

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE AFRECHO DE  
MAÍZ EN RACIONES PARA CERDOS EN CRECIMIENTO EN LA  
SECCIÓN PORCINA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS DE CHIRIQUÍ**

**LISSETH G. LÓPEZ S.**

**8-880-2355**

**DAVID, CHIRIQUÍ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2016**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE AFRECHO DE  
MAÍZ EN RACIONES PARA CERDOS EN CRECIMIENTO EN LA  
SECCIÓN PORCINA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS DE CHIRIQUÍ**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDA PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O  
PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS**

**APROBADO:**

**PROF. ING. VÍCTOR SÁNCHEZ MSc**

\_\_\_\_\_  
**DIRECTOR**

**ING. ADRIANO SAUCEDO**

\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**PROF. ING. ARTURO FUENTES MSc**

\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**DAVID, CHIRIQUÍ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2016**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por permitirme llegar a culminar con una de mis metas y por darme la fortaleza para seguir adelante.

A mis padres, por guiarme por el buen camino.

En especial a mi madre, por apoyarme en mis decisiones, por darme la motivación de seguir adelante y por estar siempre pendiente de mi formación académica. Por brindarme sabios consejos y por ser la persona que sin importar su situación siempre hizo lo posible para que yo finalizara esta meta.

A mi director Profesor Víctor Sánchez y a mis asesores Profesor Arturo Fuentes y al Ingeniero Adriano Saucedo, que sin su ayuda y sus conocimientos no hubiese sido posible realizar este proyecto.

A mis compañeros de clase, con los que he compartido grandes momentos y quienes me han regalado grandes consejos y su apoyo incondicional.

A mis amigos, por estar siempre a mi lado y motivarme a seguir adelante.

A todos aquellos que siguen estando cerca de mí y que le regalan a mi vida algo de ellos.

*Lisseth*

## DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mi madre pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mi las bases de responsabilidad, esfuerzo y deseos de superación, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarla cada día más. Su espíritu de lucha y dedicación, su confianza en Dios y su firmeza formaron parte del ejemplo que me ha dado a lo largo de mi vida. Gracias infinitas a Dios por concederme la mejor de las madres.

A mis hermanos y familiares, que siempre me ofrecieron su apoyo y su amor.

*Lisseth*

## **EVALUACIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE AFRECHO DE MAÍZ EN RACIONES PARA CERDOS EN CRECIMIENTO EN LA SECCIÓN PORCINA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE CHIRIQUÍ.**

**LÓPEZ S., LG.** 2016. Evaluación de diferentes porcentajes de afrecho de maíz en raciones para cerdos en crecimiento en la sección porcina de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Chiriquí. Tesis Ingeniería Zootécnica. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. Chiriquí, Panamá. 76 p.

### **RESUMEN**

La alimentación eficiente de los cerdos es una de las prácticas más importantes de una porqueriza, ya que de ella dependen no solo los rendimientos productivos de los cerdos, sino también la rentabilidad de la granja. La alimentación representa entre un 80 a un 85% de los costos totales de producción. De ahí que este estudio tenga como objetivo evaluar diferentes porcentajes de afrecho de maíz en raciones para cerdos en crecimiento, además de los parámetros productivos de ganancia diaria, conversión alimenticia y consumo de alimento, así como la factibilidad económica. Este estudio se realizó en el Módulo de Docencia Superior de Porcinos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, ubicada en el corregimiento de Chiriquí, distrito de David, provincia de Chiriquí. La evaluación del estudio tuvo una duración de 37 días. Se utilizaron cuatro tratamientos para el estudio donde, el tratamiento 0 representaba el testigo por lo que no incluía afrecho de maíz en su ración, el tratamiento 1 presentaba 50% de sustitución de maíz por afrecho de maíz, el tratamiento 2 presentaba 75% de sustitución de maíz por afrecho de maíz y el tratamiento 3 presentaba 100% de sustitución de maíz por afrecho de maíz. Todos los tratamientos contaban con tres machos y dos hembras. Se utilizó el Diseño de Parcelas Divididas y el Análisis de la Tasa de Retorno Marginal. Los resultados obtenidos demostraron que en el tratamiento 0 estuvo el consumo más alto con un valor promedio de 3.15 kg por animal. El tratamiento 1 obtuvo la mejor ganancia diaria de peso con un valor de 0.85 kg. El tratamiento 2 presentó los valores más bajos con un consumo diario de alimento promedio de 2.85 kg por animal, una ganancia diaria de 0.76 kg, un incremento de peso de 27.42 kg y una conversión alimenticia de 3.76. Y el tratamiento 3 obtuvo un consumo diario de alimento promedio de 2.84 kg por animal, una ganancia diaria de 0.82 kg y un incremento de peso de 29.58 kg. La mejor conversión alimenticia la presentó el tratamiento 3 (100% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) con un valor de 3.64. El tratamiento 3 presentó la mejor tasa de retorno marginal por lo que resultó ser el tratamiento con mayor rentabilidad.

**Palabras claves:** Afrecho de maíz, Maíz, Consumo de Alimento, Ganancia Diaria, Conversión Alimenticia, Incremento de Peso, Tasa de Retorno Marginal.

## **EVALUATION OF DIFFERENT PERCENTAGES OF BRAN OF MAIZE IN SHARES FOR PORKS IN GROWTH IN THE PORCINE SECTION OF THE FACULTY OF CHIRIQUI'S AGRICULTURAL SCIENCES.**

**LOPEZ S., LG.** 2016. Evaluation of different percentages of bran of maize in shares for porks in growth in the porcine section of the Faculty of Chiriquí's Agricultural Sciences. Thesis Engineering Zootécnica. Faculty of Agricultural Sciences, University of Panama. Chiriqui, Panama. 76 p.

### **ABSTRACT**

The efficient supply of the porks is one of the most important practices of a porqueriza, since on her the productive performances of the porks depend not only, but also the profitability of the farm. The supply represents between 80 85 % of the total costs of production. Of there that this study has as aim evaluate different percentages of bran of maize in shares for porks in growth, besides the productive parameters of daily profit, food conversion and consumption of food, as well as the economic feasibility. This study realized in the Module of Higher education of Pigs of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Panama, located in Chiriquí's corregimiento, David's district, Chiriquí's province. The evaluation of the study had a duration of 37 days. Four treatments were in use for the study where, the treatment 0 the witness was representing for what it was not including bran of maize in his share, the treatment 1 was presenting 50 % of substitution of maize for bran of maize, the treatment 2 was presenting 75 % of substitution of maize for bran of maize and the treatment 3 was presenting 100 % of substitution of maize for bran of maize. All the treatments were possessing three males and two females. There was in use the Design of Divided Plots and the Analysis of the Rate of Marginal Return. The obtained results demonstrated that in the treatment 0 the highest consumption was with an average value of 3.15 kg for animal. The treatment 1 obtained the best daily profit of weight with a value of 0.85 kg. The treatment 2 presented the lowest values with a daily consumption of average food of 2.85 kg for animal, a daily profit of 0.76 kg, an increase of weight of 27.42 kg and a food conversion of 3.76. And the treatment 3 obtained a daily consumption of average food of 2.84 kg for animal, a daily profit of 0.82 kg and an increase of weight of 29.58 kg. The best food conversion her presented the treatment 3 (100 % of substitution of maize for bran of maize) with a value of 3.64. The treatment 3 presented the best rate of marginal return for what it turned out to be the treatment with major profitability.

**Key words:** Bran of maize, Maize, Consumption of Food, Daily Profit, Food Conversion, Increase of Weight, Rate of Marginal Return.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
RESUMEN .....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE CUADROS .....	X
ÍNDICE DE GRÁFICAS Y FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XIV
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A INVESTIGAR .....	2
1.2 ANTECEDENTES .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	5
1.4 OBJETIVOS .....	6
1.4.1 GENERAL.....	6
1.4.2 ESPECÍFICOS.....	6

1.5	HIPÓTESIS .....	6
2	REVISIÓN DE LITERATURA .....	8
2.1	Nutrición de Cerdos.....	9
2.2	Factores Dietéticos y Rendimiento en Cerdos en Crecimiento .....	13
2.3	Alimentación de Cerdos de Mercado.....	21
2.4	Necesidad Alimenticia en La Fase de Crecimiento .....	23
2.5	Afrecho de Maíz .....	24
2.6	Costos de Alimentación.....	27
2.7	Parámetros productivos de importancia económica a evaluar en la etapa de crecimiento.....	29
2.7.1	Consumo de alimento: .....	30
2.7.2	Ganancia diaria de peso (GDP):.....	31
2.7.3	Conversión de alimentos (CA): .....	31
2.7.4	Rendimiento de canal: .....	32
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1	Ubicación del Área Experimental.....	33
3.2	Época anual de Ejecución y Duración del Experimento .....	33
3.3	Unidades Experimentales.....	33
3.4	Descripción de Instalaciones .....	34

3.5	Animales Experimentales .....	34
3.6	Balanceo y Preparación de las Raciones Experimentales .....	34
3.7	Método de Muestreo.....	35
3.8	Parámetros Evaluados .....	36
3.9	Análisis Estadístico.....	37
3.10	Análisis Económico .....	39
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	40
4.1	Aporte nutricional.....	40
4.2	Consumo de Alimento .....	46
4.3	Ganancia Diaria de Peso.....	49
4.4	Conversión Alimenticia .....	52
4.5	Peso .....	56
4.6	Variables Económicas .....	59
5	CONCLUSIONES .....	65
6	RECOMENDACIONES.....	66
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
8	ANEXOS.....	73

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
Cuadro N° 1	NECESIDADES DE PROTEÍNA PARA CERDOS EN PERÍODO DE CRECIMIENTO Y ACABADO	13
Cuadro N° 2	ANÁLISIS TÉCNICO DEL AFRECHO DE MAÍZ	20
Cuadro N° 3	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL AFRECHO DE MAÍZ	21
Cuadro N° 4	INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA DEL AFRECHO DE MAÍZ	22
Cuadro N° 5	COMPOSICIÓN GENERAL E INFORMACIÓN NUTRICIONAL DE LOS INGREDIENTES EMPLEADOS EN LA FORMULACIÓN DE LAS RACIONES EXPERIMENTALES	35
Cuadro N° 6	RACIÓN EXPERIMENTAL PARA LA ETAPA DE 30 – 50 KILOGRAMOS DE PESO VIVO, COSTO POR QUINTAL Y COSTO POR KILOGRAMO	36
Cuadro N° 7	COMPOSICIÓN QUÍMICA CALCULADA DE LA RACIÓN EXPERIMENTAL PARA LA ETAPA DE 30 – 50 KILOGRAMOS DE PESO VIVO Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES	37
Cuadro N° 8	RACIÓN EXPERIMENTAL PARA LA ETAPA DE 50 – 70 KILOGRAMOS DE PESO VIVO, COSTO POR QUINTAL Y COSTO POR KILOGRAMO	38

Cuadro N° 9	COMPOSICIÓN QUÍMICA CALCULADA DE LA RACIÓN EXPERIMENTAL PARA LA ETAPA DE 50 – 70 KILOGRAMOS DE PESO VIVO Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES	39
Cuadro N°10	PESO INICIAL, PESO FINAL, INCREMENTO DE PESO, VALOR DEL INCREMENTO DE PESO Y GANANCIA DIARIA PROMEDIO DURANTE LA ETAPA EXPERIMENTAL	40
Cuadro N°11	CONSUMO DE ALIMENTO EN KILOGRAMOS EN LOS TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES POR PERÍODOS	41
Cuadro N°12	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE CONSUMO DE ALIMENTO	41
Cuadro N°13	GANANCIA DIARIA DE PESO, EN KILOGRAMOS, POR TRATAMIENTO EXPERIMENTAL POR PERÍODOS	43
Cuadro N°14	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE GANANCIA DIARIA	44
Cuadro N°15	CONVERSIÓN ALIMENTICIA POR TRATAMIENTO EXPERIMENTAL POR PERÍODOS	47
Cuadro N°16	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE CONVERSIÓN ALIMENTICIA	47
Cuadro N°17	PESO INICIAL Y PESO FINAL DE LOS TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES EN KILOGRAMOS	50
Cuadro N°18	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO	50

Cuadro N°19	INCREMENTO DE PESO POR TRATAMIENTO EN KILOGRAMOS	51
Cuadro N°20	COSTO TOTAL DE LOS INGREDIENTES UTILIZADOS EN LAS RACIONES EXPERIMENTALES POR CANTIDAD	53
Cuadro N°21	COSTO TOTAL DE ALIMENTO CONSUMIDO Y COSTO TOTAL DE ALIMENTO SUMINISTRADO	54
Cuadro N°22	DATOS DEL EXPERIMENTO	55
Cuadro N°23	CÁLCULO DE LOS BENEFICIOS NETOS	55
Cuadro N°24	ANÁLISIS DE DOMINANCIA	56
Cuadro N°25	TASA DE RETORNO MARGINAL ENTRE TECNOLOGÍAS	56

## ÍNDICE DE GRÁFICAS Y FIGURAS

<b>Gráfica</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
Gráfica N° 1	GANANCIA DIARIA DE PESO EN EL TIEMPO EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES	44
Gráfica N° 2	COMPORTAMIENTO DE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN EL TIEMPO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES	48

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
Figura N° 1	COMPOSICIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UN PROGRAMA PORCINO	23

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
Anexo N° 1	ELABORACIÓN DE LAS RACIONES EXPERIMENTALES EN LA PLANTA DE ALIMENTOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS	65
Anexo N° 2	ALIMENTACIÓN DE LOS ANIMALES EXPERIMENTALES EN COMEDEROS DE TIPO CANOA	65
Anexo N° 3	TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES 0 Y 1 A LOS 37 DÍAS DE ESTUDIO	66
Anexo N° 4	TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES 2 Y 3 A LOS 37 DÍAS DE ESTUDIO	66
Anexo N° 5	LOS ANIMALES SE BAÑABAN UNA VEZ AL DÍA TODOS LOS DÍAS PARA MANTENER LA HIGIENE EN EL ÁREA EXPERIMENTAL	67
Anexo N° 6	UNA DE LAS MAYORES PROBLEMÁTICAS DURANTE EL ESTUDIO FUE QUE LOS ANIMALES DESPERDICIAN ALIMENTO DEBIDO A QUE LOS COMEDEROS ERAN ABIERTOS	67
Anexo N° 7	CADA 15 DÍAS SE PESABAN LOS ANIMALES EN UNA PESA ROMANA DEBIDO A QUE EL PROYECTO NO CUENTA CON BALANZA DIGITAL PARA CERDOS	68

## 1 INTRODUCCIÓN

La alimentación eficiente de los cerdos es una de las prácticas más importantes de una porqueriza, ya que de ella dependen no solo los rendimientos productivos de los cerdos, sino también la rentabilidad de la granja. La alimentación representa entre un 80 a un 85% de los costos totales de producción. Por esta razón es importante que el porcicultor conozca ciertos conceptos importantes relacionados con la alimentación eficiente de los cerdos, así como aquellos factores que pueden afectar el uso eficiente de un programa de alimentación.

