

Design of an Experiment in the Feeding of Pigs During the Growth Stage in “Las Joyas” Farm

Carlos Roberto Paredes Ramirez¹

¹Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Tegucigalpa, Honduras, 11101, paredesc99@unitec.edu

Mentor: Paola Michelle Pascua Cantarero, Ingeniera Industrial¹

¹Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Tegucigalpa, Honduras, 11101, paola.pascua@unitec.edu.hn

Abstract– The present study aimed to determine which of the diets used in the experiment increased the weight of the pigs the most during the growth stage at the “Las Joyas” farm in Juticalpa, Olancho. The study was carried out with a convenience sample of 6 pigs from the crossing of a father 100% of the Duroc breed and a mother 100% of the Pietra in breed.

The 6 pigs were divided into 2 batches according to their type of diet, diet-A consisted of a combination of 60% concentrate and 40% food waste, specifically vegetables, and diet-B which consisted in only concentrate.

The results obtained from the ANOVA (analysis of variance) showed that there was a statistical difference between both diets and with a p- value of 0.000 the equality of means was rejected; therefore, the diet of only concentrate increases the weight of the pigs more during the growth stage.

Diet A was also noted to cause intestinal disease, diarrhea, leading to little weight gain in pigs fed with diet A. Also, it's worth mentioning that the crossbreed or breed of the pigs can influence their growth, nevertheless, in this experiment the breed is not taken into account because the 6 pigs are from the same crossbreed and from the same parents.

When comparing the results of both diets, it was obtained that the average weight gain of diet B was much higher and that to reach this average with diet A, the pigs would have to be fed 14 more days, however, there is a small cost reduction with diet A.

Keywords—*completely randomized block, ANOVA, growth, weight gain, diets*

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.469>

ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

Diseño de un Experimento en la Alimentación de Cerdos Durante la Etapa de Crecimiento en Granja “Las Joyas”

Carlos Roberto Paredes Ramirez, Estudiante Universitario¹

¹Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Tegucigalpa, Honduras, 11101, paredesc99@unitec.edu

Mentor: Paola Michelle Pascua Cantarero, Ingeniera Industrial¹

¹Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Tegucigalpa, Honduras, 11101, paola.pascua@unitec.edu.hn

Abstract(español)– El presente estudio tenía el objetivo de comprobar cuál de las dietas utilizadas aumentaba más el peso de los cerdos en la etapa de crecimiento en granja “Las Joyas” en Juticalpa, Olancho. El estudio se realizó con una muestra por conveniencia de 6 cerdos que se dividió en 2 lotes según su tipo de dieta, dieta-A concentrado y desechos alimenticios y dieta-B solo concentrado. Los resultados obtenidos mostraron que existía diferencia entre ambas dietas y con un valor p de 0.000 se rechaza la igualdad de medias por lo cual la dieta de solo concentrado aumenta más el peso de los cerdos. También se notó que la dieta A causó enfermedades intestinales, diarrea, lo que generó poco aumento de peso en los cerdos que se alimentaron de la dieta A. Al comparar los resultados de ambas dietas se obtuvo que el promedio de aumento de peso de la dieta B fue mucho mayor y que para alcanzar este promedio con la dieta A habría que alimentar a los cerdos 14 días más, sin embargo, si existe una pequeña reducción de los costos con la dieta A.

Keywords—diseño de bloque, ANOVA, crecimiento, aumento de peso, dietas.

Abstract(ingles)– The present study aimed to determine which of the diets used in the experiment increased the weight of the pigs the most during the growth stage at the “Las Joyas” farm in Juticalpa, Olancho. The study was carried out with a convenience sample of 6 pigs that was divided into 2 batches according to their type of diet, diet-A concentrate and feed waste and diet-B only concentrate. The results obtained showed that there was a difference between both diets and with a p-value of 0.000 the equality of means was rejected; therefore, the diet of only concentrate increases the weight of the pigs more during the growth stage. Diet A was also noted to cause intestinal disease, diarrhea, leading to little weight gain in pigs fed with diet A. When comparing the results of both diets, it was obtained that the average weight gain of diet B was much higher and that to reach this average with diet A, the pigs would have to be fed 14 more days, however, there is a small cost reduction with diet A.

Keywords—completely randomized block, ANOVA, growth, weight gain, diets

I. INTRODUCCIÓN

La crianza de cerdos comúnmente conocida como porcicultura es uno de los principales rubros económicos a nivel mundial y principalmente en países en vías de desarrollo. La porcicultura representa alrededor de un 35% a 40% del total de

la producción de carne a nivel mundial, siendo China el principal productor de cerdos en el mundo seguido de Estados Unidos, Alemania, España y Brasil. Según [1] el 80% de carne de cerdo consumida en Honduras es importada ya que el productor nacional no puede competir con los precios extranjeros.

Dentro del proceso de crianza de cerdos el factor más importante a considerar es la alimentación de los cerdos, ya que según [2] conforman alrededor del 65% de los costes totales de la producción. La dieta del cerdo principalmente consta de un concentrado a base de maíz o soja el cual contiene los nutrientes necesarios para el crecimiento del cerdo. Debido a que el costo de este concentrado puede llegar a ser bastante alto, [3] afirma que dentro de la dieta del cerdo se utiliza balanceado, desechos de cocina y residuos de cosecha, lo que puede ser una oportunidad si se sabe cómo utilizar esta alternativa de alimentación.

