

Omailez Alejandra Delgado López

Maestría en Estadística

**EVALUACIÓN DE LA VITAMINA B12 EN LA GANANCIA DE PESO DE LECHONES
PARA ENGORDE DEL CRUCE LANDRACE – PIETRAIN EN
FASE DE CRECIMIENTO.**

Universidade Pedagógica de Maputo
Maputo, Agosto 2024

Omailez Alejandra Delgado López

**EVALUACIÓN DE LA VITAMINA B12 EN LA GANANCIA DE PESO DE LECHONES
PARA ENGORDE DEL CRUCE LANDRACE – PIETRAIN EN
FASE DE CRECIMIENTO.**

Disertación sometida a evaluación en el
Curso de Matemática como requisito
para obtención del grado académico
de Maestría en Estadística.

Supervisor: Prof. Doctor Javier Castro Cantalejo

Universidade Pedagógica de Maputo
Maputo, Agosto 2024

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCION.....		pp. 13
CAPITULO		
I	Contextualización.....	15
	Problematización.....	20
	Preguntas de la Investigación Propuesta.....	22
	Objetivos del Proyecto.....	23
	Objetivo General.....	23
	Objetivos Específicos.....	23
	Formulación de Hipótesis.....	24
	Justificación.....	26
II	Antecedentes de la Investigación.....	27
III	Marco Teórico.....	31
	Caracterización de las Razas Porcinas para Engorde.....	31
	Manejo General del Cerdo en Fase de Crecimiento.....	35
	Manejo Alimenticio del Cerdo en Fase de Crecimiento.....	36
	Consumo de alimento.....	37
	Factores que influyen en el consumo de alimento.....	38
	Vitamina B12 y Usos en la Alimentación de los Cerdos.....	38
	Diseño de Experimento con Medidas Repetidas.....	41
	Análisis de Datos en los Diseños de Medidas Repetidas.....	42
	Supuestos Básicos para el Análisis y alternativas ante su incumplimiento.....	42
	Enfoque Univariado.....	43
	Enfoque Multivariado.....	44
	Glosario.....	46
	Variables de la Investigación.....	47
IV	Metodología.....	49
	Tipo de Investigación.....	50
	Diseño de la Investigación.....	52
	Población y Muestra.....	53
	Técnicas e Instrumentos de Recolección de los Datos.....	54
	Medición de variables y procedimientos.....	55
	Instrumento de Recolección de los Datos.....	57
	Procesamiento de los datos.....	58
	Diseño de medidas repetidas para un factor inter sujeto y un factor intra sujeto.....	58
	Contrastes de hipótesis.....	60
	Comparaciones múltiples de media.....	62
	Diferencias entre los niveles del factor T para un mismo nivel del factor A.....	62

	Diferencias entre los niveles del factor A para un mismo nivel del factor T	64
	Validación del modelo.....	65
	Supuesto de normalidad.....	66
	Supuesto de homocedasticidad.....	67
	Supuesto de Independencia.....	67
	Supuesto de circularidad o esfericidad.....	68
	Interpretación de la prueba de Mauchly	68
	Incumplimiento del supuesto de la esfericidad.....	69
	Cronograma de Trabajo.....	71
V	Presentación y Análisis de los Resultados.....	73
	Validación de la hipótesis para el efecto.....	78
	Validación de las hipótesis del modelo.....	88
VI	Conclusiones Estadísticas y de Negocios.....	94
	Referencias.....	97
	Anexo A. Estructura de la Base de Datos.....	105
	Anexo B. Galería de Fotos.....	106

LISTA DE CUADROS

Cuadro:	pp.
1. Características Productivas Landrace.....	33
2. Características de la Carne Landrace.....	34
3. Características Productivas Pietrain.....	34
4. Características de la Carne Pietrain.....	35
5. Operacionalización de las Variable de Investigación.....	48
6. Distribución de los lotes por tratamiento.....	53
7. Cronograma de Trabajo	72
8. Cronograma de Mediciones.....	72
9. Factores Intra Sujetos	73
10. Factores Inter Sujetos.....	74
11. Estadísticos Descriptivos.....	74
12. Contraste del factor inter-sujetos con un nivel de 0,01.....	77
13. Comparación Múltiple (post- hoc) del Factor inter-sujeto (Dosis de Tratamiento con Vitamina B12) con el contraste 0,01.....	78
14. Comparaciones por pares de los niveles del factor inter-sujetos para cada nivel del factor intra-sujetos con el contraste 0,01.....	79
15. Comparaciones por pares de los niveles del factor inter-sujetos para cada nivel del factor intra-sujetos con el contraste 0,05.....	80
16. Comparaciones por pares de los niveles del factor inter-sujetos para cada nivel del factor intra-sujetos con el contraste 0,1.....	81
17. Comparación por pares de media del factor intra-sujeto (pesaje) con el contraste 0,01....	82
18. Comparación por pares de media del factor intra-sujeto (pesaje) con el contraste 0,05....	82
19. Comparación por pares de media del factor intra-sujeto (pesaje) con el contraste 0,1.....	83
20. Estimaciones de los parámetros del modelo con el contraste 0,01	85
21. Estimaciones de los parámetros del modelo con el contraste 0,05	86
22. Estimaciones de los parámetros del modelo con el contraste 0,1	87
23. Test de Mauchly para la matriz de varianza-covarianzas combinada.....	89
24. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error ^a	90
25. Contraste de Normalidad de los Residuos.....	90

