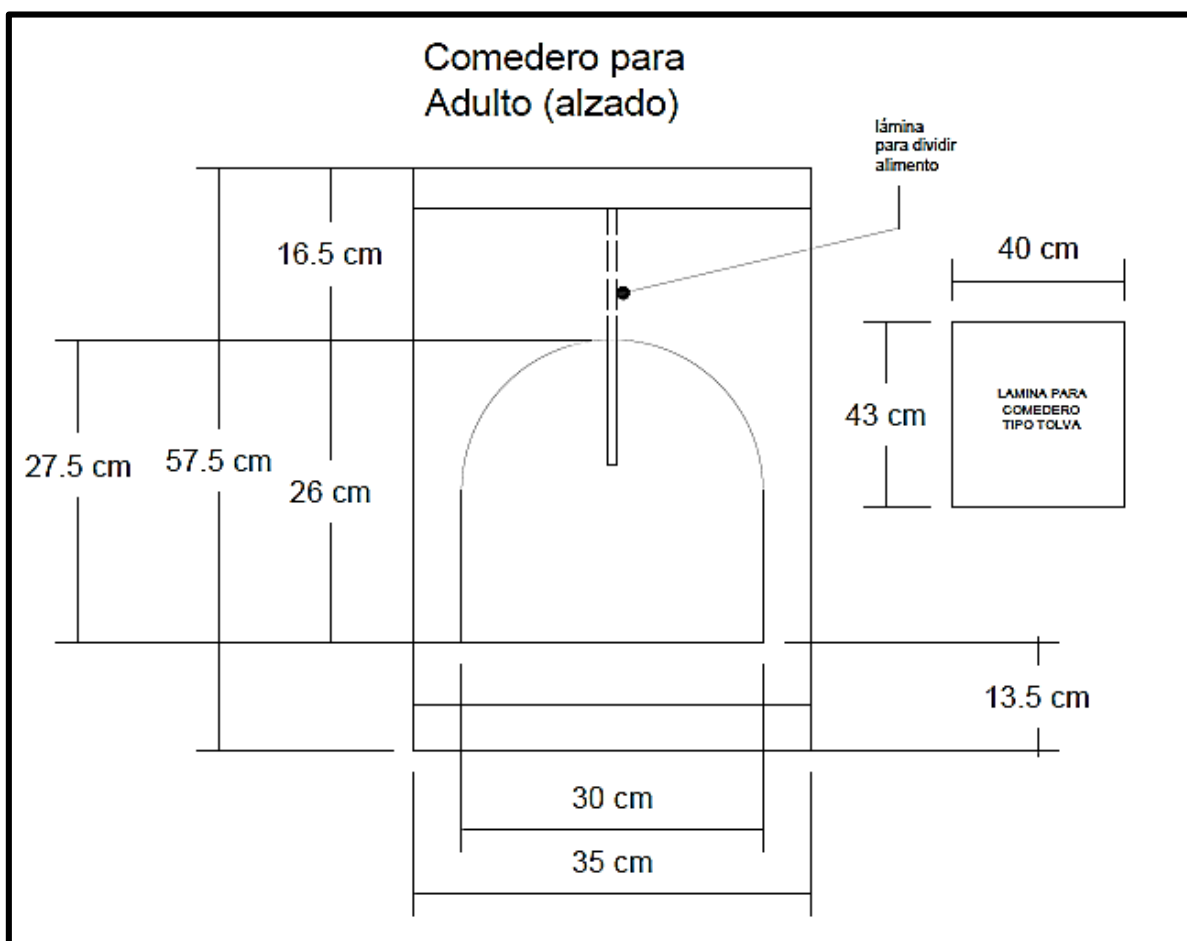
7.33 Medidas de los comederos individuales para las etapas de preiniciación e iniciación



7.34 Imagen real de los comederos individuales para lechón



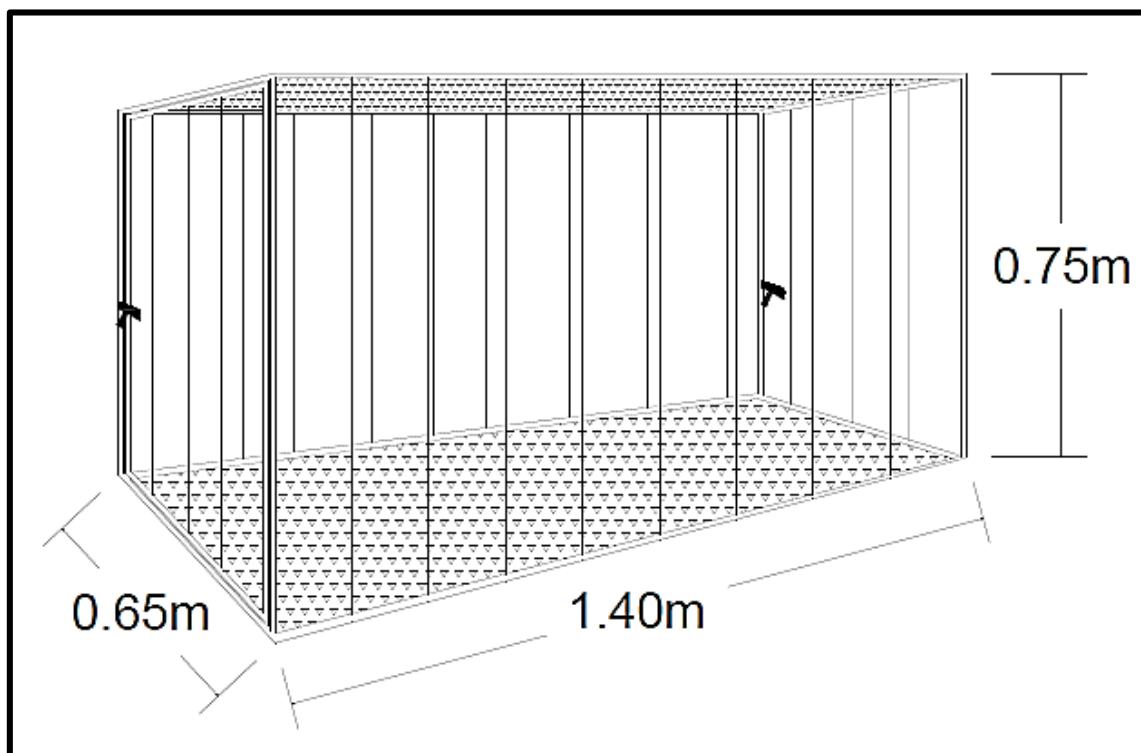
7.35 Medidas de los comederos individuales para las etapas de crecimiento, desarrollo y finalización



7.36 Imagen real de los comederos para adulto



7.37 Medidas de la jaula para pesaje utilizada en la fase experimental



7.38 Imagen real de la jaula diseñada para el pesaje de las unidades experimentales