En la alimentación de los cerdos existe una gran variedad de ingredientes que pueden utilizarse en la formulación de una dieta. El nivel de uso de estos ingredientes en la ración, estará determinado por la composición nutricional del producto, de las restricciones nutricionales que tenga para las diferentes etapas productivas y del requerimiento de nutrimentos que se quiera satisfacer. (Campabadal, 2016).

Una buena dedicación en la etapa de crecimiento en el cerdo resulta esencial porque de ella depende como el animal se desempeñará en la parte productiva y reproductiva; las cuales a su vez se les puede designar como los puntos máximos de la porcicultura. (Barroso, 1997).

El empleo del afrecho de maíz en las dietas de los animales tiene una gran trascendencia. Sin embargo, algunas investigaciones demuestran los niveles aceptables en que se puede utilizar como ingrediente en las raciones.

Gracias a los estudios realizados, es sabido que este ingrediente aporta valores permisibles de los nutrientes más esenciales para los animales.

Es por eso que este proyecto pretende evaluar el desempeño de los cerdos y la factibilidad económica de la utilización del afrecho de maíz en las raciones de los cerdos de 30 a 70 kg de peso vivo.

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A INVESTIGAR**

Debido al crecimiento de la población se ha visto un aumento indirecto de la necesidad de alimentos lo que es de gran preocupación. Dentro de los animales de producción, el cerdo es uno de los animales que puede abastecer la gran demanda de alimentos. Muchas son las técnicas de alimentación utilizadas para estos animales buscando las mejores alternativas de rentabilidad.

Desafortunadamente, la mayoría de los productores utilizan alimentos elaborados con los ingredientes comunes y muchas veces rechazan la inclusión de otros productos o subproductos presentes en la finca y que son capaces de abastecer los requerimientos nutricionales de los cerdos. Esta monotonía en cuanto a la utilización de los ingredientes contribuye a un desequilibrio económico y por lo tanto hace menos competitiva la producción.

En muchas ocasiones, la utilización de un nuevo alimento representa una carga financiera extra para las fincas. Otro problema es la adaptación de los animales al nuevo alimento. Esto, en conjunto con la mano de obra de los trabajadores hace que haya menos aceptabilidad de nuevas ideas.

Usando diferentes porcentajes de afrecho de maíz en las raciones se puede lograr un mayor aprovechamiento de los productos presentes en la finca.

El afrecho de maíz, por su alta y constante disponibilidad durante el año y su precio competitivo, lo hace un ingrediente de alto potencial para ser incorporado en la alimentación de los cerdos.

La optimización en la alimentación de cerdos o la adopción de ideas nuevas y más efectivas es determinante para una mejor producción de la finca. En este proyecto, se busca evaluar la factibilidad de inclusión de afrecho de maíz en las raciones de los cerdos y así mejorar la rentabilidad de la finca.

## **1.2 ANTECEDENTES**

A nivel mundial e incluso en Panamá se han utilizado diversos ingredientes en la elaboración de alimentos balanceados para la nutrición de la especie porcina. Con el fin de suplir los requerimientos nutricionales de los cerdos se utilizan los ingredientes en mayor o menor porcentaje según su aporte nutricional. El afrecho de maíz se utiliza la mayoría de las ocasiones en las raciones y en promedio dan un aporte de 3515 Mcal/Kg de materia seca según estudios realizados por GRANOS AMERICANOS (2016) y, 10.45% de proteína cruda según análisis realizados en la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

López et al (2003), realizaron un estudio sobre el valor nutritivo del afrecho de maíz en la alimentación de cerdos. Ellos utilizaron niveles de inclusión de afrecho de 10, 20, 30 y 40% en la alimentación en asociación con otros productos y subproductos. Finalmente concluyeron que: “Los resultados de esta experimentación indican que el

afrecho de maíz puede sustituir al grano en la dieta para cerdos en crecimiento hasta un nivel de 40% sin afectar las ganancias de peso. Sin embargo, afecta negativamente la eficiencia de conversión de la dieta”.

Otro estudio realizado por Blandón et al (2013), en donde se evaluó el efecto de la inclusión del afrecho de maíz en niveles de cero (0), 3.20, 7.55 y 11.85% de la ración en cerdos en crecimiento, se obtuvo que el afrecho puede ser incluido en dietas para cerdos hasta que la FDN alcance un 13% ya que por encima de este valor se afecta la digestibilidad rectal de los distintos componentes nutricionales y por lo tanto afecta el buen desarrollo de los animales.

González (2012), en su artículo sobre la economía en Panamá, resalta que en la actualidad la demanda de alimentos cada vez es mayor y que el costo de los productos como el maíz, la soya y la harina de pescado, utilizados en la alimentación de cerdos y otras especies; representa la mitad del costo del productor lo que afecta a los consumidores ya que eleva el precio de esos productos en la cesta de consumo que forma parte del Índice de Precios del Consumidor (IPC). Este autor también recalca que Panamá es altamente deficitario en la producción de maíz, y la relativamente poca producción local es en su mayoría para el consumo humano, por lo que, el país se ve en la necesidad de incrementar las importaciones de materias primas para la elaboración de dichos alimentos.

La mayoría de las fincas porcinas en Panamá utilizan el afrecho de trigo en pequeños porcentajes ya que el maíz es la fuente principal de energía. Por lo

anterior, en la actualidad no se ha realizado ningún estudio en el que se evalúen altos niveles de inclusión de afrecho en cerdos de nuestro país.

Se desconoce los efectos del alto porcentaje de afrecho sobre el desarrollo y funciones vitales de los cerdos en crecimiento.

Por esta razón, se realizará este proyecto con tal de brindar nueva información acerca de este tema.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Con el propósito de lograr los objetivos de estudio se busca evaluar la utilización de diferentes porcentajes de afrecho de maíz en las raciones de los cerdos y así medir su efectividad. Con esto se pretende ampliar los conocimientos de los productores de cerdos y de igual forma puede ser empleado como base para investigaciones futuras. Los resultados de la investigación se apoyan en técnicas de investigación válidas en el medio.

De igual forma, estos resultados permiten encontrar soluciones concretas de alimentación que se verá reflejada en los resultados económicos de la finca. También, ayudará a mejorar los sistemas y técnicas de elaboración de alimentos balanceados dándole un mejor aprovechamiento a este subproducto.

Finalmente este proyecto permitirá evaluar los costos de implementación y así ser utilizado por pequeños y medianos productores para hacer más rentable su producción.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 GENERAL**

Evaluar diferentes porcentajes de afrecho de maíz en raciones para cerdos en crecimiento en la sección porcina de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Chiriquí.

### **1.4.2 ESPECÍFICOS**

- Determinar el incremento de peso de cerdos en crecimiento alimentados con diferentes porcentajes de afrecho de maíz.
- Conocer la ganancia diaria de peso por animal.
- Evaluar el consumo de alimento de los animales.
- Estimar la conversión alimenticia promedio por animal.
- Analizar la factibilidad económica de la utilización del afrecho de maíz en raciones para cerdos en crecimiento.

## **1.5 HIPÓTESIS**

### **A. DETERMINAR EL INCREMENTO DE PESO**

**Ha:** Existen diferencias significativas en el incremento de peso de cerdos en crecimiento en los diferentes niveles de afrecho incluidos.

**Ho:** No existen diferencias significativas en el incremento de peso de cerdos en crecimiento en los diferentes niveles de afrecho incluidos.

## **B. CONOCER LA GANANCIA DIARIA DE PESO POR ANIMAL**

**Ha:** Hay diferencias en la ganancia diaria de peso por animal en los diferentes niveles de afrecho evaluados.

**Ho:** No hay diferencias en la ganancia diaria de peso por animal en los diferentes niveles de afrecho evaluados.

## **C. EVALUAR EL CONSUMO DE ALIMENTO**

**Ha:** Hay diferencias significativas en el consumo de alimento de los diferentes tratamientos evaluados.

**Ho:** No hay diferencias significativas en el consumo de alimento de los diferentes tratamientos evaluados.

## **D. ESTIMAR LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA PROMEDIO POR ANIMAL**

**Ha:** Existen diferencias significativas en la conversión alimenticia promedio por animal en los diferentes tratamientos evaluados.

**Ho:** No existen diferencias significativas en la conversión alimenticia promedio por animal en los diferentes tratamientos evaluados.

## **E. ANALIZAR LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

**Ha:** Existe mayor rentabilidad económica al utilizar diferentes niveles de afrecho de maíz.

**Ho:** Existe menor rentabilidad económica al utilizar diferentes niveles de afrecho de maíz.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

En condiciones tropicales, un elemento clave dentro de los sistemas de producción con cerdos son los sistemas de alimentación que se basan principalmente en granos de cereales y oleaginosas que son de alto valor nutricional y económico. Sin embargo, este costo de alimentación constituye del 60-80% de los costos totales de producción bajo condiciones de explotación tecnificada.

En los últimos años se ha venido implementando la búsqueda de fuentes alternas de alimentación de bajo costo con el objeto de lograr niveles convenientes de productividad y rentabilidad. En las zonas tropicales esto puede lograrse mediante la utilización de residuos de cosechas de alto contenido fibroso desperdiciados por las industrias que producen alimentos para consumo humano.

Dentro de las materias primas empleadas como fuente de fibra para la formulación de dietas, se encuentran los subproductos del grano de trigo y maíz, y los subproductos de granos de destilería. Sin embargo, tanto el valor nutritivo y el costo de estos recursos es muy variable. (Blandón et al, 2013).

Hay que recordar que una ración alimenticia es la utilización de un conjunto de ingredientes que conforman una cantidad habitual que debe consumirse. Esta debe incluir proteínas, grasas, vitaminas y minerales, además de los alimentos pesados. El uso equilibrado de esta ración constituye una dieta alimenticia que finalmente permite obtener solo los nutrientes y la energía necesarios y así conseguir o mantener cierto peso corporal o funciones metabólicas de producción y reproducción especial.

## 2.1 Nutrición de Cerdos

Los ingredientes para la elaboración de alimentos balanceados, los podemos dividir en cuatro categorías que son: fuentes de energía, de proteína, de vitaminas, de minerales y los aditivos no nutricionales. El uso y tipo de estos productos depende mucho de la zona de producción o de las facilidades y precio de importación.

- Fuentes de energía

Las fuentes de energía más utilizadas para la alimentación porcina son el maíz, las grasas y/o aceites y los subproductos agroindustriales.

El maíz es la principal fuente de energía utilizada en la alimentación porcina. Contiene niveles de energía digestible y metabolizable de 3,5 y 3,3 Mcal/kg, respectivamente. El maíz posee niveles bajos de proteína (7,5 a 8,5%) es deficiente en lisina (0,22 a 0,25%), calcio (0,03 a 0,05%) y fósforo aprovechable (0,08 a 0,10 %). No presenta restricciones nutricionales en su composición que limiten el nivel de inclusión en las dietas para cerdos; sin embargo, existen dos limitaciones que pueden afectar la utilización eficiente del maíz en la alimentación de cerdos; el contenido de micotoxinas y su grado de molienda.

Las otras fuentes de energía que se utilizan en la alimentación de cerdos son los subproductos de origen agroindustrial que no compiten con la alimentación humana, pero que generalmente presentan ciertas limitaciones nutricionales como son un nivel bajo de energía, un alto nivel de fibra, elementos tóxicos y la ausencia de ciertos aminoácidos limitantes. Estas limitaciones nutricionales pueden afectar los rendimientos productivos, causando una disminución en la eficiencia de conversión

de alimentos y un incremento en el costo económico para producir una unidad de producto. Sin embargo, en una situación de emergencia mediante un balance adecuado de nutrimentos y un nivel bajo de utilización, estos productos pueden sustituir adecuadamente las fuentes de energía tradicionales en los alimentos balanceados de cerdos.

Existe una gran variedad de subproductos agroindustriales que pueden utilizarse como fuentes alternativas de energía en la alimentación porcina. Entre las principales encontramos los subproductos del arroz, los del trigo y de la caña de azúcar. También están las llamadas fuentes energéticas altas en humedad donde el banano y la yuca son las principales fuentes utilizadas.

- Fuentes de Proteína

Dos son los tipos de fuentes de proteína utilizadas en la elaboración de alimentos balanceados para cerdos. Las fuentes de proteína de origen vegetal, que incluye principalmente a la harina de soya. La otra categoría de fuentes de proteína son las de origen animal, donde se incluyen las harinas de pescado, la harina de carne y hueso, los subproductos de la leche, el plasma porcino, las células sanguíneas y rara vez subproductos avícolas. El valor nutricional de estos tipos de fuentes de proteína dependerá del tipo de procesamiento a que son sometidas y de los constituyentes que las formen.

La harina de soya es la única fuente disponible de proteína sin problemas para utilizarse en la alimentación de los cerdos, excepto en la alimentación de lechones

recién destetados donde ocurre una reacción antígeno - anticuerpo producido por las proteínas de origen vegetal.

La harina de pescado es la fuente de proteína animal que contiene el mejor balance de nutrimentos. Sin embargo, por su procesamiento, el material utilizado, las adulteraciones y contaminaciones y su precio, en muchos casos limitan su uso en la alimentación de cerdos.

- Fuentes de vitaminas y minerales

Las fuentes de vitaminas y minerales trazas, se agregan a los alimentos en forma de premezclas, solas o en conjunto. En ellas se satisfacen un 100% de los requerimientos de estos nutrimentos. En el caso de las fuentes de calcio y fósforo, se utilizan los fosfatos mono y dicálcicos cuyo contenido de estos dos minerales depende de la fuente. Uno de los más utilizados es el fosfato monocálcico que tiene 21% de fósforo y 16% de calcio. Como fuente única de calcio, normalmente se usa el carbonato de calcio cuyo nivel de calcio varía según la fuente, de 28 a 38%. El nivel de cloro y sodio se satisface utilizando sal. Los niveles dependen de la etapa productiva y del contenido de las materias primas (harina de pescado, subproductos lácteos etc.).

Existe otra categoría de ingredientes que se utilizan en la alimentación porcina y son los aditivos no nutricionales que incluye los mejoradores de los rendimientos productivos (promotores de crecimiento, antibióticos, probióticos), los mejoradores de la calidad del alimento (inhibidores de hongos, secuestrantes, enzimas, levaduras, antioxidantes) y los mejoradores de la calidad de la canal que incluyen los agonistas

beta adrenogénicos y la hormona del crecimiento. Su nivel de utilización depende del recomendado por la casa comercial. (Campabadal, 2016).