LISTA DE GRAFICOS

Grafico	Pp
01 Producción de Cerdo a Nivel Mundial.....	16
02 Media del Pesaje N° 01 para los Tres Niveles de Tratamiento.....	75
03 Media del Pesaje N° 02 para los Tres Niveles de Tratamiento.....	76
04 Media del Pesaje N° 03 para los Tres Niveles de Tratamiento.....	76
05 Media del Pesaje Final para los Tres Niveles de Tratamiento.....	77
06 Gráfico de la interacción <i>Pesaje*dosis de tratamiento</i>	83
07 Gráfico de la interacción <i>dosis de tratamiento *Pesaje</i>	84
08 Residuos estandarizados para Pesaje N° 01.....	91
09 Residuos estandarizados para Pesaje N° 02.....	91
10 Residuos estandarizados para Pesaje N° 03.....	92
11 Residuos estandarizados para Pesaje Final.....	92

LISTA DE TABLAS

Tabla:		pp.
1	Programa de nutrición para cerdos en crecimientos y finalización.....	36
2	Guía de consumo de alimento en base a la edad y el sexo.....	37

Declaración

Declaro que esta disertación es resultado de mi investigación personal y de las orientaciones de mi supervisor. Su contenido es original y todas las fuentes consultadas se citan debidamente en el texto, notas a pie de página y referencias bibliográficas. Declaro además que este trabajo no ha sido presentado en ninguna otra institución para la obtención de ningún título académico.

Maputo, a los de 2024

(Omailez Alejandra Delgado López)

Dedicatoria

A mi madre, Lesbia Josefina López, quien ha sido mi apoyo durante toda mi vida y estudios universitarios. TE AMO MAMA.

A mi abuela, María Isabel López †, quien ha sido mi segunda madre y me ha brindado su apoyo durante mi vida. TE AMO ABUELA.

A mi segunda madre, Iris Infante, por su cariño hacia mi, su apoyo moral y espiritual.

A mis sobrinas adoradas: Fátima, Nazareth, Raulibeth, Isabella, Antonella, Donatella, Yohangela, Railet y Juliana Prado, estrellas que iluminan mi vida.

A mi sobrino consentido: Liam David Moreno Martínez

A mis hermanos; José Antonio, Isabel Teresa, José Rafael, y Carlos Daniel.

A mis tíos, Orlando López † y Francisco Abreu †.

A mis tías: Laura López, Omaira Delgado y Maritza Delgado

Agradecimientos

A Dios Todopoderoso: Luz, Verdad, Camino y Vida Eterna, por recrear mis conocimientos para la humanidad.

A mi tutor, el Profesor Doctor Javier Castro Cantalejo, por sus orientaciones, para la realización de este trabajo.

A mis compañeros y amigos, María Elisa Saraiva, Adia Karina y Alexandrina Alexandre Uache Macamo por su apoyo y disposición a ayudar, que siempre demostraron.

A la Profesora Begoña Vitoriano, por la paciencia y sabiduría transmitida durante estos los años de carrera.

A la Universidad Pedagógica de Maputo ya la Universidad Complutense de Madrid por este posgrado ofrecido al público, al que tuve el honor de asistir.

Quisiera agradecer a los profesores de la Universidad Complutense de Madrid que participaron en la cuarta edición del Máster en Estadística su paciencia y apoyo. Finalmente, mi agradecimiento a todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron a la realización de este estudio.

Resumen

El presente estudio exponer la aplicación del análisis de medidas repetidas, empleando datos como el peso de lechones para engorde provenientes del cruce Landrace x Pietrain; dichos datos fueron recolectados durante cuatro (04) semanas, bajo la aplicación de tres (03) niveles o dosis de Vitamina B12 para el incremento de peso en estos animales. En tal sentido, para el desarrollo del estudio, se efectuó la comprobación de los supuestos básicos de un análisis de varianza inter-sujeto (ANOVA) para medidas repetidas; siendo las observaciones independientes y normalmente con varianzas iguales. Durante el procesamiento de los datos en el estudio; se procedió a realizar la validación de los supuestos establecidos para medidas repetidas. Como es el test de Mauchly, prueba fundamental en el análisis de mediciones repetidas puesto que en el caso de incumplimiento de este supuesto; las pruebas F deben ser ajustadas a través de los grados de libertad según los estadísticos de Huynh-Feldt (1976) o corrección de Greenhouse-Geisser (1959). Así mismo, se validó los supuestos del modelo como es el de normalidad; empleando el test de Shapiro – Will, debido al tamaño de la muestra siendo la misma de 45 animales, es decir menor a 50 observaciones. Otro de los supuestos del modelo a validar fue el de homocedasticidad, utilizando la prueba de Levene para comprobar la homogeneidad de varianzas en grupos de igual tamaño; para este estudio cada grupo fue conformado por 15 animales cada uno. Para el caso, del supuesto de independencia en este estudio se garantiza la aleatoriedad de los datos, puesto que la selección de los cerdos se realizó a través de un sorteo.