La presente investigación será realizada en la granja porcina “Las Joyas” ubicada en el municipio de Juticalpa, Olancho, para determinar qué tipo de dieta alimenticia aumenta más el peso de los cerdos y cuál ofrece un beneficio económico más grande para la empresa. Ya que la empresa está teniendo problemas con los cerdos en la etapa de crecimiento [4], también denominada como Fase III o iniciador y comprende el periodo de los 18 a los 30 kg de peso, el cual tiene una duración de 25 a 30 días. [5] menciona que el principal problema dentro de esta etapa es la limitada capacidad del tracto digestivo para procesar la fibra, por lo que se requiere un alimento concentrado de alta digestibilidad para que sellegue a demostrar su potencial para crecer rápida y eficazmente.

Por todo lo expuesto anteriormente el objetivo de la presente investigación es determinar mediante el uso de herramientas de diseño de experimentos que tipo de dieta usada en la investigación aumenta más el peso de los cerdos dentro de la etapa de crecimiento. Las herramientas de diseño de experimentos que fueron utilizadas son diseño de bloque completamente al azar, ANOVA y también herramientas estadísticas como EXCEL y MINITAB para realizar análisis estadísticos y tablas a lo largo de la investigación.

II. METODOLOGÍA

A. Diseño de Experimentos

[6] menciona que el Diseño de Experimentos (DOE) consiste en planificar un conjunto de corridas o pruebas experimentales de una manera en la cual se puedan analizar los datos de las mismas y se puedan contestar las preguntas que han sido planteadas. Según [7] el principal objetivo del diseño de experimentos es obtener información de calidad, esto por medio de la planificación cuidadosa y el análisis de resultados. Lo cual será aplicado en este proyecto para experimentar con la alimentación de los cerdos dentro de la etapa de crecimiento, ya que según [8] experimentar es cambiar cosas que pueden llegar a tener efectos en el desempeño de algún proceso, producto o servicio.

Los pasos establecidos para diseñar un experimento según [9] son: 1) Enunciar el problema el cual dentro del proyecto fue el inconveniente en el proceso de cría de cerdos de granja “Las Joyas”. 2) Formulación de una hipótesis, [10] una suposición de algo posible o imposible para sacar de ello una consecuencia, la cual fue que no existía diferencia en la media de las dietas y la de validación de datos, de que los datos se distribuyen normalmente. 3) Selección del enfoque y los tratamientos que fue un enfoque cuantitativo [11] el cual utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías. 4) Evaluación de las razones por las cuales el experimento brindará respuestas al problema, ya que al realizar un experimento de esta manera el dueño de granja “Las Joyas” podrá tomar una decisión de si seguir con la dieta actual o si realizar algún cambio.

5) Considerar los posibles resultados utilizando los procedimientos estadísticos a aplicar, para asegurar que las condiciones sean las necesarias para que los procedimientos sean válidos, más que todo se refiere a la validación de datos que como ya se mencionó se trabajó con el supuesto de que los datos que se recolectaron se distribuyen de forma normal. 6) Realizar el experimento. 7) Aplicación de las técnicas estadísticas a los resultados experimentales en los cuales se aplicó análisis ANOVA [12] el cual sirve para verificar si existen diferencias estadísticamente significativas entre medias cuando se tienen más de dos muestras o grupos en un mismo planteamiento. Para poder comparar estos valores se debe de basar en la varianza global observada en los grupos de datos numéricos que se vayan a comparar. 8) Interpretación de resultados y formulación de conclusiones y recomendaciones y 9) Evaluación de la investigación realizada.

Para poder llevar a cabo el ANOVA que se realizó en el proyecto se hizo uso de la herramienta de análisis estadístico MINITAB, en la cual se plantearon las hipótesis estadísticas [13] uno de los procedimientos para probar la validez de un enunciado teórico acerca de los parámetros de una distribución de probabilidad o de los parámetros de un modelo, el objetivo es encontrar la relación entre dos variables. Dentro de las cuales las variables que influyeron dentro de este proyecto fueron el

tipo de dieta, dieta – A o dieta – B y el aumento de peso de los cerdos en libras, también para los resultados se tomaron en cuenta el costo total de alimentación y el tiempo. En las cuales la hipótesis nula fue: No hay efecto significativo del aumento de peso de los cerdos alimentados con la dieta A que con los de la dieta B y la hipótesis alternativa: Si hay un efecto significativo del aumento de peso de los cerdos alimentados con la dieta A que con los de la dieta B.

Para el diseño del experimento se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar [14] un modelo se caracteriza como un diseño completamente aleatorizado cuando los tratamientos o replicas se ensayan en condiciones homogéneas dentro del experimento, o mejor dicho, cuando las unidades experimentales (UE) son homogéneas, lo cual significa que su capacidad de respuesta sea la misma o igual, y cuando solo se tiene como factor de clasificación los tratamientos o replicas y la asignación de estos a las unidades experimentales se realiza en forma aleatoria (aleatorización irrestricta).