Existen varios conceptos que el porcicultor debe conocer y que hacen que el programa de alimentación se utilice eficientemente y permita que los cerdos de mercado alcancen el peso en el menor tiempo posible y en la forma más eficiente, así como hacer que la cerda se convierta en una fábrica productiva de lechones.

Entre los conceptos más importantes que un porcicultor debe conocer están las etapas de vida o de producción, los nutrimentos y sus requerimientos, los ingredientes y su composición, los parámetros productivos de importancia económica y los factores que permiten una utilización eficiente de los alimentos.

La etapa de vida o de producción de los cerdos, se puede definir como un período de vida del animal donde necesita una determinada cantidad de nutrimentos para cumplir con sus funciones de mantenimiento y máxima producción. Además tiene la capacidad según su desarrollo digestivo de utilizar los alimentos con diferentes grados de eficiencia.

Un concepto importante que un porcicultor debe conocer es el término requerimiento de nutrimentos, el cual se define como las diferentes cantidades de nutrimentos que necesita un cerdo para mantenerse, crecer y reproducirse. El satisfacer los requerimientos nutricionales de los cerdos, es uno de los factores que más afectan los rendimientos productivos. El porcicultor debe conocer no solo cual nutrimento y en qué cantidad la necesita el cerdo en cada una de sus fases productivas, sino que debe entender el efecto que tiene ese nutrimento en el crecimiento y en la

reproducción eficiente de los cerdos. No solo es necesario seleccionar los diferentes ingredientes que deben utilizarse en la formulación de una ración para alcanzar el máximo retorno económico, sino además, utilizar ingredientes de una alta calidad, libres de agentes contaminantes que puedan poner en riesgo la salud de los animales y como consecuencia los rendimientos productivos. (Campabadal, 2016).

## **2.2 Factores Dietéticos y Rendimiento en Cerdos en Crecimiento**

El resultado final de la explotación animal es el reflejo de la suma total de una serie de factores: herencia, salud, estado nutritivo, clima, ambiente y circunstancias de dirección y manejo de la explotación.

Los principales criterios sobre el éxito productivo del cerdo, en común con otros animales de carnicería, giran en torno al ritmo de crecimiento, a la eficiencia en la utilización del alimento y a la calidad de la canal.

McMeekan (1940) quien fue citado por Morgan y Lewis describió el modelo clásico de desarrollo corporal del cerdo y a su vez demostró los efectos que tenían los cambios en el ritmo de crecimiento sobre la composición y proporción de las canales. Posterior a este estudio, se han realizado distintas investigaciones sobre la composición de la canal en relación con la edad y el peso del animal. Sin embargo, es inevitable que se presenten variaciones en los cálculos ya que hay una diversidad de métodos de manejo además de factores como la raza, la herencia y el sexo. (Morgan y Lewis, 1965).

Según Morgan y Lewis (1965), se destaca que según va llegando el cerdo a la madurez disminuye la eficiencia en la utilización de la energía de la dieta. Ello es el

resultado de un aumento de las necesidades de mantenimiento que está en relación con el incremento de peso y la tendencia a poner grasa que existe a medida que aumenta el mismo.

La restricción alimenticia conducirá a un mejoramiento de la calidad de la canal y de la eficiencia alimenticia, pero afectará desfavorablemente al ritmo de crecimiento. Estas variaciones se deben a distintos factores como los precios, las interacciones del medio físico ambiente, interacciones genotipo – ambiente, el destete precoz, entre otros.

- Necesidades Nutritivas y sus Límites Admitidos

#### *Necesidades de Energía*

El contenido energético de la dieta está en función de la escala alimenticia establecida según el peso vivo y el contenido energético del pienso por unidad de peso, ambos aspectos deberán estar claramente definidos y determinados con precisión. El conocimiento exacto de los objetivos de producción es un requisito previo y esencial para cualquier intento de establecer estándares o modelos de alimentación.

Como consecuencia de las variaciones que existen en las escalas de alimentación y en el contenido proteico de las raciones, hay considerables diferencias entre las cantidades absolutas de proteína admitidas.

### *Necesidades de Proteína*

Los animales necesitan constantemente proteínas, bien para formar nuevos tejidos, como en el caso del crecimiento o la reproducción, o bien para reparar el desgaste tisular. Los cerdos necesitan por tanto un aporte regular de proteína. Si la ración es deficiente de proteína, los animales pierden peso y toman la proteína almacenada en tejidos para mantener el funcionamiento de algunos tejidos vitales por el mayor tiempo posible. Pero, hay que destacar que esto causa problemas en la producción de leche, de tejidos, de enzimas, de hormonas, de carne, de piel, de pezuñas, de células de la sangre y, en general afecta casi en su totalidad a cada función del cuerpo. (Cunha, 1960).

Cunha (1960), también explica que el exceso de proteína se desamina, pasando a ser urea y amoníaco; el resto de la proteína se utiliza como fuente de energía o se almacena mediante procesos complejos. Por lo tanto el exceso de proteína no se desperdicia pero, resulta algo innecesario y más costoso.

Las proteínas están compuestas por aminoácidos combinados unos con otros en conjunto con carbono, hidrógeno, oxígeno y en ocasiones azufre y fósforo. Estos aminoácidos están clasificados en esenciales y no esenciales. Los no esenciales son aquellos que el organismo puede sintetizar rápidamente a partir de otros aminoácidos o de otras fuentes de alimentación y por lo tanto, no es necesario suministrarlos. Por otra parte, los esenciales son aquellos que el organismo no puede sintetizar o que no puede sintetizarlos con la rapidez necesaria para satisfacer las demandas de estos aminoácidos.

Algunos de estos aminoácidos de importancia son la lisina, la metionina, el triptófano, histidina, fenilalanina, arginina, leucina, isoleucina, treonina, y valina.

a. Lisina

De estos, la lisina es quizás el de mayor importancia en el funcionamiento del organismo. La deficiencia de la lisina se debe principalmente a que el maíz y otros cereales son pobres en este aminoácido.

En diversos estudios realizados se demuestra que las raciones que utilizan maíz de mayor calidad y con un porcentaje más alto de proteína, aportan menos lisina ya que al tener mejor calidad el maíz se requiere menor cantidad de harina de soya que es una de las principales fuentes de lisina y triptófano.

Algunos de los problemas causados por deficiencias de lisina son: disminución del apetito, pérdida de peso, baja eficiencia de transformación, pelo seco y áspero y emaciación acusada.

b. Triptófano

El triptófano al igual que la lisina es deficiente en los granos y cereales. Un déficit de este aminoácido causa pérdida de peso, consumo reducido de alimentos, apetito depravado, pelo áspero y síntomas de inanición.

c. Metionina

La metionina de igual forma no se satisface en algunas raciones por lo que es importante darla adicional a la alimentación regular para evitar problemas como la reducción en la ganancia de peso como en la eficiencia de utilización alimenticia.

En diversas investigaciones se ha demostrado que si la ración presenta cantidades suficientes de metionina, no sería necesario suministrar cistina en la ración. Igualmente la metionina permite proporcionar grupos metílicos para la síntesis de la colina.

#### d. Treonina

Otro aminoácido de importancia es la treonina que en su deficiencia disminuye la ingestión de los alimentos, la intensidad de crecimiento y la eficiencia de utilización de los alimentos.

#### - Necesidades proteicas del cerdo

Los progresos recientes en la utilización de antibióticos y en la nutrición vitamínica y mineral han hecho posible rebajar la proteína en las raciones porcinas. (Cunha, 1960).

Cunha (1960), también resalta que al tratar las exigencias de proteínas del cerdo hay que tomar en cuenta que los animales más pequeños requieren un nivel más alto de proteína debido a que almacenan menos proteína y más grasa y esta propiedad de almacenamiento va variando a medida que van aumentando en edad. Por lo tanto, si una ración aporta suficiente energía para cerdos en edad de destete, se satisfarán las necesidades de un animal adulto. Sin embargo, si se utiliza una ración que tenga solo la proteína suficiente para animales adultos, los animales en edad de destete no satisfarán sus requerimientos.

Según la N.R.C. (1959) citada por Morgan y Lewis se distinguen dos tipos de cerdos, el tipo magro y el tipo bacon, y sugiere niveles de proteína más altos para el tipo bacon que para los tipo magros. Existen diversidades de estudios realizados a lo largo de la historia donde se muestran las necesidades de proteína para cerdos de crecimiento y ceba. En la siguiente tabla se muestra los resultados en cuanto a proteína de diferentes estudios realizados en la década del 50.

**Cuadro N° 1. NECESIDADES DE PROTEÍNA PARA CERDOS EN PERÍODO DE CRECIMIENTO Y ACABADO.**

Peso Kg	Proteína bruta en la ración %	Referencia
Del destete a 34 Kg	16	Catron y otros (1952)
34 - 45 kg	13	
68 -90 kg	10	
11 - 45 kg	15	Hoefer y otros (1952)
45 - 90 kg	12	
18 - 45 kg	14.5	Wallace y otros (1954)
45 - 90 kg	11.5	
Del destete a 32 Kg	21	Burnside y otros (1954)
32 - 57 kg	18	
57 - 95 kg	15	
18 - 45 kg	14 – 16	Becker y otros (1954)
45 - 90 kg	12	
20 - 23 kg	16	Armstrong y Mitchell (1955)
16 - 34 kg	14 – 16	Jensen y otros (1955)
14 - 45 kg	14 – 16	Lassiter y otros (1955)
45 - 90 kg	12 – 14	
23 kg	18	
68 kg	14	Lassiter y otros (1956)
18 - 50 kg	18	Albernathy y otros (1958)
16 - 32 kg	19	
32 - 59 kg	14.5	Beacom (1959)
59 - 90 kg	13	

Fuente: Morgan y Lewis (1965).

Sin embargo, en la actualidad existen tablas y guías elaboradas por la N. R. C. con valores altamente aceptables y cercanos a la realidad, los que pueden ser utilizados para la elaboración de las raciones.

- La relación entre los niveles de energía y proteína

Cunha (1960), prestaron mucha atención a la relación que existía entre la energía y la proteína y concluyeron que al aumentar los niveles de energía, es necesario incrementar también los niveles de los demás ingredientes para que exista un buen balance en las raciones y que se satisfagan los requerimientos nutricionales de los cerdos. Aunado a esta conclusión, Costain y Morgan (1961) citado por Morgan y Lewis resalta que un incremento en los niveles de energía en la fase de engorde de los cerdos aumenta favorablemente el crecimiento de los mismo, sin embargo, causa efectos negativos en la calidad de la canal.

#### *Necesidades de vitaminas y Minerales*

En diversos libros, investigaciones y otras fuentes de información se muestran claramente los problemas causados por las deficiencias y excesos de vitaminas y minerales como son la reducción en el apetito, retraso en el desarrollo, mal aspecto del animal, entre otros. Por lo tanto, es de vital importancia conocer los requerimientos nutricionales del animal y así poder buscar alternativas para satisfacer esas necesidades y finalmente evitar problemas en el crecimiento de los animales los cuales causan pérdidas económicas.

Hay que tener presente que, los cerdos sintetizan muchas de las vitaminas y minerales en grandes cantidades suficientes para satisfacer la demanda de su

organismo, sin embargo, hay otras que no son sintetizadas y es necesario suplementarlas en la alimentación.

Actualmente existen diversos suplementos y bloques nutricionales que son muy útiles en la alimentación de los cerdos y que son bastantes económicos. Ejemplo de estos productos están las Pre-mezclas de vitaminas y minerales, Nutri-plek, Fosfo-K y Pecutrin que son suplementos de calcio y fósforo y alimentos menores.

#### - Minerales

Debido a la producción intensiva y el confinamiento de los cerdos se incrementan las necesidades de minerales. La utilización de antibióticos y suplementos vitamínicos incrementa la intensidad de crecimiento del animal y por lo tanto aumentan las necesidades de minerales y es necesario prestar vitar atención ya que a medida que se haga más intensa la producción, se confinen los animales y se disminuya la fertilidad del suelo; el productor deberá buscar alternativas para suplir este nutriente.

Los minerales son iguales de importantes que los otros nutrientes (proteínas, grasas, vitaminas) y por lo tanto su deficiencia o exceso puede afectar el funcionamiento normal de los animales ya que principalmente son utilizados para la constitución de los huesos y dientes.

Se ha demostrado que son 13 los minerales esenciales en el funcionamiento del organismo animal, sin embargo, ocho de ellos son los más susceptibles a ser deficientes en las raciones alimenticias por lo que hay que suplementarlos. De todos estos, con excepción de la sal común, el calcio y el fósforo son los más importantes ya que son los constituyentes de huesos y dientes y por lo tanto se encuentran

estrechamente relacionados. Estos en conjunto representan  $\frac{3}{4}$  partes del total de los minerales presentes en el organismo.

#### - Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos que desempeñan muchas funciones esenciales en el organismo pero, que solo se necesitan en pequeñas cantidades.

En general los cerdos en etapa de crecimiento y ceba necesitan las vitaminas A, D, tiamina, riboflavina, niacina, B<sub>6</sub>, ácido pantoténico, colina, ácido pteroilglutámico, B<sub>12</sub> y B<sub>13</sub>.

Muchos investigadores concuerdan en que otras vitaminas no son necesarias ya que no tienen ningún efecto relevante en la nutrición y, que ciertas vitaminas son sintetizadas a partir de otras.

### **2.3 Alimentación de Cerdos de Mercado**

La alimentación de los cerdos de mercado comprende la etapa de lechones y la de desarrollo y engorde. El programa de alimentación que se desarrolle tendrá un efecto muy importante en el tiempo en que el cerdo alcance el peso de mercado. Es recomendable que el cerdo presente una ganancia de peso del nacimiento al mercado mayor a 600 gramos por día, para que alcance los 100 kg de peso entre 160 a 165 días de edad. Además, es importante que la cantidad de alimento para producir un kilogramo de peso sea menor a 3 unidades.

El programa de alimentación de lechones empieza a los 10 a 12 días de nacidos con la introducción de pequeñas cantidades de alimento en las parideras para adaptarlos a una alimentación sólida al momento del destete.

El período que comprende el desarrollo y el engorde del cerdo es una de las etapas más importantes de la vida productiva del animal, pues aquí se consume entre el 75 y el 80% del total del alimento necesario en su vida productiva. Siendo este rubro el principal costo de producción, la utilización eficiente del alimento repercutirá en la rentabilidad de la operación porcina.

El período de desarrollo y engorde empieza cuando los cerdos tienen un sistema digestivo capaz de utilizar dietas simples y responder adecuadamente a situaciones de estrés calórico e inmunológico. Este período ocurre cerca de los 20 kg de peso y termina cuando el cerdo es enviado a matadero.