El estudio obtuvo como resultado, la evidencia estadística que existen diferencias significativas (p -valor $0.000 < 0,05$) entre los tres niveles del factor inter (Dosis del Tratamiento con Vitamina B12); se determinó que la dosis recomendada para incrementar el peso en lechones para engorde, es de 3,00 ml (p -valor $0,001 < 0,01$) para el contraste 0,01. Con respecto a la prueba de esfericidad de Mauchly; basada en la corrección de Huynh-Feldt (0,79) se manifiesta que no existe diferencias entre las varianzas de las diferencias de algún par de los tratamientos, es importante mencionar que esta hipótesis no fue importante para este estudio; puesto que solo se afecta los factores intra-sujetos. En atención a la validación del modelo resultó que; en el test de homocedasticidad (p -valores 0,274 - 0,276 - 0,340 y 0,226 $> 0,05$) se acepta la hipótesis de varianzas iguales en el error, entre los niveles del factor inter-sujeto. Al respecto, a la normalidad de los residuos se evidencia que son normales (p -valores 0,643; 0,672; 0,427 y 0,367 $> 0,05$); es decir no se rechaza la hipótesis nula para esta prueba. En lo referente; a la independencia de los residuos, esta garantizada; debido a la elección por sorteo de los cerdos en el desarrollo de esta investigación.

Palabras Claves: lechones, diseño de medidas repetidas, vitamina B12, análisis de varianza

Abstract

The present study exposes the application of repeated measures analysis, using data such as the weight of fattening piglets from the Landrace x Pietrain cross; These data were collected for four (04) weeks, under the application of three (03) levels or doses of Vitamin B12 for weight gain in these animals. In this sense, for the development of the study, the basic assumptions of an inter-subject analysis of variance (ANOVA) for repeated measures were verified; the observations being independent and normally with equal variances. During data processing in the study; The assumptions established for repeated measurements were validated. As is the Mauchly test, it is a fundamental test in the analysis of repeated measurements since in the case of non-compliance with this assumption; F tests must be adjusted through the degrees of freedom according to the Huynh-Feldt (1976) statistics or Greenhouse-Geisser (1959) correction. Likewise, the assumptions of the model were validated, such as normality; using the Shapiro – Will test, due to the sample size being 45 animals, that is, less than 50 observations. Another of the assumptions of the model to be validated was that of homoscedasticity, using Levene's test to check the homogeneity of variances in groups of equal size; For this study, each group was made up of 15 animals each. In this case, the assumption of independence in this study guarantees the randomness of the data, since the selection of the pigs was carried out through a lottery.

The study obtained as a result, statistical evidence that there are significant differences (p-value $0.000 < 0.05$) between the three levels of the inter factor (Dose of Treatment with Vitamin B12); It was determined that the recommended dose to increase weight in piglets for fattening is 3.00 ml (p-value $0.001 < 0.01$) for contrast 0.01. Regarding Mauchly's test of sphericity; Based on the Huynh-Feldt correction (0.79), it appears that there are no differences between the variances of the differences of any pair of treatments. It is important to mention that this hypothesis was not important for this study; since only intra-subject factors are affected. In response to the validation of the model, it turned out that; In the homoscedasticity test (p-values $0.274 - 0.276 - 0.340$ and $0.226 > 0.05$), the hypothesis of equal variances in the error between the levels of the inter-subject factor is accepted. In this regard, the normality of the residuals shows that they are normal (p-values $0.643, 0.672, 0.427$ and $0.367 > 0.05$); That is, the null hypothesis for this test is not rejected. Regarding; The independence of waste is guaranteed; due to the selection of pigs by lottery in the development of this research.

Keywords: piglets, repeated measures, vitamin B12, sphericity, analysis of variance

INTRODUCCIÓN

El consumo de proteína animal se ha convertido de suma importancia de la población mundial, debido a la cantidad de nutrientes que aportan al organismo. Razón por la cual a nivel mundial la producción animal, enmarcada en el engorde o ceba se han enfocado en la optimización y usos de razas que permitan mayor rendimiento en canal y reduzcan el tiempo o ciclo, en esta actividad en específico. En tal sentido; una de las especie animal que ha permitido obtener proteína en un corto tiempo y ha logrado mejoras genética, son los cerdos puesto que una de sus ventajas es la prolificidad y los cruces genéticos que han logrado alcanzar progreso a nivel de la producción de carne. Así también, la calidad de la carne de cerdo ha sido unos de los atractivos para el consumo del mismo; sin embargo para lograr niveles de producción en este rubro en particular; se debe realizar una serie de manejos reproductivos, alimenticios y generales. En el caso específico de la alimentación se hace notar que el 70% de los costos lo abarcan los requerimientos alimenticios para alcanzar los rendimientos esperado en la ceba o engorde de cerdo. De tal manera, que se han implementado suplementos alimenticios, como las vitaminas para contribuir al proceso de producción de carne; así pues en el siguiente de proyecto de investigación se determino el uso de la vitamina B12, en la ganancia de peso de lechones para engorde; aplicando las bases de un diseño de experimento para medidas repetidas, además de la técnica de análisis de varianza para el procesamiento de los datos obtenidos en dicho proyecto y de las técnicas multivariantes necesarias para la visualización de los datos.