En el cuál se tomó una muestra de 6 cerdos, provenientes del cruce de un padre 100% de la raza Duroc y una madre 100% de la raza Pietrain, y se dividieron de manera aleatoria con el uso de MS Excel en 2 distintos tratamientos (dietas), dieta A (60% concentrado y 40% desechos alimenticios vegetales) y dieta B (solo concentrado) con el propósito de asignar de manera aleatoria 3 cerdos al primer tratamiento (dieta A) y 3 cerdos al segundo tratamiento (dieta B). La alimentación según el tipo de dieta fue pesada, preparada y servida en los respectivos comederos de los cerdos por el personal encargado de la granja. A continuación, se puede observar la tabla que muestra la división de los 6 cerdos a cada dieta:

Cerdos	Asignación de Dieta	Tratamientos (1=A, 2=B)
1	1	A
2	2	B
3	1	A
4	2	B
5	2	B
6	1	A

Fig. 1. Tabla Aleatoria para la Asignación de Tratamiento por Cada Cerdo

Se tomó el peso inicial de cada cerdo y se anotó en MS Excel, herramienta que se utilizó para la creación de todas las tablas de datos que se encuentran dentro de la investigación, para tener el dato inicial con el cuál se comenzó la alimentación con cada tipo de dieta. Las tomas de peso de los cerdos se realizaban los lunes, miércoles y sábado de cada semana para seguir obteniendo datos de cuanto peso iban aumentando con la alimentación que tenían. Cada dato que se tomaba del aumento

de peso de cada cerdo se anotaba en una tabla de MS Excel. Para poder determinar cuál fue el aumento de peso de cada cerdo se utilizó la fórmula de Aumento de Peso la cuál es, $\text{Aumento de Peso} = \text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}$. Donde cada día que se realizaba la toma de pesos el peso final consistía en el pesaje más reciente que se tenía y el peso inicial consistía del dato del pesaje anterior.

De esta manera se tenía un aumento de peso en libras del lunes a miércoles, del miércoles al sábado y del sábado a lunes de cada una de las semanas que duro la toma de datos. Al obtener todos los datos del aumento de peso de los cerdos se realizó una tabla en MS Excel comparando el costo total de cada dieta, la cual consistió en los costos del alimento usado para cada dieta y el costo de las medicinas que se usaron para tratar a los cerdos que se enfermaron.

En caso de que se quiera seguir haciendo experimentos o pruebas dentro de la granja se puede usar otros tipos de técnicas de experimentación como los diseños factoriales los cuales según [15] pueden ser diseñados con uno, dos, tres o más factores. Los experimentos factoriales con dos factores (A y B) usualmente incluyen diseños factoriales de dos niveles para la identificación de factores en la variable de respuesta investigando todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores. Experimentos factoriales con varios factores (A, B, ..., K), con dos niveles (“bajo” y “alto”) la complejidad de la experimentación es bastante alta. Las combinaciones aumentan según el número de factores, suponiendo que se tiene un diseño de 2 niveles con 8 factores se tendrían 256 posibles combinaciones.

Los diseños factoriales pueden llegar a ser experimentos de gran complejidad que requieren una gran cantidad de recursos, materiales, tiempo y dinero debido a la gran cantidad de información que generan. Esto se debe a la gran cantidad de combinaciones que pueden surgir debido a la estructura 2^k , en la cuál 2 es el número de niveles y la k representa el número de factores.

B. Razas de Cerdos en Honduras

Duroc - Son cerdos de color rojo, con un tamaño mediano en sus orejas las cuales tienen una inclinación hacia adelante y están levemente levantadas de su base. Poseen un cuello corto y grueso, el cuál es un poco convexo y con buena disposición para producir grasa. Son cerdos de un temperamento tranquilo y son de elevada rusticidad. Estos cerdos manifiestan un gran desarrollo corporal, excelente conversión de grasa y carne y con gran velocidad de crecimiento. [16]



Fig. 2. Cerdo de la Raza Duroc

Pietrain - Estos cerdos se caracterizan por contener bastante musculatura y muy poca grasa. Esta raza es una de las que usualmente se usan para la producción de líneas madres utilizadas para la elaboración y creación de cerdos híbridos. Esta raza se caracteriza por tener una gran calidad de canal, la cual se usa para mejorar la calidad de canal de otras líneas de cerdos. Estos cerdos tienen una gran velocidad de crecimiento, índices de conversión y producción bajos y se debe de tomar en cuenta que la raza tiene a desarrollar bastante grasa intramuscular en su carne. [17]

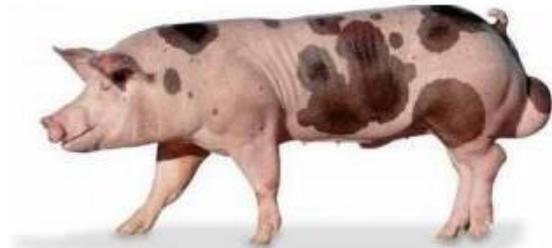


Fig. 3. Cerdo de la Raza Pietrain

Yorkshire - Estos cerdos se caracterizan por tener la piel de color rosa y ser blancos, su cabeza es un poco alargada y su cara tiende a ser algo cóncava, sus orejas tienden a ser bastante grandes y erectas y su cuello suele ser algo largo. Poseen un dorso y lomo largo y ancho, lo que hace que los jamones de estos cerdos contengan bastante carne. Las hembras de esta raza son muy prolíficas y extremadamente buenas en detestar a sus camadas con un gran peso debido a su producción de leche. La carne que esta raza provee es de muy buena calidad la cual se aprovecha en su producción. Es importante mencionar que es una raza muy precoz, dócil y de fácil adaptación. [18]