La duración de la etapa de desarrollo es de unos 30 días; mientras que la de engorde varía de 50 a 60 días. Para las nuevas líneas genéticas, estos valores cambian según las etapas en que se dividan y el peso final a mercado. Cada línea genética tiene su propia división. Sin embargo, con cualquiera de las fases de alimentación que se utilice, es importante considerar que en la etapa de crecimiento es donde existe una mayor síntesis de tejido magro y en la de finalización donde prevalece la deposición de grasa, por lo que las dietas deben estar bien balanceadas para obtener una conversión de alimento eficiente.

## 2.4 Necesidad Alimenticia en La Fase de Crecimiento

Flores et al (1977) citados por Staff plantearon que la fase de crecimiento del cerdo es de gran importancia pues de ella dependerá, prácticamente, la rapidez para llegar al mercado, así como la buena conformación y desarrollo de los animales que se dejen para formar parte del pie de cría.

Barroso (1997) señala que las etapas de destete y crecimiento están íntimamente relacionadas y que el crecimiento dependerá del tiempo y las condiciones en las que se efectuó el destete.

Jiménez y Barnett (1970) citados por Staff manifiestan que el cerdo supera a todos los demás animales domésticos por la forma eficiente de producir carne; es decir, requiere menos cantidad de alimento para producir una libra de carne. Además él tiene las ventajas de ser un animal prolífico, de rápido desarrollo y de poseer una gran capacidad para consumir alimentos y poder utilizar alimentos desechados o desperdiciados por el hombre.

Sin embargo, Landaverde (1945) citado por Barroso recalca que a pesar de esta ventaja, eso no es en realidad lo que se busca en la crianza del cerdo doméstico, más bien, se le hacen una serie de regulaciones económicas que incluyen su mejoramiento, se establecen sistemas de monta y se le da una alimentación balanceada de acuerdo a su etapa de vida y sexo.

Tyler (1964) citado por Barroso destaca que cuando se discuten las necesidades nutritivas del cerdo en crecimiento también hay que tomar en cuenta las necesidades de mantenimiento, ya que estas últimas aumentan en función del crecimiento.

Barroso (1997) menciona que el productor debe tener unas nociones elementales sobre la alimentación racional. La ración que deben consumir los animales les debe permitir producir en condiciones de precocidad y rendimiento, asegurar su rentabilidad y además, debe ser digestible y equilibrada para que dé respuesta a las necesidades de calidad y cantidad.

## **2.5 Afrecho de Maíz**

El maíz representa la principal fuente de energía para la alimentación de cerdos. Es considerado un complemento ideal cuando se lo combina con el grano de soja y sus derivados industriales para formar un alimento completamente balanceado para cualquier etapa de la cría de cerdos. Las demandas nutricionales de los animales modernos se han incrementado. (Revista ILSI Argentina, 2006).

El grano de maíz está formado por una cubierta (pericarpio) que recubre a la semilla propiamente dicha (testa, endosperma y germen). Las envolturas (importantes para la elaboración del gluten feed) representan alrededor del 9% del peso del grano. La molienda del grano de maíz puede hacerse por vía húmeda o seca; la vía seca da como resultado harinas, féculas y maíz pisado para alimentación humana y como subproductos: afrecho y germen. La molienda húmeda es la más utilizada y conduce a la obtención de almidón, aceite y varios subproductos, entre ellos el gluten meal y el gluten feed. (Todo Agro, 2009).

EL afrecho de maíz o Harina de Alimentación Animal (H.A.A.) es el subproducto obtenido de la molienda seca de maíz. (GRANOS AMERICANOS, 2016). Por otra parte, Obando (2013), los describe como el resultado de una parte de la molienda de

los granos de maíz, en concreto procede de las capas externas del grano, la capa superior o cutícula, epicarpio y el germen.

Este recurso alimenticio se obtiene durante el proceso industrial de molienda de maíz con desgerminación parcialmente húmeda. Tiene un aspecto semejante al maíz finamente molido, posee alto valor nutricional, tiene alta digestibilidad y palatabilidad.

Los principales consumidores de este producto son criaderos de cerdos y animales de engorde de otras especies.

La harina zootécnica tiene un alto porcentaje de materia grasa, la cual tiene una energía bruta muy alta. Es un alimento apreciado por su valor energético, destacando además que su contenido de proteína es superior al del maíz entero. (GRANOS AMERICANOS, 2016).

Sirve como suplemento energético, con alto contenido de fibra digestible. Puede ser empleado en la elaboración de balanceados para animales según Obando (2013), citado por GRANOS AMERICANOS.

La Compañía de Granos Americanos (2016), realizó un análisis técnico del afrecho de maíz y los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 2. ANÁLISIS TÉCNICO DEL AFRECHO DE MAÍZ****ANÁLISIS TÉCNICO DEL AFRECHO DE MAIZ**

PARÁMETRO	PORCENTAJE
<b>Materia seca</b>	86.5 % Min.
<b>Humedad</b>	13.5 % Max.
<b>Fibra bruta</b>	5.0 % + - 1 %
<b>Materia grasa</b>	12.0 % + - 2 %
<b>Proteína</b>	8 - 11.0 %
<b>Cenizas</b>	4.0 % + - 2 %

Fuente: Granos Americanos, 2016

Otro estudio realizado por Obando (2013), nos da a conocer otras especificaciones técnicas e información suplementaria la cual se muestra en los Cuadros N°3 y N°4.

**Cuadro N° 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL AFRECHO DE MAÍZ**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
REQUISITOS ORGANOLÉPTICOS		ESPECIFICACIONES
TEXTURA		HARINA GRUESA
COLOR		AMARILLO
OLOR		CARÁCTERÍSTICO
REQUISITOS FÍSICO – QUÍMICOS	ESPECIFICACIONES	MÉTODO DE INSPECCIÓN Y ENSAYO
HUMEDAD	13% MÁXIMO	AOAC 926.03
PROTEÍNA TOTAL	9% MÍNIMO	KJELDAH
GRASA CRUDA	5% MÍNIMO	SOXHLET

Fuente: Obando, 2013.

#### Cuadro N° 4. INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA DEL AFRECHO DE MAÍZ

INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA	
<b>Fibra cruda</b>	6,5 % Máximo.
<b>Cenizas total</b>	3.0 % Máximo
<b>Energía metabolizable</b>	2.6 Kcal/kg.
<b>FDN</b>	55,7 %
<b>FDA</b>	16,4 %
<b>Aflatoxinas</b>	20 ppb máximo.

Fuente: Obando, 2013.

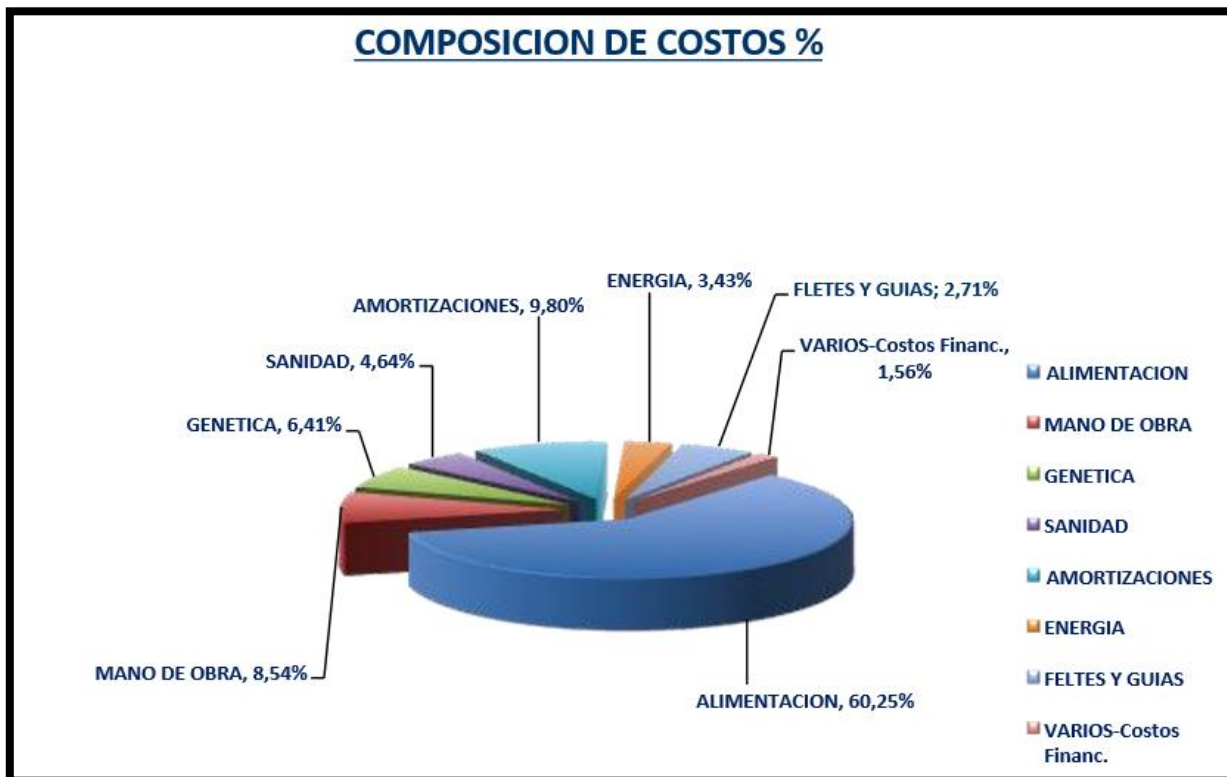
### 2.6 Costos de Alimentación

Sabemos de la importancia de la alimentación y nutrición en la producción porcina, por ser el principal costo (60-65%) y por el impacto que tiene en la calidad, inocuidad y estabilidad del producto que fabricamos y vendemos (carne de Cerdo).

Dentro de los costos de alimentación Porcina, si sumamos los costos de alimentos de Recría (lechones entre el destete, 21 días y 70 días) y Engorde (Cerdos entre 30-110 kg), podemos asegurar que estamos mirando o trabajando sobre el 85% del costo de Alimentación de nuestra Granja, solo el 13% restante corresponde a Reproductoras. (Arrieta et al, 2016).

En La Figura N°1 se muestra la distribución de costos de producción de cerdos en todas las etapas de producción.

**Figura N° 1. COMPOSICIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UN PROGRAMA PORCINO**



Fuente: Arrieta et al, 2016.

En la gráfica se observa que el costo de alimentación representa el 60.25% de costo total de producción. Hay que resaltar que no todos los productores tienen la misma distribución de costos. Existen productores que tienen 80% de costos de producción mientras que otros solo gastan el 60% en alimentación. En cualquiera de los casos el costo mayor siempre será la alimentación. Este costo variará dependiendo del tipo de explotación. Si es una explotación de cría el costo será menor, sin embargo, si se cuenta con una producción de ceba se gastará más debido al alto consumo de alimento.

Bundy et al (1991), mencionan que unos dos tercios del costo total del desarrollo de un cerdo corresponde al período comprendido entre el destete y su envío al mercado. El programa de alimentación y manejo durante dicho período puede influir grandemente en los beneficios. Dentro de los costos totales, el costo de alimentación es el más elevado.

A diferencia de hace unas décadas, actualmente, la alimentación no suele ser un factor determinante a la hora de tomar decisiones estructurales o marcar las líneas estratégicas de la empresa porcina. Sin embargo, la importancia económica de la alimentación sigue siendo enorme al representar la proporción más importante de los costos de producción (casi siempre más del 60%). Además, diseñar y ejecutar con criterio los programas de alimentación puede ayudar a modificar aspectos de calidad y garantizar la salubridad de las canales y de la carne. A nivel de empresa productiva, o incluso de granja individual, es recomendable interpretar los programas de alimentación en su conjunto, marcando muy claramente el objetivo a alcanzar con cada grupo de animales. (Paramio et al, 2016).

## **2.7 Parámetros productivos de importancia económica a evaluar en la etapa de crecimiento**

Un porcicultor debe conocer todos los parámetros productivos de importancia económica en una porqueriza para poder evaluar el sistema de alimentación que esté trabajando. En los cerdos para mercado, las variables más importantes son el consumo de alimento, la ganancia de peso diario, la conversión alimenticia, el tiempo para alcanzar el peso a mercado y las características de la canal (rendimiento de canal, grasa dorsal y porcentaje de carne magra). Para el hato reproductor los

parámetros más importantes son el número de lechones nacidos y destetados, así como su peso, el número de cerdos producidos por cerda por año, el porcentaje de preñez y los días abiertos después del destete. (Campabadal, 2016).

### **2.7.1 Consumo de alimento:**

El consumo es un aspecto importante de mencionar en la etapa de crecimiento. La regulación del consumo de los animales por la energía varía con la edad. Como regla general los cerdos de menos de 50 kg, para la genética utilizada en producción de carne, no regulan muy bien su consumo por la energía, de esta forma es posible hacer dietas más densas sin que el animal disminuya el consumo en la misma proporción, lo cual hace que mejore el consumo de energía, incrementando la ganancia y la conversión sin disminuir el consumo.

Por otro lado los animales de más de 50 kg regulan mucho mejor su consumo por la densidad energética de la dieta, siendo posible aumentar la densidad energética mejorando la conversión alimenticia debido a una menor ingesta de alimento.

Los niveles de otros nutrientes además de la energía también alteran el consumo y la ganancia. Diferentes aminoácidos alteran la ganancia de peso y pueden modificar la conversión. Al existir niveles de aminoácidos más apropiados para cada fase, cada genética y para diferentes objetivos, se torna muy importante la formulación diferenciada para cada grupo de animales con programas de alimentación en fases. La decisión de la cantidad de fases y su ubicación dentro del plan nutricional de alimentación es de suma importancia. (Bártoli & Goñi, 2011).

### **2.7.2 Ganancia diaria de peso (GDP):**

Expresado en gramos/día, es uno de los parámetros de gran importancia económica en la granja; a mayor GDP, menor edad para llegar al peso de venta o beneficio. Se ahorra en alimento (por cada día adicional que el lechón permanece en la granja consume alrededor de 3 kg de alimento), se hace un mejor uso de las instalaciones, equipos y mano de obra. Este parámetro depende de la genética ( $h^2=0.30$ ), calidad y cantidad de alimento consumido, calidad y cantidad de agua consumida y condiciones de crianza. Es un parámetro muy sensible y de rápida respuesta al menor consumo de alimento, producido por diversos factores (falta de agua, calor, hacinamiento, enfermedad, etc.). Hay que tener presente que si no se cumple con los niveles normales de ganancia de peso esto traerá como consecuencia que los animales tengan que permanecer en la granja un mayor tiempo de lo previsto, lo que representa un mayor gasto y por lo tanto menos rentabilidad. Importante hacer un control periódico de pesos y contrastarlos con los estándares, para ver si la GDP obtenida está dentro de lo esperado; de no estarlo, identificar el problema que lo puede estar afectando y dar las medidas correctivas inmediatas.