La estructura del proyecto estuvo conformado por seis capítulos; donde en el capítulo uno, se describe el contexto de la producción de carne de cerdo a nivel mundial y en Venezuela

así también la problematización de la producción porcina; el segundo capítulo se hace referencia a los estudios relacionados con el uso de suplementos alimenticios para el acompañamiento en la ganancia de peso de cerdo para engorde; en el tercer capítulo se abordan los conceptos relacionados con el manejo del cerdo para engorde y los referentes teóricos sobre la experimentación de un factor con niveles de tratamientos para medidas repetidas; el cuarto capítulo se explica los materiales y métodos que se utilizaron en la investigación. Por su parte; el quinto capítulo se hace mención de los resultados obtenidos y por último en el capítulo seis, expone las conclusiones estadísticas y de negocio obtenidas en el estudio.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN

Los sistemas de producción porcina han logrado relevante importancia en muchos de los países del mundo, puesto que aporta una importante fuente de proteína animal. De manera que ha influenciado las mejoras tecnológicas, adaptabilidad a las nuevas tendencias alimenticias y las estructuras por individual de cada unidad de producción porcina; ya sea convencional o tecnificada. Si bien es cierto; que la población mundial ha crecido exponencialmente en diversas regiones del mundo, exigiendo por sí solo el incremento de la producción de proteína tanto vegetal como animal. Por ende los sistemas de producción animal, se han inclinado a los procesos de optimización, tomando en consideración el factor tiempo y la disponibilidad de pocos recursos utilizados en la producción.

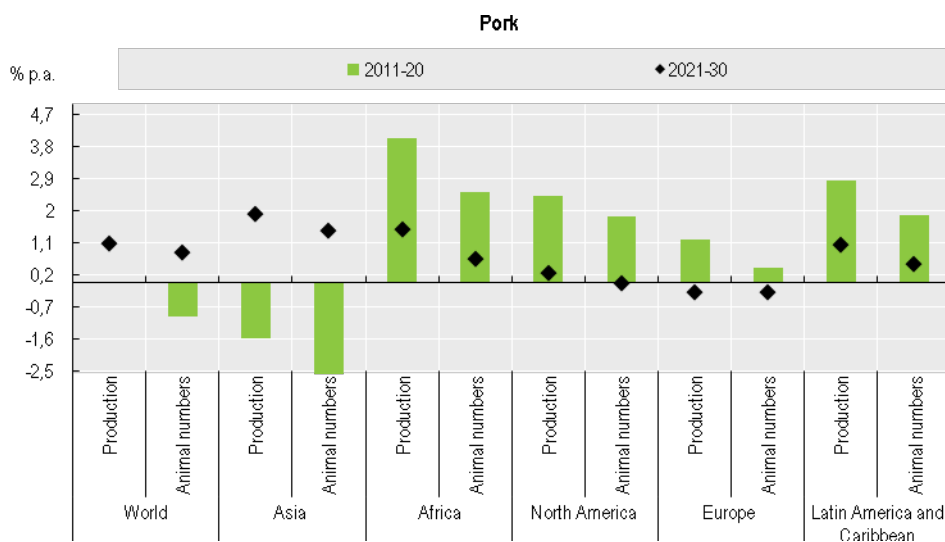
Es importante señalar que, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) y la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) en el Informe Perspectivas Agrícolas 2021 -2030 “la producción mundial de carne de cerdo se pronosticó en 122 millones de toneladas en 2021, un 11,2% más que en 2020, concentrada principalmente en China, con un aumento anticipado de 12 millones de toneladas, lo que representa el 94% de la expansión mundial.” Así mismo explica que después de perder millones de cerdos debido a la peste porcina africana de 2018 a 2020, la alta producción de China refleja principalmente el fuerte aumento en la liquidación de las existencias de cerdos por parte de los ganaderos para minimizar las pérdidas por la caída de los precios internos, mientras que el censo porcino ha aumentado.

En el mencionado informe, se prevé que el consumo mundial de carne de cerdo se incrementará a 127 millones de toneladas durante los próximos 10 años y representará 33% del incremento total del consumo de carne. Se espera que, sobre una base per cápita, este consumo se

incremento ligeramente durante el periodo de las perspectivas, en tanto que en la mayoría de los países desarrollados disminuirá.

Grafico 1.

Producción de Cerdo a Nivel Mundial



Nota: OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030 - © OECD 2021

En el siguiente grafico, se aprecia un decrecimiento del inventario del rebaño porcino a nivel mundial, específicamente en el continente Europeo y Norte América. Sin embargo, se evidencia que en América Latina se espera incremento moderado en términos de producción e inventario del número de animales existentes en las explotaciones porcinas de esta región. Partiendo de esta realidad y de los avances en términos de tecnología de infraestructura, vacunas, alimentos y genética; Álvarez, et.al (2021) indican en que “Brasil, México, Argentina, Chile, Colombia, Perú, Ecuador, Costa Rica, Paraguay y Panamá como los principales países productores de carne de cerdo en Latinoamérica.” Señalan además “ que el país que mostró el mayor crecimiento durante la última década fue Paraguay, con un 262%, seguido de Colombia,

con un 141%, y Argentina, con 135%. En contraste Chile, solo creció un 15,2% para el mismo periodo”.

Este crecimiento en la producción de carne de cerdo, ha sido influenciada por la aparición de enfermedades como la Peste Porcina Africana en el continente Asiático; lo que ha contribuido el auto abastecimiento en Brasil además de permitirle la capacidad de exportar su producción a otros países de la región. Según cifras publicadas por Álvarez, et.al (2021); “Brasil llegó a las 1.021.000 toneladas en el año 2020 debido a la alta demanda de carne de cerdo por parte de Asia, alcanzando un incremento de 89% en este rubro durante la década”.