Fig. 4. Cerdo de la Raza Yorkshire

Landrace - Esta raza de cerdo tiene una piel lisa de color blanco y rosa. Tiene una cabeza fina y alargada con un perfil subcónico, orejas hacia adelante que cubren la cara, pero sin tapar completamente la vista, debido a su largo tronco poseen más costillas que otras razas con un dorso-lumbar recto, amplio y encarnado. Las extremidades de esta raza son medianas a largas por lo cual poseen jamones magros y compactos, amplios poco descendidos y redondos. Es una raza que presenta poca rusticidad y no se adapta tan bien a diferentes medios como otras razas y sufren si son expuestos mucho tiempo al sol. La raza es muy reconocida por sus cualidades reproductivas y por su carácter tranquilo. [19]



Fig. 5. Cerdo de la Raza Landrace

Hampshire - Son de color negro con una característica franja blanca que les cubre todo el cuerpo y partes inferiores como las patas, sus orejas se consideran ser del tipo asiáticas. En esta raza de cerdos suelen ser rústicos y poco resistentes al calor. Es una raza de procedencia americana muy prolífica y con una excelente aptitud lechera y materna al igual que cárnica. Además, posee aptitudes productivas y buenos parámetros de calidad. Esta raza usualmente es usada para mejorar la calidad de canal de otras razas. [20]

C. Etapas en la Vida del Cerdo

La vida del cerdo consiste en 5 principales etapas que son: la lactancia, el destete, el crecimiento, el engorde y el matadero. Las primeras dos etapas y la última no se consideran tan

importantes ya que la lactancia solo consiste en el tiempo desde que el cerdo nace y se alimenta solo de la leche materna, la etapa de destete es la etapa en la cual se intenta adaptar al lechón a consumir comida sólida y dejar la leche materna y la última etapa la cual es la del matadero solo consiste en preparar al animal para que sea sacrificado y dividido en los diferentes cortes para ser comercializado. Debido a esto las dos etapas más importantes dentro de la vida del cerdo son las siguientes:

Crecimiento - La etapa de crecimiento se considera una de las etapas más importantes del cerdo ya que dentro de esta etapa consumen entre el 75% y el 80% del alimento total que necesitan en su vida productiva. Debido a esto esta etapa es donde está el principal costo de producción, la utilización eficiente del alimento dentro de esta etapa aumentará o disminuirá la rentabilidad de la producción. Esta etapa comienza después del destete de los cerdos y termina cuando alcanzan un peso de entre 25 a 30 kilogramos. [21]

Engorde - El período de 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 30 kg de peso y termina cuando el cerdo es enviado a mercado. Los rendimientos productivos de los cerdos en estas etapas dependen de la genética, de la alimentación, de la salud y del manejo. Este período empieza desde los 96 días con 25-30 kg y que debe terminar a los 166 días en crianzas especializadas o a los 210 días como máximo. El peso final no debe ser inferior a los 90 kg y este se debe alcanzar en el menor tiempo posible si se desea una producción porcina eficiente. [21]

Estas dos etapas son las más importantes ya que son en las cuales el cerdo se alimenta solo de lo que el criador le suministra para maximizar su aumento de peso y poder alcanzar los 90 kilogramos que es el peso adecuado para que el cerdo pase a la etapa de matadero. Para que la producción de los cerdos se considere eficiente estos 90 kilogramos se deben alcanzar en el menor tiempo posible y sin sobre pasar los 210 días.

D. Importancia de los Cerdos en la Dieta Humana

[22] menciona que la crianza de cerdos es de suma importancia ya que el consumo de la proteína animal, en este caso la carne de cerdo, es una de las más consumidas a nivel mundial. Factores como los religiosos, las enfermedades de los cerdos, los impedimentos culturales y los altos costos que existen en la producción y crianza de los cerdos presentan desafíos a la industria para reconquistar a los mercados para incrementar el consumo de la misma.

[23] menciona que consumir carne de cerdo es súper importante debido a su aporte nutricional, a el valor proteico, vitamínico y mineral que posee. El consumo de una cantidad de 100g de esta carne es recomendada para una persona adulta, pues los beneficios que aporta a la nutrición humana son varios. Como ser una valiosa fuente de proteínas y aminoácidos esenciales para el cuerpo humano, contiene minerales como el fósforo, selenio, sodio, zinc, potasio, cobre, hierro y magnesio.

Además, contiene vitaminas como B6, B12, tiamina, niacina, riboflavina y ácido pantoténico que benefician más que todo al crecimiento saludable de niños y adultos.

III. RESULTADOS

Para el análisis de un tipo de dieta para el aumento de peso de los cerdos en la etapa de crecimiento utilizando herramientas de diseño de experimentos se planeaba determinar qué tipo de dieta aumentaba más el peso de los cerdos en la etapa de crecimiento y se realizó una toma de pesos de una muestra de 6 cerdos provenientes del cruce de un padre 100% de la raza Duroc y una madre 100% de la raza Pietrain durante la etapa de crecimiento la cual consta de 25 a 30 días. La muestra de 6 cerdos se dividió en 2 lotes cada uno con 3 cerdos de diferente numeración que se pueden observar en la siguiente tabla:

Días de Pesaje	Pesaje de los Cerdos (libras)					
	A-Con. Y Desechos Veg.			B-Concentrado		
	Cerdo 1	Cerdo 3	Cerdo 6	Cerdo 2	Cerdo 4	Cerdo 5
jueves 28 oct.	14.3	15.6	19.1	22.0	18.2	17.4
lunes 1 de nov.	16.0	17.6	21.8	24.2	21.1	20.0
miércoles 3 de nov.	16.7	17.7	22.0	27.9	24.6	22.7
sábado 6 de nov.	18.9	20.4	25.1	31.9	28.2	27.7
lunes 8 de nov.	21.8	24.2	27.7	36.1	30.4	27.9
viernes 12 de nov.	22.9	24.2	27.7	41.4	33.0	32.8
lunes 15 de nov.	24.4	29.0	30.4	42.7	35.4	33.7
miércoles 17 de nov.	24.4	29.0	30.4	48.4	40.1	39.4
lunes 22 de nov.	31.9	35.6	37.2	54.1	45.5	45.1

Fig. 6. Días de Pesaje de Cada Cerdo y su Respectivo Peso Mostrado ese Día

Como se puede observar en la tabla anterior se realizaron 9 pesajes durante 25 días a los cerdos en la etapa de crecimiento de granja “Las Joyas” que se alimentaron con la dieta A – la cual consiste de concentrado y desechos alimenticios vegetales, es la dieta experimental dentro de la investigación, la cual se conforma de los cerdos número 1, 3 y 6. La dieta B – la cual consiste de solo concentrado es la dieta que ya se usaba para alimentar a los cerdos de la granja, la cual se conformó de los cerdos 2, 4 y 5.

Para la determinación de la dieta con la que aumentan más peso los cerdos en la etapa de crecimiento se recolectaron todos los datos del peso de cada cerdo dependiendo del día cuando se pesó se procedió a realizar una tabla en la cual se tomaba el pesaje más reciente y se le restaba el monto del pesaje anterior para obtener el aumento de peso. Al tener todos los aumentos de peso de cada cerdo dependiendo del día de pesaje se dividió cada dato entre la diferencia de días de cada pesaje para obtener el aumento diario en libras de cada cerdo ya que esos son los datos que se utilizaron para realizar el análisis ANOVA. En la siguiente tabla se muestra el aumento de peso diario por cerdo durante la etapa de crecimiento que consta de 25 días. Estos datos se utilizaron para realizar el ANOVA, que es una herramienta que identificara la igual o la diferencia de medias entre ambas dietas, los 75 datos de la dieta A y los 75 datos de la dieta B.

Días de Pesaje	Aumento de Peso Diario (libras)					
	A-Con. Y Desechos Veg.			B-Concentrado		
	Cerdo 1	Cerdo 3	Cerdo 6	Cerdo 2	Cerdo 4	Cerdo 5
1	0.425	0.500	0.675	0.550	0.725	0.650
2	0.425	0.500	0.675	0.550	0.725	0.650
3	0.425	0.500	0.675	0.550	0.725	0.650
4	0.425	0.500	0.675	0.550	0.725	0.650
5	0.350	0.050	0.100	1.850	1.750	1.350
6	0.350	0.050	0.100	1.850	1.750	1.350
7	0.733	0.900	1.033	1.333	1.200	1.667
8	0.733	0.900	1.033	1.333	1.200	1.667
9	0.733	0.900	1.033	1.333	1.200	1.667
10	1.450	1.900	1.300	2.100	1.100	0.100
11	1.450	1.900	1.300	2.100	1.100	0.100
12	0.275	0.000	0.000	1.325	0.650	1.225
13	0.275	0.000	0.000	1.325	0.650	1.225
14	0.275	0.000	0.000	1.325	0.650	1.225
15	0.275	0.000	0.000	1.325	0.650	1.225
16	0.500	1.600	0.900	0.433	0.800	0.300
17	0.500	1.600	0.900	0.433	0.800	0.300
18	0.500	1.600	0.900	0.433	0.800	0.300
19	0.000	0.000	0.000	2.850	2.350	2.850
20	0.000	0.000	0.000	2.850	2.350	2.850
21	1.500	1.320	1.360	1.140	1.080	1.140
22	1.500	1.320	1.360	1.140	1.080	1.140
23	1.500	1.320	1.360	1.140	1.080	1.140
24	1.500	1.320	1.360	1.140	1.080	1.140
25	1.500	1.320	1.360	1.140	1.080	1.140

Fig. 7. Aumento de Peso Diario de Cada Cerdo

Para los efectos que producen los desechos alimenticios vegetales en los cerdos se mostró que el efecto principal que se produjo al alimentar a los cerdos del lote 1 – dieta A, concentrado y desperdicios alimenticios vegetales fue ningún o muy poco aumento de peso en comparación a los cerdos que fueron alimentados con la dieta B de solo concentrado. Un aspecto que podría estar relacionado a este poco aumento de peso fue el hecho que durante los 25 días en que los cerdos de la dieta A fueron alimentados se presentaron enfermedades intestinales o como comúnmente se le conoce, diarrea. Es muy posible que la razón por la cual se haya presentado este tipo de enfermedad es por el repentino cambio que se hizo en la alimentación de estos cerdos. En la siguiente tabla se puede observar que los cerdos 1, 3 y 6 del lote 1 o dieta – A, mostraron poco o ningún aumento en los pesajes número 2, 5 y 7.