### **2.7.3 Conversión de Alimentos (CA):**

Es quizás el parámetro de mayor importancia económica en una granja porcina, ya que en él está involucrado el alimento (representa alrededor del 70% de los costos de producción). Al igual que en la GDP depende de la genética ( $h^2=0.30$ ), de la cantidad, calidad del alimento, agua consumida y de las condiciones de crianza. Es también un parámetro muy sensible, de rápida respuesta a diversos factores que lo pueden afectar (falta de agua, calor, frío, enfermedades, formulación de la dieta,

insumos, granulometría, etc.). Para poderlo calcular y monitorear, es básico saber con exactitud el consumo de alimento, ya que para su cálculo se necesita este valor (CA = Consumo alimento en un periodo/ganancia de peso en el mismo periodo). Si es afectada negativamente, en apenas una décima o centésima, su impacto en los costos de producción se reflejará de inmediato. (Cadillo, 2014).

#### **2.7.4 Rendimiento de canal:**

Se considera que el rendimiento de la canal, es la expresión porcentual que se obtiene dividiendo el peso de la canal entre el peso vivo del animal multiplicado por 100. El cerdo aprovecha muy bien los alimentos. Como promedio, se considera que se necesitan 350kg de ración para producir 100kg de cerdo vivo, lo que significa una conversión de 3.5:1. Sin embargo, también se resalta que dependiendo de los cruzamientos y las raciones alimenticias se pueden llegar a obtener conversiones de 2.5:1 con lo cual se podría economizar hasta un 28% de consumo.

El aspecto de la canal es un aspecto muy importante en la apreciación de su valor. Esto depende en gran parte del cuidado, manejo y sacrificio de los animales. (Arana y Centeno, 1999).

### **3 MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación del Área Experimental**

Este estudio se realizó en el Módulo de Docencia Superior de Porcinos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, ubicada en el corregimiento de Chiriquí, distrito de David, provincia de Chiriquí.

La instalación porcina se encuentra localizada a 8 grados 23 minutos 57 segundos de latitud norte y 82 grados 20 minutos y 24 segundos de longitud oeste, con una elevación de 25 metros sobre el nivel del mar y cuenta con temperaturas que oscilan entre 18.0 y 35.0 grados centígrados y una precipitación pluvial promedio de 240 milímetros por mes.

#### **3.2 Época anual de Ejecución y Duración del Experimento**

La evaluación del proyecto tuvo una duración de 37 días a partir del primero de junio de 2016 al siete de julio de 2016.

#### **3.3 Unidades Experimentales**

Se utilizaron cuatro tratamientos de cinco cerdos cada uno. El tratamiento cero fue el testigo por lo que, los animales fueron alimentados con el concentrado regular, al tratamiento uno se les dio una ración con 50% de sustitución de maíz por el afrecho de maíz, al tratamiento dos se les dio una ración con 75% de sustitución y el tratamiento tres se les dio una ración con 100% de sustitución. Se utilizaron corrales de concreto para los tratamientos.

### **3.4 Descripción de Instalaciones**

Los corrales utilizados tenían medidas de 3.66 metros de largo por 1.65 metros de ancho y un metro de altura con un piso y paredes de concreto.

Los comederos fueron de concreto y tenían las dimensiones de 0.91 metros de largo por 0.38 metros de ancho y 0.25 metros de profundidad. Hubo un comedero por corral al igual que un bebedero automático por corral.

### **3.5 Animales Experimentales**

Se utilizaron 20 animales de las razas cruzadas Landrace, Yorkshire y Pietrain con edad promedio de 102 días (edad de crecimiento). Se utilizaron animales de ambos sexos (machos castrados y hembras) buscando la mayor homogeneidad posible en términos de peso y edad.

### **3.6 Balanceo y Preparación de las Raciones Experimentales**

Las raciones fueron balanceadas utilizando como referencia las tablas brasileras descritas por Rostagno et al (2011).

Los pasos para la preparación de las raciones se describen a continuación:

- Se pesaban los ingredientes como Calcita, Biofos, Lisina, Treonina, Metionina, Pre-Mezcla de Vitaminas y Minerales, Sal cruda y Myco-Ad en una balanza digital predispuesta para el pesaje de cantidades pequeñas. Estos ingredientes se colocaban juntos en un saco y se mezclaban para obtener mejor homogeneidad.

- Se pesaban los ingredientes como Maíz (previamente triturado), Harina de soya, Pulidura de Arroz y el Afrecho de Maíz. Se le añadía a esta mezcla los ingredientes pequeños. Todo esto se colocaba en la mezcladora por aproximadamente cinco minutos hasta homogenizar bien.
- Se pesaban la Melaza y el Aceite de Palma. Estos se iban añadiendo a la mezcladora poco a poco y se mantenía este proceso de mezcla por aproximadamente 10 minutos.
- La mezcla se depositaba en sacos de 100 libras los cuales se pesaban en una balanza digital exclusiva para cantidades grandes.
- El alimento siempre se encontraba disponible para la alimentación eficiente de los cerdos en estudio.

### **3.7 Método de Muestreo**

El alimento se les suministró a voluntad (at libitum), se estimó el peso aproximado de las sobras debido a las dificultades de las instalaciones y, se realizaron los ajustes necesarios para determinar el consumo real en cada nivel experimental.

Las raciones se elaboraron en la planta de alimentos y se balancearon utilizando ingredientes como el maíz, harina de soya y otros, en asociación con el afrecho de maíz buscando cumplir los requerimientos proteicos y energéticos planteados en la tabla de requerimientos de desempeño medio según Rostagno et al (2011). Igualmente se utilizó la información bromatológica del afrecho de maíz para elaborar dichas raciones.

### 3.8 Parámetros Evaluados

#### A. Consumo de alimento

Se tuvo un registro diario en el cual se pesó el alimento suministrado y se estimó el peso del alimento sobrante lo que nos permitió llevar un control del consumo del alimento.

$$\text{Consumo de Alimento} = \text{Alimento suministrado} - \text{alimento sobrante}$$

#### B. Ganancia de peso

Los animales se pesaron cada 15 días, en ayunas y se tomaron los datos para lograr determinar el incremento de peso.

$$\text{Ganancia de peso} = \text{peso final} - \text{peso inicial} / \text{días}$$

#### C. Conversión alimenticia

Mediante los registros de consumo de alimento y ganancia de peso pudimos estimar la conversión alimenticia quincenal de los animales. Y al final se determinó la conversión alimenticia total.

$$C.A. = \text{media de consumo} / \text{peso vivo individual}$$

#### D. Variables económicas

Dentro de las variables económicas se encuentra la estimación del costo por ingrediente y el costo por tratamiento. Este control se realizó periódicamente.

Estas variables se estimaron mediante el análisis de retorno marginal.

$$TMR = \text{INCREMENTO NETO} / \text{INVERSIÓN EXTRA} \times 100$$

### 3.9 Análisis Estadístico

Para la evaluación estadística de la variable Consumo de Alimento se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar en el cual los bloques forman una unidad experimental más homogénea en el cual comparar los tratamientos.

En el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) se consideran tres fuentes de variabilidad: el factor de tratamientos (k), el factor de bloque (b) y el error aleatorio, es decir, se tienen tres posibles “culpables” de la variabilidad que presentan los datos. En cada bloque se prueban todos los tratamientos y la aleatorización se hace dentro de cada bloque. (Juárez y López, 2016).

Y para las variables de Ganancia Diaria de Peso, Conversión Alimenticia y Peso se utilizó el Diseño de Parcelas Divididas donde el animal se divide en el tiempo (Split-Plot Animal Design), en base a lo descrito por Gill (1978), citado por Fuentes (2003).

Este es un diseño experimental combinado que resulta útil cuando al estudiar simultáneamente varios factores, algunos de ellos deben ser aplicados sobre unidades experimentales relativamente grandes, pudiéndose aplicar el otro o los otros en unidades experimentales menores, dentro de las unidades mayores. (Zúñiga, 2010).

El diseño básico involucra la asignación de tratamientos de un factor a parcelas principales en un diseño completamente aleatorio, de bloques completos al azar o de

cuadrado latino. Los tratamientos de segundo factor se asignan a sub-parcelas dentro de cada parcela principal. (Badii et al, 2007).

Tiene gran utilidad cuando se desea incorporar algún factor adicional, y así el alcance de la investigación sería mayor, como ejemplo de esta situación, si se desea incorporar el afrecho de maíz. (Zúñiga, 2010).

Conociendo esto, el modelo estadístico para este proyecto fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + A(t_i)_j + P_k + tP_{ik} + E_{ijk}$$

Dónde:

$\mu$  = media

$t_i$  = efecto de tratamiento

$A(t_i)_j$  = efecto anidado de los animales dentro de cada tratamiento (Error a)

$P_k$  = período (semanas)

$TP_{ik}$  = interacción de los tratamientos por período.

$E_{ijk}$  = error general.

$i$  = tratamiento

$j$  = unidad experimental

$k$  = período

### 3.10 Análisis Económico

El análisis económico del proyecto se evaluó mediante el método de Análisis de Retorno Marginal.

El análisis marginal es un procedimiento para calcular las tasas marginales de retorno entre tratamientos; de un tratamiento de bajo costo al siguiente tratamiento de mayor costo, y comparando las tasas de retorno contra una tasa de retorno mínima aceptable.

El principio económico que soporta el análisis es: que es beneficioso para el productor continuar invirtiendo hasta el punto donde el retorno de cada unidad extra sea igual a su costo. (Orellana, 2016).

Los pasos para realizar el análisis de este proyecto fueron los definidos por Orellana (2016), y se muestran a continuación:

- Realizar un presupuesto parcial.
- Determinar los beneficios netos.
- Realizar el análisis de dominancia.
- Elaborar una curva de beneficios netos.
- Calcular la tasa marginal de retorno.

Comparar la tasa marginal de retorno con la tasa marginal mínima aceptable.

## **4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Durante todo el experimento los animales no presentaron síntomas de incomodidad o enfermedades que se manifestara por signos clínicos. Al suministrar el alimento a voluntad hubo un sobrante mínimo de alimento y además, no se presentaron bloqueos intestinales ocasionados por los altos niveles de fibra en las diferentes dietas experimentales.

### **4.1 Aporte nutricional**

El aporte nutricional de los ingredientes utilizados para la elaboración de las raciones experimentales fue tomado de las tablas brasileras y las raciones fueron elaboradas en base a los requerimientos nutricionales para los animales con el fin de satisfacer sus necesidades tal como se muestra en el Cuadro N°5.

**Cuadro N° 5. COMPOSICIÓN GENERAL E INFORMACIÓN NUTRICIONAL DE LOS INGREDIENTES EMPLEADOS EN LA FORMULACIÓN DE LAS RACIONES EXPERIMENTALES.**

INGREDIENTES	MS	EM (Kcal/Kg)	Lisina dig. %	Metionina dig. %	Treonina dig. %	P.C. %	Ca %	P. disp. %
Afrecho de maíz	89.84	3,255	0.33	0.15	0.23	13.1	0.1	0.31
Myco-Ad	100	0	0	0	0	0	0	0
Biofos	100	0	0	0	0	0	18	21
Calcita	100	0	0	0	0	0	32	0
Aceite de Palma	99.6	7,690	0	0	0	0	0	0
Harina de soja	88.59	3,154	2.31	0.54	0.35	45.32	0.24	0.18
Lisina sintética	100	0	99	0	0	0	0	0
Maiz triturado	87.11	3,340	0.15	0.13	0.21	8.26	0.03	0.08
Melaza	79.75	2,374	0	0	0	3.01	0.78	0.03
Metionina sintética	100	0	0	99	0	0	0	0
Pre- mezcla	100	0	0	0	0	0	0	0
Pulidura de arroz	89.3	3,111	0.33	0.14	0.25	13.24	0.11	0.32
Sal	90	0	0	0	0	0	0	0
Treonina	100	0	0	0	99	0	0	0

Las raciones experimentales fueron balanceadas buscando el mejor aporte nutricional y balance económico. La ración experimental utilizada para la etapa de 30 a 50 Kg de peso vivo presentó poca variación en los costos por quintal de alimento entre los tratamientos, sin embargo, las raciones para los tratamientos 1, 2 y 3 demostraron tener un costo inferior a la ración testigo (Cuadro N°6).

**Cuadro N° 6. RACIÓN EXPERIMENTAL PARA LA ETAPA DE 30 – 50 KILOGRAMOS DE PESO VIVO, COSTO POR QUINTAL Y COSTO POR KILOGRAMO.**

INGREDIENTES	CRECIMIENTO 30 A 50 KG PV				TOTAL (LBS)
	TESTIGO	T1	T2	T3	
Afrecho de Maíz	0	28.39	42.58	56.78	127.75
Myco-Ad	0.25	0.25	0.25	0.25	1.00
Biofos	1	0.65	0.5	0.35	2.50
Calcita	1.02	1.17	1.23	1.3	4.72
Aceite de Palma	3.03	3.41	3.62	4.08	14.14
H. soya	25.8	21.45	19.3	17.81	84.36
Lisina	0.25	0.27	0.3	0.32	1.14
Maíz	56.78	28.39	14.2	0	99.37
Melaza	6.01	5.61	5.3	6.63	23.55
Metionina	0.06	0.08	0.08	0.09	0.31
Pre-mezcla	0.23	0.2	0.23	0.23	0.89
Pulidura de Arroz	4.63	9.19	11.47	11.22	36.51
Sal	0.54	0.54	0.54	0.54	2.16
Treonina	0.4	0.4	0.4	0.4	1.60
<b>TOTALES</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>400.00</b>
<b>COSTO/QQ</b>	<b>17.09</b>	<b>16.69</b>	<b>16.53</b>	<b>16.49</b>	<b>66.80</b>
<b>COSTO/ KG</b>	<b>0.377</b>	<b>0.368</b>	<b>0.364</b>	<b>0.364</b>	<b>0.368</b>

Luego de obtener el aporte nutricional de la ración experimental de 30 a 50 Kg de peso vivo, se realizó un balance con los requerimientos nutricionales de los

animales obteniendo un aporte satisfactorio de los nutrientes como se muestra en el Cuadro N°7.

**Cuadro N° 7. COMPOSICIÓN QUÍMICA CALCULADA DE LA RACIÓN EXPERIMENTAL PARA LA ETAPA DE 30 – 50 KILOGRAMOS DE PESO VIVO Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES**

<b>NUTRIENTES</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>REQUERIMIENTOS</b>	<b>Aporte Nutricional (%)</b>
Energía Metabolizable	Kcal/Kg	3230	3230	3230	3230	3230	100
Lisina	Por Ciento (%)	0.94	0.93	0.94	0.95	0.95	98
Proteína Bruta	Por Ciento (%)	17.18	17.17	17.18	17.19	17.18	100
Calcio	Por Ciento (%)	0.64	0.63	0.63	0.64	0.64	99
Fósforo	Por Ciento (%)	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	100
Treonina	Por Ciento (%)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	100
Metionina	Por Ciento (%)	0.28	0.29	0.28	0.29	0.29	99

La ración experimental utilizada para la etapa de 50 a 70 Kg de peso vivo de igual manera, presentó poca variación en los costos por quintal de alimento entre los tratamientos, sin embargo, las raciones para los tratamientos 1, 2 y 3 demostraron tener un costo inferior a la ración testigo (Cuadro N°8).