Estas altas cifras en Brasil, han incidido en la producción porcina de la región, específicamente en Venezuela; iniciando sus operaciones productivas en la década de los años 50 originada por una oleada migratoria provenientes de España, Portugal e Italia primordialmente y de otros países de Europa como Alemania, Polonia, Hungría, Bulgaria entre otros; a consecuencia de la guerra en dicho continente. La migración influyo en la cultura alimenticia de población, puesto que permitió la introducción de los embutidos, elaborados obviamente de la carne de cerdo criollo. Entre la década de los años 50 y 60 se crean industrias especializada en la fabricación de embutidos, como es el caso de la PLUMROSE, quien por políticas de producción y debido al crecimiento poblacional además de incremento en el consumo de este producto, decidió mejorar la genética de los cerdos en el país.

En el inicio de la década de los 60, comenzó la introducción de razas Norteamérica y europea; con el objetivo de mejorar la genética porcinas y por ende lograr mayor rendimiento en canal. Las importaciones de cerdos trajo como consecuencia la llegada de enfermedades no autóctonas en nuestro país como la fiebre aftosa y la peste porcina clásica, conllevando a la incorporación de biológicos en el plan sanitario del rebaño porcino. A partir de este momento se

inicio un despliegue para mejorar la alimentación, instalaciones, fármacos y mano de obra especializada. De manera, en las siguientes décadas comenzaron a introducir políticas por parte del circuito porcino, con la creación del pago por calidad de la carne magra de cerdo, lo cual ha incentivado la producción y la integración industria – productor.

Si bien es cierto, que a finales de la década de los años 90 e inicio del 2000, la producción porcina sufrió un incremento del 100% en el beneficio de animales y del 75 % en la capacidad instalada (instalaciones, mataderos, industria); así también un aumento del consumo per cápita de 03 kilogramos en 1999 a 12 kilogramos per cápita en el 2010, este sector ha sido afectado por los costos de alimento, que representa el 80% de los costos de producción en la cadena productiva. Situación que desde el año 2016, afecto considerablemente la producción puesto que las políticas económicas y el bloqueo impuesto en Venezuela; origino el cierre de muchas explotaciones además de un descenso en el consumo de carne de cerdo a \pm 4 kilogramos/ per cápita/ año en los últimos tres (03) años.

En la actualidad los productores porcinos, han transformado esta situación en una oportunidad, a pesar de que aun en el país seguimos padeciendo la inestabilidad económica en la cadena productiva. Por ende, se han adoptado estrategias alimenticias para optimizar los pocos recursos disponibles para el desenvolvimiento de las explotaciones porcinas. Por razones económicas, es de suma importancia que el productor de cerdos para mercado logre en un tiempo máximo de 170 días, cerdos de 90 a 105 kilogramos de peso vivo, si cuenta con líneas genéticas magras, este tiempo se debe reducir de 10 a 20 días; que la ganancia promedio diaria de peso sea mayor a 600 gramos desde el nacimiento hasta el mercado, y la conversión alimenticia no sea mayor a 3 (Campabadal, 2009).

Generalmente en Venezuela, las granjas de pequeña escala o de tipo convencional son dependientes del alimento comercial, lo que representa un incremento en los costos de producción. En tal sentido, muchos productores han insertados en los planes alimenticios para cerdos de engordes; el uso de suplementos vitamínicos en las distintas fases a desarrollar en el animal, con el fin de contribuir a la ganancia de peso diaria en términos de menor tiempo y menos stress en el animal. De manera que este proyecto pretenderá evaluar que el uso de vitamina B12 en la ganancia de peso de lechones para engorde del cruce Landrace – Pietrain en fase de crecimiento, para tratar de evidenciar que dosis es la más efectiva para lograr una conversión alimenticia más eficiente, durante el proceso de engorde o ceba, aplicando un diseño de experimento con medidas repetidas.

PROBLEMATIZACIÓN

La porcicultura en Venezuela en los últimos tres años ha padecido grandes transformaciones, convirtiéndose en una actividad económica lucrativa, por tanto hay que velar por la eficiencia productiva, de este sector. No es un secreto que este sistema de producción de carne, depende de dos aspectos importante como lo es la genética y la alimentación. La incorporación de animales de alta genética productiva en cruces con fines de producción de carnes, exigen una alimentación formulada con ingredientes o materias primas de alta calidad.

De acuerdo con Rostagno (2011); “los principales ingredientes que componen las dietas para cerdos son el maíz como fuente energética mayoritaria, los subproductos de la extracción de aceite de soja (harina, expeller y pellets) como fuente proteica y aceites vegetales (aceite de soja) como concentrados energéticos en dietas que así lo requieran”. Este mismo autor señala que “la inclusión en las dietas tanto de engordes como de reproductoras, permite alcanzar niveles energéticos deseables en situaciones particulares, como por ejemplo: Animales con bajo consumo debido a condiciones ambientales, cuando se quiere reducir la conversión alimenticia y hembras lactantes de alta producción láctea y bajo consumo.