Aumento de Peso (libras)						
Días de Pesaje	Cerdo Según e Tratamiento Usado					
	A-Con. Y Desechos Veg.			B-Concentrado		
	Cerdo 1	Cerdo 3	Cerdo 6	Cerdo 2	Cerdo 4	Cerdo 5
Peso Inicial	14.3	15.6	19.1	22	18.2	17.4
1	1.7	2	2.7	2.2	2.9	2.6
2	0.7	0.1	0.2	3.7	3.5	2.7
3	2.2	2.7	3.1	4	3.6	5
4	2.9	3.8	2.6	4.2	2.2	0.2
5	1.1	0	0	5.3	2.6	4.9
6	1.5	4.8	2.7	1.3	2.4	0.9
7	0	0	0	5.7	4.7	5.7
8	7.5	6.6	6.8	5.7	5.4	5.7

Fig. 8. Aumento de Peso de Cada Cerdo Según el Día de Pesaje

En la comparación de los resultados del aumento de peso de los cerdos dependiendo del tipo de dieta y el costo total de alimentación se utilizaron los datos que se recolectaron a lo largo de los 25 días en que se alimentaron a los cerdos con las dos distintas dietas fueron: el promedio de aumento de peso de los 3 cerdos que se alimentaron con la dieta A fue de 18.57 libras y el promedio de aumento de peso de los 3 cerdos que se alimentaron con la dieta B fue de 29.03 libras. Existiendo una diferencia de 10.26 libras entre ambas dietas se presentaron los siguientes costos de alimentación dependiendo de la dieta.

Costos de Alimentación	
Dieta - A (concentrado y desechos alimenticios vegetales)	
Concentrado - 1.2 libras por cerdo al día por 25 días. Precio - 1780 lempiras el quintal (100 libras), 17.80 lempiras por libra.	1602
Desechos Alimenticios Vegetales - 0.8 libras por cerdo al día por 25 días. Precio - no generan ningun costo.	0
Bioquin - se le aplico 1ml a cada cerdo para curar diarreas. Precio - 480 lempiras por un frasco de 250 ml, 1.92 lempiras por cada ml.	5.76
Costo Total	1607.76

Fig. 9. Costos de Alimentación de la Dieta A

Costos de Alimentación	
Dieta - B (solo concentrado)	
Concentrado - 2 libras por cerdo al día por 25 días. Precio - 1780 lempiras el quintal (100 libras), 17.80 lempiras por libra.	2670
Desechos Alimenticios Vegetales - no se usaron en esta dieta.	0
Bioquin - no fue necesario en esta dieta.	0
Costo Total	2670

Fig. 10. Costos de Alimentación de la Dieta B

Al alimentar a los cerdos de la dieta A con una combinación de 60% concentrado y 40% de desechos alimenticios vegetales se pudo reducir el costo total de alimentación, sin embargo, se debe de tomar en cuenta la diferencia de 10.26 libras que existe entre ambas dietas. Para poder obtener el costo total de alimentación diaria se dividió el costo total de alimentación por los 25 días en que se alimentaron los cerdos obteniendo los siguientes valores:

Costos de Alimentación Diario	
Dieta - A (concentrado y desechos alimenticios vegetales)	
Costo Total Diario	64.31
Dieta - B (solo concentrado)	
Costo Total Diario	106.80

Fig. 11. Costos de Alimentación Diario Dependiendo del Tipo de Dieta

Al conocer el costo de alimentación diaria se puede hacer una proyección de cuál sería el costo total de la dieta A para poder alcanzar el promedio de aumento de peso de la dieta B. Teniendo una diferencia de peso de 10.26 libras se divide esta cantidad por el promedio de aumento de peso diario de la dieta A el cuales de 0.74, obteniendo un resultado de 14, el cual sería la cantidad de días que se tiene que seguir alimentando a los cerdos con la dieta A.

Al conocer que se debe de alimentar 14 días más a los cerdos que se alimentan con la dieta A para poder alcanzar el promedio de peso de los cerdos que se alimentaron con la dieta B, se multiplica el costo total diario de la dieta A, 64.31 lempiras, por los 14 días y se obtiene un total de 900.35 lempiras, los cuales se deberían de sumar al costo total de alimentación de la dieta A el cual es de 1607.76 lempiras sumando un total de 2508.11 lempiras, el cual sería el nuevo

costo total de alimentación para que ambas dietas tengan el mismo aumento de peso.

IV. INTERPRETACIÓN

Dentro del análisis de un tipo de dieta para el aumento de peso de los cerdos en la etapa de crecimiento utilizando herramientas de diseño de experimentos, claramente se puede observar en la primera tabla de las conclusiones que desde el primer pesaje los cerdos del lote 2 o dieta – B estaban aumentando más peso que los de la dieta – A. Pueden existir varias razones por las cuales esto podría haber pasado, pero según los datos la principal razón es que los cerdos aumentaban más su peso con la dieta de concentrado actual que tenía la granja. Esto se puede observar más detalladamente en esta grafica de barras que muestra el aumento de peso de cada cerdo según su lote y tipo de dieta.