**Cuadro N° 8. RACIÓN EXPERIMENTAL PARA LA ETAPA DE 50 – 70 KILOGRAMOS DE PESO VIVO, COSTO POR QUINTAL Y COSTO POR KILOGRAMO.**

INGREDIENTES	CRECIMIENTO 50 A 70KG PV				TOTAL (LBS)
	TESTIGO	T1	T2	T3	
Afrecho de Maíz	0	28.38	42.57	56.76	127.71
Myco-Ad	0.25	0.25	0.25	0.25	1.00
Biofos	0.75	0.4	0.2	0.07	1.42
Calcita	0.9	1.05	1.1	1.2	4.25
Aceite de Palma	2.78	3.19	3.4	3.79	13.16
H. soya	21.6	17.43	15.31	13.62	67.96
Lisina	0.25	0.26	0.3	0.31	1.12
Maíz	56.76	28.38	14.19	0	99.33
Melaza	6.05	5.9	5.86	6.56	24.37
Metionina	0.07	0.07	0.07	0.09	0.30
Pre-mezcla	0.23	0.23	0.23	0.23	0.92
Pulidura de Arroz	9.5	13.6	15.67	16.26	55.03
Sal	0.46	0.46	0.46	0.46	1.84
Treonina	0.4	0.4	0.4	0.4	1.60
<b>TOTAL (Lbs)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>400.00</b>
<b>COSTO/QQ</b>	<b>16.4</b>	<b>15.98</b>	<b>15.79</b>	<b>15.74</b>	<b>63.91</b>
<b>COSTO/KG</b>	<b>0.362</b>	<b>0.352</b>	<b>0.348</b>	<b>0.347</b>	<b>0.352</b>

Luego de obtener el aporte nutricional de la ración experimental de 50 a 70 Kg de peso vivo, se realizó un balance con los requerimientos nutricionales de los animales obteniendo un aporte satisfactorio de energía y proteína que son uno de los nutrientes más importantes en la alimentación de los cerdos (Cuadro N°9).

**Cuadro N° 9. COMPOSICIÓN QUÍMICA CALCULADA DE LA RACIÓN  
EXPERIMENTAL PARA LA ETAPA DE 50 – 70 KILOGRAMOS DE PESO  
VIVO Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES**

<b>NUTRIENTES</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>REQUERIMIENTOS</b>	<b>Aporte Nutricional (%)</b>
Energía Metabolizable	Kcal/Kg	3230	3230	3230	3230	3230	100
Lisina	Por Ciento (%)	0.86	0.84	0.86	0.86	0.86	99
Proteína Bruta	Por Ciento (%)	15.92	15.94	15.94	15.96	15.94	100
Calcio	Por Ciento (%)	0.55	0.55	0.53	0.56	0.55	99
Fósforo	Por Ciento (%)	0.27	0.27	0.26	0.27	0.27	99
Treonina	Por Ciento (%)	0.61	0.62	0.62	0.61	0.62	98
Metionina	Por Ciento (%)	0.27	0.26	0.26	0.27	0.27	98

Posterior al cumplimiento de los requerimientos nutricionales por parte de las raciones elaboradas, se evaluaron los parámetros productivos que son de importancia para todo programa porcino.

Estos resultados se muestran en el Cuadro N°10 donde se aprecian los valores de peso inicial, peso final, incremento de peso, ganancia diaria y conversión alimenticia.

**Cuadro N° 10. PESO INICIAL, PESO FINAL, INCREMENTO DE PESO, VALOR DEL INCREMENTO DE PESO Y GANANCIA DIARIA PROMEDIO DURANTE LA ETAPA EXPERIMENTAL**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Peso Inicial</b>	Kgs	46.50	45.68	45.58	46.04
<b>Peso final</b>	Kgs	77.08	74.64	73.00	75.62
<b>Incremento de Peso</b>	Kgs	30.58	28.96	27.42	29.58
<b>Valor del Incremento de Peso</b>	B/.	29.96	28.38	26.87	28.98
<b>Ganancia Diaria Por Animal</b>	Kgs	0.84	0.85	0.74	0.80
<b>Conversión Alimenticia</b>	lbs Alimento/ 1 lb P.V.	3.81	3.80	4.01	3.64

El valor del incremento de peso se estimó utilizando como referencia un precio aproximado de cerdos de ceba en pie de B/. 0.98/ kg.

#### **4.2 Consumo de Alimento**

Al finalizar la evaluación se estimó el consumo de alimento por cada tratamiento y se puede recalcar que el Tratamiento 0 (testigo) obtuvo un consumo diario promedio por animal de 3.15 Kg para todo el período. El Tratamiento 1 (50% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) obtuvo un consumo diario promedio por animal de 3.08 Kg. El Tratamiento 2 (75% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) obtuvo un consumo diario promedio por animal de 2.90 Kg y el tratamiento 3 (100% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) obtuvo un consumo diario promedio por animal de 2.87 Kg, siendo el valor más bajo. En el Cuadro N°11 se

muestran los valores obtenidos en los distintos períodos evaluados. El método estadístico utilizado para evaluar el consumo de alimento fue el de Bloques Completos Al Azar el cual reveló que hubieron diferencias altamente significativas ( $P < 0.0001$ , Cuadro N°12) para tratamiento y período, sin embargo, el tratamiento dos y tres no tuvieron diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) entre sí, según la prueba de agrupamiento de Tukey.

**Cuadro N° 11. CONSUMO DE ALIMENTO EN KILOGRAMOS EN LOS TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES POR PERÍODOS**

PERÍODO	T0	T1	T2	T3
DÍA 1	---	---	---	---
DÍA 15	2.30	2.24	1.97	2.00
DÍA 30	3.41	3.33	3.25	3.22
DÍA 37	3.73	3.66	3.47	3.40
PROMEDIO	3.15	3.08	2.90	2.87

**Cuadro N° 12. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE CONSUMO DE ALIMENTO**

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F-VALOR	Pr>F
TRATAMIENTO	3	0.8115	0.2705	187.870	<.0001
PERÍODO	2	23.4395	11.7197	8139.79	<.0001
ERROR	54	0.0777	0.0014		
TOTAL	59	24.3287			

Coeficiente de Variación= 1.26%

$R^2 = 0.99$

En investigaciones realizadas por **García et al (2006)** citado por García et al, se muestra que el consumo calculado recomendable para los cerdos entre 30 y 70 Kg de peso vivo es de 1.5 a 3.0 Kg de alimento presentando valores similares a los obtenidos en esta investigación.

**Lao (2004)**, evaluó tres niveles de Fitasa en raciones de cerdos en crecimiento con niveles de 0gr/ton para el grupo I, 150gr/ton para el grupo II y 300gr/ton para el grupo III, donde obtuvo valores de consumo de 2.13, 2.22 y 2.40 kilogramos respectivamente. Estos valores fueron inferiores a los obtenidos en esta investigación.

**López et al (2003)**, realizaron una investigación en la que evaluaron cuatro niveles de inclusión de afrecho de maíz (10%, 20%, 30% y 40%) como sustituto del maíz amarillo y, obtuvieron un consumo de 1.76 Kg por día sin presentar diferencias significativas entre los tratamientos.

Por otra parte, **Blandón et al (2013)**, evaluó el efecto de la inclusión del afrecho de maíz en la digestibilidad rectal de los componentes nutricionales y concluyó que a medida que se incrementa el nivel de fibra en la dieta el tránsito intestinal es más rápido por lo que el tiempo de aprovechamiento de los nutrientes es menor, ocasionando un incremento en el consumo de alimento.

Sin embargo, al comparar los datos obtenidos por **Blandón et al (2013)** y **López et al (2003)** con los obtenidos en el experimento en cuestión se destaca que el Tratamiento 3 (100% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) obtuvo el menor consumo promedio diario, concordando con **Hedemann et al (2006)**

citado por Blandón et al, que dice que el consumo de alimento disminuye cuando el contenido de pectinas en la fibra dietética es alto ya que este tiene la propiedad de incrementar la viscosidad luminal y la capacidad de retención de agua lo que resulta en una saciedad por parte del animal y, por consiguiente, disminuye el consumo.

### **4.3 Ganancia Diaria de Peso**

En el Tratamiento 1 (50% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) estuvo la mejor ganancia diaria con un valor de 0.85 Kg, seguido por el Tratamiento 0 (testigo) que obtuvo una ganancia diaria promedio de peso por animal de 0.84 Kg. El tratamiento 2 (75% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) obtuvo una ganancia diaria de 0.74 Kg siendo el valor más bajo para este parámetro. El Tratamiento 3 (100% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) obtuvo una ganancia diaria por animal de 0.81 Kg (Cuadro N°13). Estadísticamente no hubieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ , Cuadro N°14) para tratamiento, lo que nos demuestra que no hubo variación entre los tratamientos; no así para período que presentó diferencias altamente significativas ( $P < 0.001$ , Cuadro N°14) mientras que el período por tratamiento presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ , Cuadro N°14).

Al evaluar la ganancia diaria de peso en el tiempo se obtuvo que el tratamiento 0 y el tratamiento 3 presentaron un comportamiento similar, en comparación con los tratamientos 1 y 2 como se observa en la Gráfica N°1.

**Cuadro N° 13. GANANCIA DIARIA DE PESO, EN KILOGRAMOS, POR TRATAMIENTO EXPERIMENTAL POR PERÍODOS**

PERÍODO	T0	T1	T2	T3
DÍA 1	---	---	---	---
DÍA 15	0.70	0.57	0.52	0.67
DÍA 30	0.92	0.82	0.95	0.91
DÍA 37	0.89	1.15	0.76	0.84
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.84</b>	<b>0.85</b>	<b>0.74</b>	<b>0.81</b>

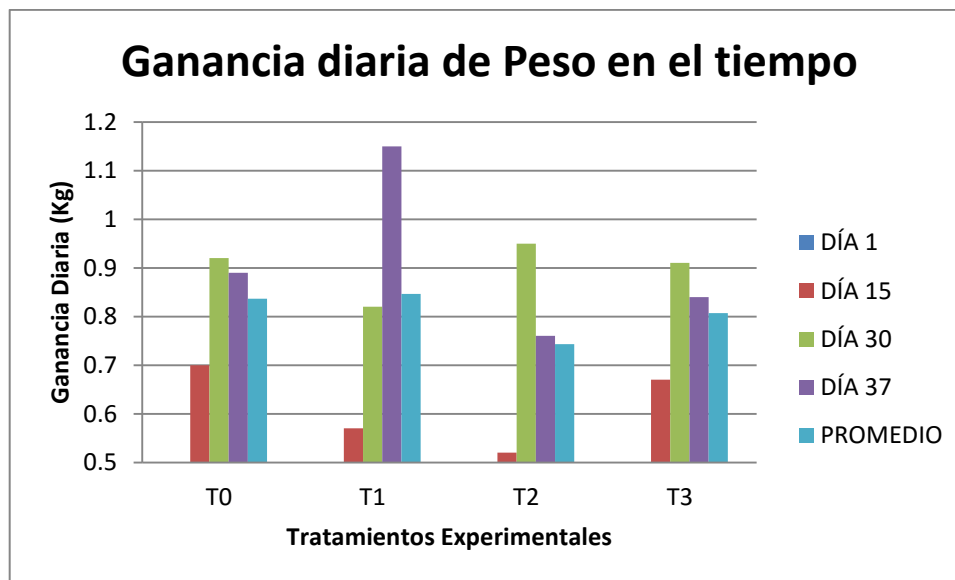
**Cuadro N° 14. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE GANANCIA DIARIA**

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F-VALOR	Pr>F
TRATAMIENTO	3	0.0984	0.0328	1.68	0.1914
CERDO (TRAT)	16	0.2435	0.0152	0.78	Error a
PERÍODO	2	1.1393	0.5696	29.11	<.0001
PER * TRAT	6	0.4796	0.0799	4.08	0.0037
ERROR	32	0.6262	0.0195		
<b>TOTAL</b>	<b>59</b>	<b>2.587</b>			

Coeficiente de Variación= 17.27%

$R^2 = 0.75$

### Gráfica N° 1. GANANCIA DIARIA DE PESO EN EL TIEMPO EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES



La empresa **PIC (2013)**, en su manual, recomiendan un rendimiento promedio esperado de ganancia diaria de 0.92 kilogramos con lo cual los valores obtenidos en este estudio son inferiores.

**Barroso (1997)**, al realizar un estudio con cerdos en la etapa de crecimiento evaluó tres grupos con distintos niveles de grasa animal siendo la ganancia diaria para el grupo I de 0.62 kilogramos, para el grupo II de 0.66 kilogramos y para el grupo III de 0.60 kilogramos. Si se comparan los resultados anteriores con la presente investigación, las ganancias diarias de nuestro trabajo son superiores.

En el estudio realizado por **López et al (2003)**, también se evaluó la ganancia diaria de peso obteniendo como resultado una ganancia de 0.60 Kg por día sin presentar diferencia significativas entre los tratamientos, siendo valores

inferiores a los obtenidos en el estudio en cuestión pero sin presentar diferencias significativas de igual manera.

**Blandón et al (2013)**, nos aclara que por el alto nivel de fibra el tránsito intestinal es más rápido afectando la absorción eficiente de los nutrientes necesarios para la ganancia de peso del animal, esto se puede aplicar a los resultados obtenidos en el estudio ya que a medida que se incrementaba el nivel de fibra se disminuyó la ganancia de peso en los animales.

Al aumentar el nivel del subproducto, la ligera disminución de la ganancia de peso asociada a la tendencia creciente del consumo, hace que este alcance significación estadística ( $P < 0.05$ ). La ganancia de peso fue afectada positivamente por el consumo, presentando una mejor eficiencia alimenticia, por lo que el animal utiliza una menor cantidad de alimento para mantenimiento y, por consiguiente, dispone de más nutrientes para uso productivo (**McDonald et al. 1978, citado por López et al**).

Tanto **Blandón et al (2013)** como **López et al (2003)** concluyeron que el incremento de este subproducto disminuía la digestibilidad de la energía de los alimentos, aunado a que el afrecho de maíz reemplaza el aporte nutricional del maíz en un 83.4% siendo la digestibilidad de la grasa significativamente menor con un valor de 38.76%.

#### **4.4 Conversión Alimenticia**

La calidad nutricional del consumo y la transformación de los nutrientes en productos, en este caso la ganancia de peso, es el índice de conversión. Por lo

tanto, asumiendo que la eficiencia de la utilización de la energía metabolizable sea similar para mantenimiento y producción, a nivel constante de los demás nutrientes, la disminución del índice de conversión, que se expresa como un valor numérico, debería indicar con bastante aproximación la disminución del valor energético de la ración.