De tal manera que el manejo alimenticio, es trascendental en cada fase del engorde y la reproducción. En cada fase el alimento debe contener los requerimientos de proteína, energéticos y grasas que precisa el animal, lograr un desarrollo de la canal. En el caso de la fase de crecimiento, un cerdo de alto potencial genético se le debe proporcionar en su ración diaria un 16,82% de proteína, 3230 kcal/kg de energía metabolizable, 0,631% calcio, 0,524% de fosforo total, 0,332 % de fosforo disponible, 0,180% de sodio, 0,895% lisina, 0,269% metionina, 0,537% metionina + cistina, 0,161% triptófano, 0,582% treonina, 0,367% arginina y 0,618% valina (aminoácidos esenciales), según Rostagno (2011).

Por otra parte, el uso de sistemas convencionales de alimentación con concentrados a base de granos, maíz y sorgo principalmente como fuente de energía y harina de soya, harina de pescado o harina de carne y hueso como fuente de proteína; junto con el uso de vitaminas, minerales y aditivos se ha difundido en el mundo y se ha recomendado como una de las mejores formas de producción de cerdos (Acosta *et al.*, 2006; Campabadal, 2009). Debido a que el mayor porcentaje (70 a 80%) de los costos de producción de cerdos recaen en la alimentación, es necesario que los productores lleven un buen control de las variables productivas y evaluación del alimento; viendo la alternativa de alimentar a los animales con alimento comercial o bien elaborando su propia dieta con asesoría de nutriólogos (Durán *et al.*, 2007).

Es imperativo destacar que Grepe, (2001); Roldán y Durán, (2006); consideran al cerdo, posee un gran poder digestivo y de asimilación, por lo que de acuerdo con el alimento suministrado, será su capacidad de aumento de peso y conversión alimenticia. Por su parte, Guzmán (2007:13) “el ganado porcino tiene características muy peculiares que hacen atractiva la actividad para su explotación, entre estos el corto período desde su gestación hasta la fase de engorde para el consumo humano y su alta proliferación”.

En la producción de cerdos se persigue conseguir un buen estado sanitario, además de un buen rendimiento en carne para obtener resultados económicos rentables. De manera que existe una conjugación directa entre el funcionamiento del tracto intestinal y la tasa de crecimiento, índice de conversión y las diferentes enfermedades que afectan a esta especie. En atención a lo planteado por los autores citados, se evidencia la importancia de suministrar una dieta con cada uno de los elementos nutricionales, haciendo énfasis en los porcentajes (%) de proteína, energía metabolizable y la lisina como aminoácido esencial en la fase de crecimiento del cerdo.

Desatancando que esta especie presenta una característica ventajosa como la alta asimilación alimenticia durante el ciclo de engorde que oscila entre 4 a 5 meses.

Esta característica, nos permite probar otros nutrientes como las vitaminas en sus etapas de vida; vinculadas con la producción de carne o proteína animal. Siendo esta de suma importancia en la dieta del rebaño en producción. En tal sentido, se pretende explicar los efectos de la vitamina B12 (Complejo B) suministrado como suplemento alimenticio; a manera de evaluar tres (03) dosis de Vitamina B12 en la ganancia de peso en lechones para engorde en fase de crecimiento. A través de un diseño de experimento completamente al azar de medidas repetidas en una muestra extraída de una población de 300 cerdos; del cruce genético Landrace x Pietrain; las dosis propuestas para el desarrollo de este experimento son 2 cc/animal, 2,5 cc/animal y 3 cc/animal, que serán aplicadas una vez a la semana, luego del pesaje semanal de cada lechón, para evidenciar la contribución de la vitamina en la ganancia de peso en el rebaño de engorde.

PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN PROPUESTA

Basado en lo anterior expuesto, para esta investigación se plantean las siguientes interrogantes: ¿Cuáles serán los efectos en la ganancia de peso a lo largo de tiempo, con la aplicación de tres dosis de vitamina B12 en la fase de crecimiento de los cerdos, del cruce Landrace – Pietrain? ¿Existen diferencias entre las medias de los tratamientos con vitamina B12? ¿El modelo planteado será el adecuado, para demostrar la dosis efectiva para el proceso de engorde en cerdos?

OBJETIVOS DEL PROYECTO

General

Evaluar los efectos de la Vitamina B12 en la ganancia de peso de lechones para engorde del cruce Landrace – Pietrain en fase de crecimiento, en la Unidad de Producción Puerto Miranda – Estado Guárico.

Específicos

Estimar los efectos de los tratamientos, en la ganancia de peso de lechones para engorde del cruce Landrace – Pietrain en fase de crecimiento.

Establecer diferencias entre los tratamientos mediante un diseño de experimento de medidas repetidas.

Comprobar la validación del modelo en estudio, para demostrar la dosis más efectiva para el proceso de engorde en cerdos.

FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

En atención a proporcionar una respuesta al estudio planteado se formulan las siguientes hipótesis:

Para el efecto;

H0: No existen diferencia entre las media de los tres tratamientos en la ganancia de peso de los cerdos en fase de crecimiento.

H1: Existen diferencia en alguna de las tres media de los tratamientos en la ganancia de peso de los cerdos en fase de crecimiento.

Para comparar la media entre tratamiento I y II;

H0: La media de tratamiento I (3cc/animal) es igual a la media del tratamiento II (2,5cc/animal)

H1: La media de tratamiento I (3cc/animal) es diferente a la media del tratamiento II (2,5cc/animal)

Para comparar la media entre tratamiento I y III;

H0: La media de tratamiento I (3cc/animal) es igual a la media del tratamiento III (2cc/animal).