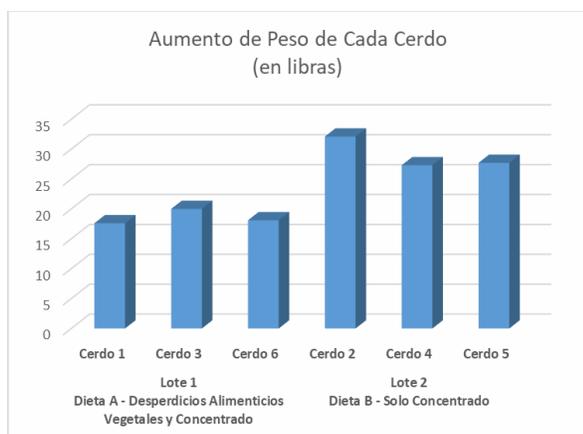


Fig. 12. Gráfico de Barras del Aumento de Peso de Cada Cerdo Según el Tipo de Dieta

Para la determinación de la dieta con la que aumentaban más peso los cerdos en la etapa de crecimiento se realizó un análisis ANOVA en la herramienta de análisis estadístico MINITAB para poder determinar si existía igualdad en las dietas o si de lo contrario eran distintas. Y como ya se conoce las dietas son distintas ya que se obtuvo un valor p de 0.000 con la cual se rechaza la hipótesis nula. Debido a que se rechaza la hipótesis nula y se establece que no existe relación entre la media de ambas dietas, se puede contestar la pregunta acerca de cuál dieta aumenta más el peso de los cerdos. Y la respuesta de esta pregunta es la dieta B que consiste de solo concentrado.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	1	6.573	6.5731	17.88	0.000
Error	148	54.416	0.3677		
Total	149	60.989			

Fig. 13. Análisis de Varianza (ANOVA) realizado en MINITAB

En el objetivo de determinar los efectos que producen los desechos alimenticios vegetales en los cerdos se pudo observar como los cerdos número 1, 3 y 6 del lote 1 o dieta – A presentaron muy poco o ningún aumento de peso durante las tomas de pesaje 2, 5 y 7. La principal razón por la cual se considera que sucedió esto es debido a que durante los 25 días en que estos 3 cerdos fueron alimentados, los mismos presentaron diarrea la cual tuvo que ser tratada con un producto llamado Bioquin, el cual es un medicamento curativo para este tipo de enfermedades. Sin embargo, también se debe de tomar en consideración que estas diarreas pudieron haber sido presentadas debido al cambio drástico que se realizó en la dieta de estos 3 cerdos. Por lo cual si en un trabajo futuro se piensa realizar una investigación similar habría que acostumbrar el estómago de los cerdos a los que se les vaya a alimentar con la dieta – A desde la etapa de destete.

Al comparar los resultados del aumento de peso de los cerdos dependiendo del tipo de dieta y el costo total de alimentación se obtuvo que el costo total de la dieta A fue de 1607.76 lempiras con un aumento de peso de 18.57 libras. Y la dieta B tuvo un costo total de 2670 lempiras con un aumento de peso de 29.03 libras. La proyección de 14 días más de alimentación a los cerdos de la dieta A agrega un monto de 900.35, totalizando el costo total de la dieta A en 2508.11 lempiras. Con lo que ahora se tiene el mismo aumento de peso en ambas dietas, solo que con diferentes días de alimentación y con una diferencia de precio de 161.89 lempiras. Debido a esto se puede decir que en realidad hacer un cambio no vale la pena para la granja donde se realizó el experimento ya que ellos están enfocados en engordar lo más rápido posible, pero para una granja que quiera reducir sus costos alimenticios y no se preocupe por el tiempo de engorde podría ser una opción válida.

V. CONCLUSIONES

Al concluir con el experimento que se realizó en granja “Las Joyas” y hacer los análisis de todos los datos recolectados se llegó a la conclusión de que la dieta B aumentaba más el peso de los cerdos en la etapa de crecimiento y engordaban en un menor tiempo en comparación a la dieta A que presento aumentos de peso irregulares posiblemente debido a que durante ciertas tomas de peso no hubo ningún tipo de aumento ya que los cerdos que consumieron esta dieta presentaron diarreas que tuvieron que ser tratadas. Sin embargo, la dieta A puede ser una opción para granjas que no estén enfocadas en aumentar el peso de sus cerdos en el menor tiempo posible y al mismo tiempo disminuir sus gastos de alimentación. Además, cabe mencionar que el tipo de raza o cruce de cerdos podría influir en este experimento, sin embargo, en el presente no se tomó en cuenta ya que los 6 cerdos provenían de la misma camada del cruce de padre Duroc y madre Pietrain.

Al realizar el análisis de varianza con un 95% de confianza, se obtuvo un valor p de 0.000 lo cual significa que se rechaza la hipótesis nula y se establece que si existe diferencia estadística entre ambas dietas. Debido a la diferencia que existen las medias de ambas dietas se establece que la dieta actual de solo concentrado es la que aumenta más el peso de los cerdos dentro de la etapa de crecimiento. El principal efecto que se produjo

en los cerdos de la dieta A – concentrado y desechos alimenticios vegetales fue la pérdida o poco aumento de peso durante la toma de peso número 2, 5 y 7. Posiblemente esto sucedió debido a las enfermedades intestinales que presentaron los cerdos de esta dieta.