La conversión alimenticia obtenida para el Tratamiento 0 (testigo) fue de 3.81. El Tratamiento 1 (50% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) obtuvo una conversión de 3.80, el Tratamiento 2 (75% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) obtuvo un valor de 4.01 y el Tratamiento 3 (100% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) obtuvo un valor de 3.64, representando la mejor conversión alimenticia (Cuadro N°15). Estos resultados no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ , Cuadro N°16) para tratamiento y período, no así para período por tratamiento ( $P < 0.05$ , Cuadro N°16) lo que implica que no todos los tratamientos tuvieron el mismo comportamiento a través del tiempo.

Al evaluar la conversión alimenticia en el tiempo de los tratamientos en estudio, se obtuvo que el tratamiento 0 y el tratamiento 3 presentaron una conversión alimenticia que disminuía en eficiencia a medida que pasaban los días lo que representa un comportamiento normal en los animales en crecimiento. Sin embargo, el tratamiento 1 tuvo un comportamiento contrario a los antes mencionados ya que hizo más eficiente su conversión alimenticia a medida que pasaba el tiempo (Gráfica N°2). **Bártoli & Goñi (2011)**, mencionaron algunos factores claves que afectan la curva normal de conversión alimenticia. Estos los dividieron en tres categorías, siendo la primera, el alimento consumido, la cual

es afectada por la genética, el desperdicio de alimento, la temperatura, la mortalidad, el alimento entregado, los aminoácidos y la energía; la segunda, la baja ganancia de peso, causada por enfermedades, genética, disponibilidad de alimento, disponibilidad de agua, temperatura, deficiencia nutricional de las dietas; y, la tercera, que son otros factores como el tamaño de la partícula y la presentación del alimento. Sin embargo, no hay referencias disponibles que expliquen el comportamiento invertido de esta conversión alimenticia.

**Cuadro N° 15. CONVERSIÓN ALIMENTICIA POR TRATAMIENTO EXPERIMENTAL POR PERÍODOS**

PERÍODO	T0	T1	T2	T3
DÍA 1	---	---	---	---
DÍA 15	3.38	4.12	3.89	3.07
DÍA 30	3.73	4.06	3.44	3.69
DÍA 37	4.31	3.21	4.71	4.17
PROMEDIO	3.81	3.80	4.01	3.64

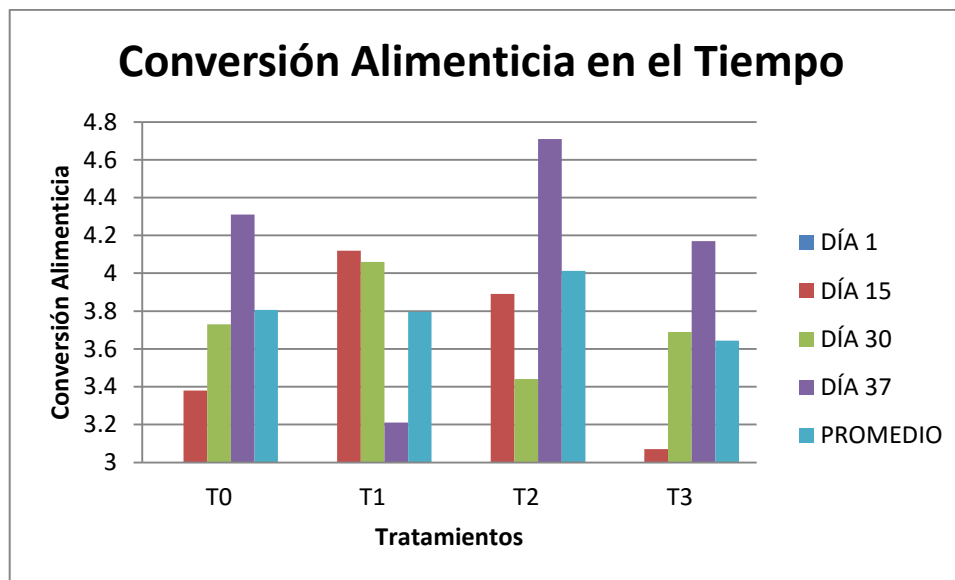
**Cuadro N° 16. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE CONVERSIÓN ALIMENTICIA**

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F-VALOR	Pr>F
TRATAMIENTO	3	1.0262	0.3420	0.6900	0.5654
CERDO (TRAT)	16	6.3741	0.3983	0.8000	Error a
PERÍODO	2	2.6050	1.3025	2.6200	0.0881
PER * TRAT	6	9.4270	1.5711	3.1600	0.0150
ERROR	32	15.8878	0.4964		
<b>TOTAL</b>	<b>59</b>	<b>35.3201</b>			

Coefficiente de Variación= 18.47%

$$R^2 = 0.55$$

## Gráfica N° 2. COMPORTAMIENTO DE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN EL TIEMPO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES



Los resultados obtenidos en esta investigación fueron notablemente superiores a los presentados por **PIC (2013)**, en su manual, que hace referencia a valores entre 2.52 y 2.64 en rendimiento promedio esperado de conversión alimenticia.

**Barroso (1997)**, en su investigación sobre tres niveles de grasa animal obtuvo para el grupo I una conversión alimenticia de 2.27, para el grupo II de 3.02 y para el grupo III de 2.86. Estos valores, al compararlos con la presente tesis, resultaron superiores. Sin embargo, **Oteiza y Colaboradores (1993)** citado por Barroso opinan que una conversión alimenticia con un valor de 3.20 es bastante aceptable para los cerdos.

En el experimento realizado por **López et al (2003)**, se obtuvo que a mayor nivel de inclusión de afrecho de maíz el índice de conversión alimenticia se incrementaba, sin embargo, en este estudio la conversión alimenticia que

presentó un nivel más bajo fue la del Tratamiento 3 (100% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) con un valor de 3.64 lo que nos señala que fue el tratamiento más efectivo en convertir el alimento en carne.

#### **4.5 Peso**

Al comenzar la evaluación se utilizaron animales con un peso inicial promedio para el tratamiento 0 (testigo) de 46.50 Kg, para el tratamiento 1 (50% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) un promedio de 45.68 Kg, 45.58 Kg para el tratamiento 2 (75% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) y para el tratamiento 3 (100% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) se utilizaron animales con un peso promedio de 46.04 Kg.

Al finalizar la investigación los pesos finales obtenidos fueron para el tratamiento 0 (testigo) de 77.08 Kg, para el tratamiento 1 (50% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) fue de 74.64 Kg, de 73.00 Kg para el tratamiento 2 (75% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) y de 75.62 Kg para el tratamiento 3 (100% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) como se muestra en el Cuadro N°17.

Hay que destacar hubieron diferencias altamente significativas para la variable peso entre tratamientos así como para período ( $P < 0.0001$ , Cuadro N°18) indicando un incremento de peso de los animales a través del tiempo. Por otra parte, la interacción período por tratamiento no mostró diferencias significativas ( $P > 0.05$ , Cuadro N°18).

**Cuadro N° 17. PESO INICIAL Y PESO FINAL DE LOS TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES EN KILOGRAMOS**

# CERDO	PESO INICIAL			
	T0	T1	T2	T3
1	47.60	46.20	43.00	52.10
2	43.00	44.00	43.00	44.40
3	49.90	46.20	47.60	47.60
4	49.90	44.40	47.60	42.10
5	42.10	47.60	46.70	44.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>46.50</b>	<b>45.68</b>	<b>45.58</b>	<b>46.04</b>

# CERDO	PESO FINAL			
	T0	T1	T2	T3
1	78.90	74.80	71.60	83.90
2	73.40	74.80	68.90	71.60
3	78.00	76.20	77.10	81.60
4	77.10	72.60	72.60	65.70
5	78.00	74.80	74.80	75.30
<b>PROMEDIO</b>	<b>77.08</b>	<b>74.64</b>	<b>73.00</b>	<b>75.62</b>

**Cuadro N° 18. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO**

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F-VALOR	Pr>F
<b>TRATAMIENTO</b>	3	114.0654	38.0218	15.43	<.0001
<b>CERDO (TRAT)</b>	16	774.1073	48.3817	19.64	Error a
<b>PERÍODO</b>	3	10362.0908	3454.0302	1401.87	<.0001
<b>PER * TRAT</b>	9	29.9969	3.3330	1.35	0.236
<b>ERROR</b>	48	118.2659	2.4638		
<b>TOTAL</b>	<b>79</b>	<b>11398.5263</b>			

Coefficiente de Variación= 2.56%

$R^2 = 0.98$

En el manual de **PIC (2013)**, se recomienda un peso a los 105 días de 61.8 Kg representando un valor mucho mayor que el peso inicial de este estudio. De igual manera el peso a los 140 días fue inferior al recomendado por **PIC (2013)**, con un valor de 96.4 Kg. Sin embargo, en términos de peso influyen diversos factores como las materias primas utilizadas en la alimentación.

El incremento de peso (Cuadro N°19) obtenido de la diferencia del peso final con el peso inicial de los animales estudiados fue para el tratamiento 0 (testigo) de 30.58 Kg, de 28.96 Kg para el tratamiento 1 (50% de sustitución de maíz por afrecho de maíz), 27.42 Kg para el tratamiento 2 (75% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) y de 29.58 Kg para el tratamiento 3 (100% de sustitución de maíz por afrecho de maíz).

**Cuadro N° 19. INCREMENTO DE PESO POR TRATAMIENTO EN KILOGRAMOS**

# CERDO	INCREMENTO DE PESO			
	T0	T1	T2	T3
1	31.30	28.60	28.60	31.80
2	30.40	30.80	25.90	27.20
3	28.10	30.00	29.50	34.00
4	27.20	28.20	25.00	23.60
5	35.90	27.20	28.10	31.30
<b>PROMEDIO</b>	<b>30.58</b>	<b>28.96</b>	<b>27.42</b>	<b>29.58</b>

**Mela (1990)**, realizó una investigación en cerdos en crecimiento en la que evaluó cuatro niveles de Bayo-N-Ox (promotor del crecimiento) y obtuvo un promedio en el incremento de peso de 37.60 kilogramos.

**Barroso (1997)**, en su estudio sobre tres niveles de grasa animal en raciones para cerdos en crecimiento obtuvo valores en incremento de peso para el grupo I de 46.63 kilogramos, 49.44 kilogramos para el grupo II y 45.40 kilogramos para el grupo III.

Los resultados de las investigaciones anteriores se encontraron superiores a los obtenidos en este trabajo.

Hay que destacar que la diferencia en el incremento de peso entre el tratamiento 0 y el tratamiento 3 fue mínima tomando en cuenta que el consumo de alimento del tratamiento 0 fue mayor al del tratamiento 3.

En los estudios realizados por **Blandón et al (2013)** y **López et al (2003)** se obtuvo un incremento de peso progresivo de 30 a 60 Kg con una ganancia de peso de 0.6 Kg siendo lo ocurrido en la investigación en estudio con diferencia de que la ganancia de peso fue de 0.80 Kg promedio debido a que la edad de los animales era mayor.

#### **4.6 Variables Económicas**

##### **- Costo por Ingrediente**

Los ingredientes utilizados para cada tratamiento fueron los mismos por lo tanto, los costos son iguales. El valor del Maíz es de B/. 12.50 el quintal y el del Afrecho de Maíz es de B/. 13.00 el quintal.

Hay que tener presente que el precio regular del maíz esta entre los 18 a 21 balboas el quintal, sin embargo, la Universidad de Panamá cuenta con un convenio por lo que el quintal se compra a B/. 12.50. Para efecto de este estudio

se utilizó el valor de B/. 12.50. En el cuadro N°20 se muestran los costos totales de los ingredientes utilizados en la investigación.

**Cuadro N° 20. COSTO TOTAL DE LOS INGREDIENTES UTILIZADOS EN LAS RACIONES EXPERIMENTALES POR CANTIDAD**

INGREDIENTES	CANTIDAD TOTAL (KG)	COSTO TOTAL (BL)
Afrecho de Maíz	843.21	241.66
Myco-Ad	6.69	7.23
Biofos	10.12	9.15
Calcita	28.59	1.89
Aceite de Palma	88.27	66.16
H. soya	463.66	235.10
Lisina	7.49	17.34
Maíz	675.86	186.25
Melaza	162.46	25.07
Metionina	2.00	13.26
Pre-mezcla Vit&Min	6.14	10.29
Pulidura de Arroz	358.65	71.16
Sal	12.46	2.75
Treonina	10.70	56.64

**- Costo por Tratamiento**

El costo de alimentación para el Tratamiento 0 (testigo) fue de B/. 17.64 en la fase de 30-50Kg de peso vivo y de B/. 191.55 para la fase de 50-70 Kg de peso vivo, haciendo un total de B/. 209.50. El tratamiento 1 (50% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) tuvo un costo de B/ 17.52 para la fase de 30-50 Kg de peso vivo y de B/. 185.85 para la fase de 50-70Kg de peso vivo, haciendo un total de B/. 203.37. El tratamiento 2 (75% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) tuvo un costo de B/. 17.36 para la fase de 30-50 Kg de peso vivo y de B/.

175.27 para la fase de 50-70 Kg de peso vivo, haciendo un total de B/. 192.63, representando el valor más bajo. El tratamiento 3 (100% de sustitución de maíz por afrecho de maíz) tuvo un costo de B/. 17.31 para la fase de 30-50 Kg de peso vivo y de B/. 176.45 para la fase de 50-70 Kg de peso vivo, haciendo un total de B/. 193.76.

Al evaluar los costos de alimentación suministrados versus los costos de alimentación consumidos se obtuvo que para el tratamiento 0 el costo entre estas dos variables no presentó variaciones, lo mismo que para el tratamiento 1. Sin embargo, en los tratamientos 2 y 3 se observó que la cantidad de alimento consumido fue notablemente inferior a la cantidad suministrada, como se observa en el Cuadro N°21, lo que puede deberse a que el alimento fue suministrado a voluntad y los comederos no eran automáticos facilitando a los animales desperdiciar el alimento.