H1: La media de tratamiento I (3cc/animal) es diferente a la media del tratamiento III (2cc/animal).

Para comparar la media entre tratamiento II y III

H0: La media de tratamiento II (2,5cc/animal) es igual a la media del tratamiento III (2cc/animal).

H1: La media de tratamiento II (2,5cc/animal) es diferente a la media del tratamiento III (2cc/animal).

Para validar el modelo;

Normalidad

H0: Los residuos del modelo son normales

H1: Los residuos del modelo no son normales

Homocedasticidad

H0: Los residuos del modelo son homocedásticos

H1: Los residuos del modelo no son homocedásticos

Independencia

H0: Existe independencia en los residuos del modelo (aleatoriedad).

H1: No existe independencia en los residuos del modelo (aleatoriedad).

Circularidad o esfericidad

H0: No existe diferencia entre las varianzas de las diferencias de algún par de los tratamientos cualesquiera.

H1: Existe diferencia entre las varianzas de las diferencias de algún par de los tratamientos cualesquiera.

JUSTIFICACIÓN

En el ámbito académico; el propósito del estudio es realizar un diseño completamente al azar equilibrado de un factor con tres niveles anclado al análisis de varianza de medidas repetidas que será aplicado a una base de datos construida por las variables independientes: aplicación de vitamina B12, fase de crecimiento, peso inicial, edad, sexo, cruce racial, ración diaria y temperatura media ambiente con la finalidad de evaluar la variable dependiente: Ganancia de Peso (Kilogramos) en una muestra de lechones de engorde del cruce Landrace – Pietrain, de manera de demostrar el uso de las técnicas de análisis y programas estadísticos para el proceso de los datos que serán recolectados, permitiendo comprobar el modelo lineal que se aplicara en el estudio.

En lo económico, se pretende explicar los beneficios de la vitamina B12 como suplemento alimenticio en la fase de crecimiento de cerdo para engorde del cruce Landrace – Pietrain; como alternativa en el manejo alimenticio del rebaño porcino.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del estudio planteado se citaran como antecedentes de investigación, una serie de revistas científicas que hacen referencia parcialmente al tema objeto de estudio, entre los cuales se destacan las siguientes:

En el estudio titulado “Efecto de la suplementación con vitaminas sobre el crecimiento y las características de la canal de los cerdos” realizado por Cho et. al. (2017); tuvo como objetivos en su investigación; 1) determinar si el aumento del nivel de suplementación de una premezcla vitamínica (VP) de rutina que contiene 11 vitaminas afecta el rendimiento del crecimiento y las características de la canal en cerdos entre destete y acabado y 2) determinar si el aumento del nivel en dieta de un subconjunto específico de 5 vitaminas B (niacina, riboflavina, folacina, ácido pantoténico y vitamina B12) afecta el rendimiento del crecimiento y las características de la canal entre transición y acabado.

La investigación fue de tipo experimental en el cual se realizaron tres experimentos con un total de 405 cerdos cruzados. En el experimento 1 usó 125 cerdos destetados con un peso corporal inicial de $7,5 \pm 0,2$ kg. Los tratamientos dietéticos fueron dieta base con niveles crecientes de premezcla vitamínica (VP) (0,00%, 0,05%, 0,10%, 0,25% y 0,50%, respectivamente). Los cerdos fueron alimentados con las dietas experimentales durante 28 días en una sola fase. Se observó que la ganancia media diaria (GMD) y la ingesta media diaria (IMD) aumentaron linealmente ($P < 0,005$) al aumentar los niveles de VP en la dieta durante los días 14 a 21, 21 a 28 y durante todo el periodo experimental de 28 días. El experimento 2 utilizó 100 cerdos cruzados con un peso corporal inicial de $49,4 \pm 1,0$ kg. Los tratamientos dietéticos

fueron dieta base con un nivel de VP de 0,05%, 0,10% y 0,15% adicional. Las dietas experimentales se utilizaron durante 67 días en una sola fase. Se observó que los niveles crecientes de VP no afectaban el rendimiento del crecimiento o las características de la canal en cerdos entre crecimiento y engorde. El experimento 3 se diseñó para evaluar los efectos del aumento de la suplementación dietética de 5 vitaminas B (niacina, riboflavina, folacina, ácido pantoténico y vitamina B12) en el rendimiento del crecimiento y las características de la canal en cerdos entre transición y acabado. Un total de 180 lechones destetados recibieron una dieta común sin suplementación de vitaminas B hasta que alcanzaron un peso corporal medio de 10 kg. Luego, 155 cerdos fueron asignados a una dieta experimental en 3 fases correspondientes a los 10 a 20 kg, 20 a 50 kg y 50 a 105 kg de peso corporal, respectivamente. Las cinco (05) vitaminas B se proporcionaron para ser equivalentes al 70%, 170%, 270%, 470% y 870% de las necesidades estimadas de la NRC.

En cuanto a los resultados demostraron que la GMD global y la relación ganancia de peso/ consumo de pienso aumentaron cuadráticamente ($P < 0,05$), mientras que la IMD en general tendió a aumentar linealmente ($P = 0,10$) a medida que aumentaban los niveles de vitaminas B en la dieta. La profundidad del lomo, el área del lomo y la ganancia de magro mejoraron al aumentar los niveles de vitamina B (cuadrática, $P < 0,05$).