Al comparar los resultados de ambas dietas se obtuvo que el costo total de alimentación de la dieta B fue de Lps. 2670 con un promedio de aumento de peso de 29.03 libras y el costo total de alimentación de la dieta A fue de Lps. 1607.76 con un promedio de aumento de peso de 18.57 libras. Debido a la diferencia del promedio de aumento de peso de 10.26 libras entre ambas dietas se realizó una proyección en la cual se debería de alimentar 14 días más a los cerdos que se alimentaron con la dieta A para alcanzar el promedio de aumento de peso de los cerdos de la dieta B, en la cual se aumentó el costo de la dieta A con un nuevo total de Lps. 2508.11. Por lo que se puede decir que no valdría la pena hacer un cambio de dieta ya que además de tener una diferencia de 14 días más, la diferencia de costos de la dieta A con la dieta B no es la suficiente para poder justificar el cambio.

VI. EVOLUCIÓN/TRABAJO FUTURO

El presente proyecto podría tener otra fase evolutiva complementándola con otras líneas investigativas y herramientas. Para poder continuar experimentando en la dieta de los cerdos e intentar encontrar una dieta que les permita aumentar de peso en el menor tiempo posible se puede complementar lo que se realizó en la presente investigación con investigación de operaciones. La Investigación de operaciones permitiría encontrar la combinación óptima de distintos productos alimenticios para hacer el concentrado que de acuerdo a un modelo de programación lineal maximice el aumento de peso de los cerdos. Al obtener esta combinación nueva del concentrado se complementaría con la línea actual utilizada en la investigación, diseño de experimentos, para comparar los resultados de esta nueva dieta generada por la programación lineal y la dieta actual de concentrado de la granja.

REFERENCIAS

[1] AGI-2015-009.pdf. (s. f.-a). Recuperado 25 de octubre de 2021, de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4543/1/AGI-2015-009.pdf>

[2] García-Contreras, A. C., Ortega, Y. G. D. L., Yagüe, A. P., González, J. A. G., & Artiga, C. G. (2012). Alimentación Práctica Del Cerdo/Feeding Practices for Pigs. Revista Complutense de Ciencias Veterinarias, 6(1), 21-50.

[3] Gutiérrez León, F. A., Guachamin, D., & Portilla, A. (2016). VALORACIÓN NUTRICIONAL DE TRES ALTERNATIVAS ALIMENTICIAS EN EL CRECIMIENTO Y ENGORDE DE CERDOS (*Sus scrofa domestica*) NANEGAL-PICHINCHA. La Granja, 26(2), 155-162. <http://dx.doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.13>

[4] L02-7847.pdf. (s. f.). Recuperado 20 de octubre de 2021, de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L02-7847.PDF>

[5] Chávez, A., & Fabrizio, A. (2002). Evaluación de tres dietas para cerdos en crecimiento. 24.

[6] Te062.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2021, de <https://www.cenam.mx/Memorias/descarga/simposio%202002/doctos/te062.pdf>

[7] Ferré, J., & Rius, F. X. (s. f). INTRODUCCIÓN AL DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS. 12.

[8] Gako, G. (s. f). Diseños fises. Recuperado 25 de octubre de 2021, de https://www.academia.edu/25889846/Dise%C3%B1os_fises

[9] Varillas, C. R. (s. f). Estadística y diseño de experimentos. 282.

[10] RAE. (s. f). Hipótesis | Diccionario de la lengua española (2001). «Diccionario esencial de la lengua española». Recuperado 2 de noviembre de 2021, de <https://www.rae.es/drae2001/hipotesis>

[11] Metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf. (s. f). Recuperado 2 de noviembre de 2021, de <http://observatorio.epcartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

[12] Hernández, I. J. G. (2014). Diseño de experimentos y su aplicación en la industria. Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.29057/ess.v1i1.1340>

[13] Meneses, E. S. (s. f). PRUEBA DE HIPOTESIS PARA LA MEDIA. 38.

[14] Melo, O. O., López, L. A., & Melo, S. E. (2020). Diseño de Experimentos Métodos y Aplicaciones (2.a ed.). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. <https://doi.org/10.36385/FCBOG-4-0>

[15] Durakovic, B. (2017). Design of experiments application, concepts, examples: State of the art. Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN), 5(3). <https://doi.org/10.21533/pen.v5i3.145>

[16] Tnl01b141.pdf. (s. f). Recuperado 25 de octubre de 2021, de <https://repositorio.una.edu.ni/3602/1/tnl01b141.pdf>

[17] Figueroa, A. V. (s. f). VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LA CANAL A PARTIR DEL CRUCE DE DIFERENTES LÍNEAS GENÉTICAS EN UNA GRANJA PORCÍCOLA DEL NORDESTE ANTIOQUEÑO. 47.

[18] INIAP Boletín Divulgativo 139.pdf. (s. f). Recuperado 25 de octubre de 2021, de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1317/1/INIAP%20Bolet%20Divulgativo%20139.pdf>

[19] As542s.pdf. (s. f). Recuperado 25 de octubre de 2021, de <https://www.fao.org/3/as542s/as542s.pdf>

[20] 45-razas_porcinas.pdf. (s. f). Recuperado 25 de octubre de 2021, de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-razas_porcinas/45-razas_porcinas.pdf

[21] Palacios, E. K. Z. (s. f). DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS. 87.

[22] Pineda, J. L. B. (2020). Adaptación del sistema de cama profunda en el desempeño de cerdos de engorde: Revisión de Literatura. 21.

[23] El consumo de carne de cerdo y sus beneficios nutricionales. (s. f). Porcicultura.com. Recuperado 26 de octubre de 2021, de <https://www.porcicultura.com/destacado/El-consumo-de-carne-de-cerdo-y-sus-beneficios-nutricionales>