**Cuadro N° 21. COSTO TOTAL DE ALIMENTO CONSUMIDO Y COSTO TOTAL DE ALIMENTO SUMINISTRADO**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>COSTO TOTAL (consumo)</b>	<b>COSTO TOTAL (suministro)</b>
<b>T0 – TESTIGO</b>	202.57	209.50
<b>T1 - 50%</b>	192.74	203.37
<b>T2 - 75%</b>	179.27	192.63
<b>T3 - 100%</b>	177.88	193.76

Al evaluar los tratamientos experimentales con el método Cimmyt, se obtuvieron los siguientes resultados para incremento de peso:

**Cuadro N° 22. DATOS DEL EXPERIMENTO**

TRATAMIENTO	SUSTITUCIÓN DEL MAÍZ POR AFRECHO DE MAÍZ	PERÍODO DE ALIMENTACIÓN	PESO INICIAL	PESO FINAL	INCREMENTO DE PESO
	(porcentaje)				
0	0	37	46.50	77.08	30.58
1	50	37	45.68	74.64	28.96
2	75	37	45.58	73.00	27.42
3	100	37	46.04	75.62	29.58

**Cuadro N° 23. CÁLCULO DE LOS BENEFICIOS NETOS**

PARÁMETRO	UNIDAD	TRATAMIENTO			
		0	1	2	3
INCREMENTO PROMEDIO	kilogramos	30.58	28.96	27.42	29.58
INCREMENTO AJUSTADO	kilogramos	27.52	26.06	24.68	26.62
BENEFICIOS BRUTOS	dólares/kg	26.97	25.54	24.18	26.09
COSTO DE ALIMENTACIÓN	dólares/qq	16.4	15.98	15.79	15.74
COSTOS TOTALES QUE VARÍAN	dólares	16.4	15.98	15.79	15.74
BENEFICIO NETO	dólares/kg	10.57	9.56	8.39	10.35

El incremento ajustado de cada tratamiento es el incremento medio reducido en un cierto porcentaje (90%) con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el productor podría lograr con ese tratamiento. Los rendimientos experimentales, incluso los obtenidos en ensayos en fincas, en condiciones representativas a menudo son mayores que los que el productor puede lograr con los mismos tratamientos. Existen varias razones: el manejo, el tamaño de la finca, el número de unidades experimentales, la precisión del estudio, el control de la alimentación, entre otras. **(Cimmyt, 1988)**.

**Evans (2016)**, recomienda un margen de 10 a 20% de ajuste según sea el caso. Para este estudio se utilizó un 10% para el ajuste.

### Cuadro N° 24. ANÁLISIS DE DOMINANCIA

TRATAMIENTO	COSTOS TOTALES QUE VARÍAN (dólares/qq)	BENEFICIOS NETOS
3	15.74	10.35
2	15.79	8.39
1	15.98	9.56
0	16.4	10.57

El tratamiento 2 y 1 son dominados (Cuadro N°24) y por lo tanto pueden ser excluidas del análisis. El tratamiento 2 presenta un beneficio menor con un mayor costo. El tratamiento 1 a pesar de presentar un beneficio más alto que el tratamiento 2 tiene un beneficio menor que el tratamiento 3 y representa un costo mayor por lo que son excluidos del análisis. Al final quedarían en estudio el tratamiento 0 y el tratamiento 3.

### Cuadro N° 25. TASA DE RETORNO MARGINAL ENTRE TECNOLOGÍAS

TRATAMIENTO	COSTOS TOTALES QUE VARÍAN		BENEFICIOS	TASA DE RETORNO MARGINAL	
	(dólares/qq)	(dólares/cambio)	(dólares/kg)	(dólares/cambio)	(%)
3	15.74	0	10.35	0	0
0	16.40	0.66	10.57	0.22	34

Al utilizar el tratamiento 0 se obtiene un incremento en el retorno de 0.22 dólares adicionales por cada dólar invertido, sin embargo, para obtener esto se requiere invertir 0.66 dólares adicionales (Cuadro N°25). Según datos empíricos la tasa de retorno marginal aceptable está entre 50 y 100%, por lo que, es más recomendable utilizar el tratamiento 3 ya que la TRM para cambiar del tratamiento 3 al tratamiento 0 solo fue de 34%. Esto nos indica que, aunque el Tratamiento 0 presente mejor eficiencia en términos de alimentación y

producción cárnica, esto no se ve reflejado económicamente ya que se tendría que hacer una inversión extra que tardaría en recuperarse. Sin embargo, el tratamiento 3 presenta una menor inversión en costos variables, pero que al final se ve un beneficio mucho mayor en el tiempo. Finalmente sería más económicamente factible utilizar el tratamiento 3.

## 5 CONCLUSIONES

1. La ganancia de peso y el incremento de peso fueron similares en los animales alimentados con afrecho de maíz versus los alimentados con maíz en sus respectivas mezclas.
2. Los animales alimentados con maíz presentaron mayor consumo de alimentos lo que se reflejó en una ganancia de peso superior a los alimentados con afrecho de maíz.
3. Los animales alimentados con afrecho de maíz presentaron el mejor nivel en conversión alimenticia con un valor de 3.64.
4. El análisis de la tasa de retorno marginal demostró que la alimentación con maíz obtuvo una TRM de 34%, sin embargo, tendría que hacerse una inversión extra que tardaría en recuperarse. Por lo tanto, el tratamiento 3 resultó ser la mejor alternativa económica.

## 6 RECOMENDACIONES

1. Utilizar comederos automáticos para la evaluación de parámetros alimenticios, ya que esto disminuirá el desperdicio de alimento por parte de los animales y a su vez permitirá obtener valores más cercanos a la realidad.
2. Realizar un análisis bromatológico del afrecho de maíz antes de la elaboración de las raciones experimentales para obtener valores más precisos del aporte nutricional de este subproducto.
3. Suministrar a los cerdos en crecimiento raciones con 100% de afrecho de maíz, ya que resulta eficiente tanto en el aspecto nutritivo como el económico.
4. Realizar más investigaciones sobre la utilización del afrecho de maíz en raciones para cerdos en crecimiento con el fin de encontrar el nivel óptimo de utilización de este subproducto.
5. Desarrollar más investigaciones utilizando otros subproductos como fuente de alimentación buscando que cumplan las necesidades nutritivas de los animales y que a su vez, reduzcan los costos de alimentación que representan el 80% de los costos totales de producción.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ARANA B., CLARA M. & CENTENO S., YIN M. (1999).** TESIS - ESTUDIO DESCRIPTIVO DEL RENDIMIENTO Y ESPESOR DE LA GRASA DORSAL EN LA CANAL DE CERDOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES TIPOS DE DIETAS. Abril 4, 2016, de Universidad Nacional Agraria Sitio web: <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnl02a662.pdf>

**ARRIETA, J., LESCANO, D., MIRADA, M., VITALE, L., FELICIONI, E. & VAUDAGNA, J. (2016).** Estrategias nutricionales y de alimentación en recría y engorde. Impacto en los costos. Agosto 8, 2016. , de Centro de Investigación Porcino, Biofarma S.A. Sitio web: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_fericerdo2015\\_res\\_3\\_arrieta.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_fericerdo2015_res_3_arrieta.pdf)

**BADII, M., CASTILLO, J., RODRÍGUEZ, M., WONG, A. & VILLALPANDO, P. (2007).** Diseños experimentales e investigación científica. Abril 11, 2016, de Universidad Autónoma de Nuevo León Sitio web: [http://www.web.facpya.uanl.mx/rev\\_in/Revistas/4.2/A5.pdf](http://www.web.facpya.uanl.mx/rev_in/Revistas/4.2/A5.pdf)

**BARROSO B., J. A. (1997).** Evaluación de Tres Niveles de Grasa Animal en Raciones para Cerdos en Crecimiento. Consultado el 11 de abril de 2016. Tesis. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 81p.

**BÁRTOLI, F. & GOÑI, D. (2011).** Factores que afectan la conversión alimenticia en cerdos. Agosto 2, 2016., de Centro de Información de Actividades Porcinas Sitio web:

<http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Capacitacion/Fericerdo%202011/Factores%20que%20afectan%20la%20conversion%20alimenticia%20en%20cerdos.pdf>

**BLANDÓN, J., CIRO, J. & PARRA, J. (2013).** EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SALVADO DE MAÍZ SOBRE LA DIGESTIBILIDAD RECTAL DE LOS COMPONENTES NUTRICIONALES DE DIETAS PARA CERDOS EN FASE DE CRECIMIENTO. Marzo, 2016, de Revista Computadorizada de Producción Porcina Sitio web: [http://www.iip.co.cu/RCP/201/201\\_07JCBlandon.pdf](http://www.iip.co.cu/RCP/201/201_07JCBlandon.pdf)

**BUNDY, C., DIGGINS, R. & CHRISTENSEN, V. (1991).** Producción Porcina. Octava Reimpresión. 430p.

**CADILLO C., J. (2014).** Productividad y costos en la etapa de crecimiento-acabado en porcinos. Abril 4, 2016, de Centro de Información de Actividades Porcinas Sitio web: <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Gestion%20de%20empresa%20porcina/Productividad%20y%20costos%20en%20la%20etapa%20de%20crecimiento-acabado%20en%20porcinos.pdf>

**CAMPABADAL, C. (2016).** INGREDIENTES UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS. Marzo, 2016, de Programa de Investigación y Transferencia Tecnológica en Cerdos (PITTA) Sitio web: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_animal/cerdos\\_alimen\\_ingr.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/cerdos_alimen_ingr.pdf)

**CIMMYT (1988).** La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México: CIMMYT.  
file:///F:/TESIS/CIMMYT%20manual.pdf

**GRANOS AMERICANOS. (2016).** Harina Zootécnica. Abril 5, 2016, de Compañía de Granos Americanos Sitio web:  
<http://www.granam.com.ar/productosharinazootechnica.php>

**CUNHA, T. J. (1960).** Alimentación del Cerdo. Ed Acribia, Zaragoza. 278p.

**EVANS, E. (2016).** Análisis Marginal: Un Procedimiento Económico para Seleccionar Tecnologías o Prácticas Alternativas. Agosto 31, 2016, de Extensión de la Universidad de Florida. Sitio web: file:///F:/TESIS/TRM.pdf

**FUENTES, A. (2003).** Desempeño Fisiológico, Lactacional y Reproductivo en Vacas Holstein en Condiciones de Producción Intensiva en la Zona Baja de Panamá. Septiembre 22, 2016. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. pp 181.

**GARCÍA, A., DE LOERA, Y., YAGÜE, A. GUEVARA, J. & GARCÍA, C. (2012).** ALIMENTACIÓN PRÁCTICA DEL CERDO. Septiembre 5, 2016, de Revista Complutense de Ciencias Veterinarias. Sitio web: [www.ciap.org.ar](http://www.ciap.org.ar)

**GONZÁLEZ, R. (2012).** Se aproxima fuerte inflación de alimentos en Panamá. Abril 8, 2016, de Panama Economy Insight Sitio web:  
<http://www.panamaeconomyinsight.com.pa/0219071201.html>

**JUÁREZ, M. & LÓPEZ, J. (2016).** Diseño en Bloques Completamente al Azar. Septiembre 29, 2016, de Biblioteca ITSON Sitio web: [http://biblioteca.itson.mx/oa/proyecto\\_OA/disenio\\_bloques\\_Azar/](http://biblioteca.itson.mx/oa/proyecto_OA/disenio_bloques_Azar/)

**LAO, J. 2004.** Evaluación de tres niveles de Fitasa en raciones para cerdos en la etapa de crecimiento. Tesis. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

**LÓPEZ, N., CHICCO, C. & GODOY, S. (2003).** Valor nutritivo del afrecho y germen desgrasado de maíz. Abril 8, 2016, de Zootecnia Tropical. Vol 21, 219-235p. Sitio web: [http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/ZootecniaTropical/zt2103/arti/lopez\\_n.htm](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt2103/arti/lopez_n.htm)

**MELA, J. 1990.** Evaluación de Niveles de Bayo-N-Ox. Tesis. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

**MORGAN, J. T. Y LEWIS, D. (1965).** Nutrición de Cerdos y Aves. Zaragoza, España. 404p.

**OBANDO, M. (2013).** SALVADO DE MAÍZ. Abril 5, 2016., de EL FORRAJE S.A. Sitio web: <http://www.elforraje.com/wp-content/uploads/2013/08/FIT-AQ-010-FICHA-TECNICA-SALVADO-DE-MAIZ.pdf>

**ORELLANA, I. (2016).** Tasa Marginal de Retorno. Abril 13, 2016, de Documentos de Google Slides. Sitio web: [https://docs.google.com/presentation/d/19v\\_iQs9maYYQIs1uQ77MIEZwQw3zm3UHHN7w6vIcvYM/edit#slide=id.p3](https://docs.google.com/presentation/d/19v_iQs9maYYQIs1uQ77MIEZwQw3zm3UHHN7w6vIcvYM/edit#slide=id.p3)

**PARAMIO, T., MANTECA, X., MILAN, J., PIEDRAFITA, J., IZQUIERDO, D., GASA, J., MATEU, E. & PARES, R. (2016).** Manejo y Producción de Porcino. Agosto 1, 2016., de Universidad Autónoma de Barcelona Sitio web: <http://llojtadevic.org/redaccio/arxius/imatgesbutlleti/manual%20porcino%20final.pdf>

**PIC (2013).** Manual de Destete a Engorda. Septiembre 5, 2016, de PIC. Sitio web: [www.pic.com](http://www.pic.com)

**REVISTA ILSI ARGENTINA. (2006).** Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. Abril 5, 2016, de ILSI Argentina Sitio web: <http://www.maizar.org.ar/pdf/Revista%20maizar%202.pdf>

**ROSTAGNO, H. (2011).** Tablas brasileñas para aves y cerdos: composición de alimentos y requerimientos nutricionales / editor: Horacio Santiago Rostagno; traducido del original en portugués por Sandra Carolina Salguero Cruz, Jorge Armando Prada Luengas. – 3. ed. – Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011. 259p.

**STAFF, E. & MASCARY, M. (1981).** Evaluación de tres raciones para cerdos en la etapa de crecimiento. Consultado el 11 de abril de 2016. Tesis. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 54p

**TODO AGRO. (2009).** Supproductos de la industria de la molienda húmeda del Maíz. Abril 5, 2016, de TodoAgro Sitio web:  
<http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=10751>

**ZÚÑIGA, E. (2010).** DISEÑO EN PARCELAS DIVIDIDAS. Abril 11, 2016, de Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Sitio web:  
[http://estadistica.260mb.com/Efrain\\_DPD.pdf?ckattempt=1](http://estadistica.260mb.com/Efrain_DPD.pdf?ckattempt=1)

## 8 ANEXOS



**Anexo N° 1. Elaboración de las raciones experimentales en la planta de alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.**



**Anexo N° 2. Alimentación de los animales experimentales en comederos de tipo canoa.**



**Anexo N° 3. Tratamientos Experimentales 0 y 1 a los 37 días de estudio.**



**Anexo N° 4. Tratamientos Experimentales 2 y 3 a los 37 días de estudio.**



**Anexo N° 5. Los animales se bañaban una vez al día todos los días para mantener la higiene en el área experimental.**



**Anexo N° 6. Una de las mayores problemáticas durante el estudio fue que los animales desperdiciaban alimento debido a que los comederos eran abiertos.**



**Anexo N° 7. Cada 15 días se pesaban los animales en una pesa romana debido a que el proyecto no cuenta con balanza digital para cerdos.**