En el 2019, Quisirumbay en su trabajo sobre “Vitamina D, Calcio Total y Fósforo Digestible en la Nutrición Porcina: Recomendaciones Nutricionales”, desarrollo una investigación de documental descriptiva cuya finalidad fue “presentar de manera resumida las recomendaciones nutricionales de vitamina D, calcio y fósforo proporcionando un contenido valioso para el nutricionista dedicado a la alimentación y formulación de dietas para cerdos”. Como conclusión del estudio se determinó que existen muchas guías nutricionales y variaciones

en el uso de la vitamina D, calcio total y fosforo digestible en las distintas etapas del porcino; de manera que el especialista en el área debe considerar cual es la más adaptada de acuerdo a los objetivos productivos de la granja (maternidad o engorde).

Para Romo - Valdez, et.al (2019) quienes realizaron una investigación referente a “Suplementación con zinc orgánico y rendimiento productivo de cerdos en ambiente caluroso”; empleando un diseño de experimento de bloques completos al azar se usaron 96 cerdos de 84 días de edad ($33.8 \pm DE 0.96$ kg de p.v.), donde se establecieron cuatro (04) tratamientos descritos de la siguiente manera: 1) Testigo ($n = 24$), dieta de desarrollo basada en maíz/soya; 2) Testigo más 120 ppm de Zn/kg de MS; 3) Testigo más 240 ppm de Zn/kg de MS, y 4) Testigo más 360 ppm de Zn orgánico/kg de MS. El zinc se proporcionó como metionina de zinc (ZnMet). El corral fue la unidad experimental. Los cerdos se pesaron los días 1 y 42; el consumo de alimento, la temperatura del aire y la humedad relativa (HR) se registraron diariamente. Los resultados obtenidos se analizaron mediante ANDEVA ($p < 0.05$) y la influencia del nivel de Zn en la respuesta productiva se exploró mediante polinomios ortogonales. En cuanto a los resultados obtenidos indican que el consumo de dietas suplementadas con Zn mejora la conversión alimenticia de los cerdos durante la etapa de desarrollo, bajo condiciones de ambiente cálido.

Otro estudio realizado por Deng et.al (2021) titulado “Efecto del nivel de hierro en la dieta sobre el crecimiento, estado hematológico y función intestinal en cerdos de engorde” cuyo objetivo fue investigar los efectos de la suplementación con diferentes niveles de Fe sobre el estado de Fe, el rendimiento del crecimiento, el desarrollo intestinal y la función inmunológica, así como la digestibilidad de los nutrientes en cerdos de engorde.

Este estudio se realizó bajo una investigación experimental; para ello se considero 1.200 cerdos ([Large White × Landrace] × Duroc) con un peso promedio inicial ($27,74 \pm 0,28$ kg) se alojaron en 40 corrales con 30 cerdos por corral y se alimentaron con 5 dietas diferentes, bloqueadas por peso y género (ocho corrales por dieta). Las cinco dietas experimentales fueron la dieta de control (dieta basal sin suplementos de FeSO_4) y las dietas de FeSO_4 que consistieron en la dieta basal suplementada con 150, 300, 450 o 600 mg/kg de Fe. Este experimento tuvo una duración de 100 días y se dividió en la primera fase del engorde (de 27 a 60 kg de peso) durante los primeros 50 días y la segunda fase del engorde (de 61 a 100 kg de peso) durante los últimos 50 días. La dieta basal se formuló con una premezcla de oligoelementos sin Fe que contenía 203,36 mg/kg de Fe dietético total en la primera fase del engorde y 216,71 mg/kg en la segunda fase del engorde en base a las aportaciones de los ingredientes. Al final del estudio, se seleccionaron al azar ocho cerdos (cuatro machos castrados y cuatro nulíparas) de cada tratamiento (un animal por corral) para la recogida de contenido digestivo, sangre y muestras intestinales.

Los resultados mostraron que el consumo medio diario de pienso, la ganancia media diaria y el peso corporal aumentaron linealmente en la segunda fase del engorde en los cerdos alimentados con dietas suplementadas con Fe. Por otro lado, la suplementación con diferentes niveles de Fe en la dieta aumentó significativamente las concentraciones de saturación de transferrina y hierro sérico, el número de células caliciformes de las vellosidades duodenales y la expresión de ARNm de MUC4. La digestibilidad ileal aparente de los aminoácidos en los cerdos suplementados con 450 y 600 mg/kg de Fe fue mayor que en los cerdos del grupo de control.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

El siguiente capítulo discutirá el contexto teórico referido al manejo del cerdo para engorde, su manejo alimenticio y referente de las técnicas empleadas para el proceso de los datos relacionado con el estudio planteado.

Caracterización de las Razas Porcinas para Engorde

El Cerdo.

Es un mamífero y subespecie proveniente de la familia Suidae. Su nombre científico es *Sus scrofa domestica*, ya que es una variedad domesticada de la especie *Sus scrofa* (jabalí o cerdo salvaje) (Gtush, s/f).

Por su parte en la página web animapedia.org (2021); describe que el cerdo (*Sus Scrofa Scrofa*) es un animal mamífero. Se cree que fue domesticado en el año 9.000 A.C; a partir del jabalí que se encontraba en los bosques de Asia y Europa.

Origen y Características del Cerdo

Su origen se atribuye a dos especies de suidos salvajes, una de Europa y otra de Asia; mientras que en el continente americano fue introducido por Cristóbal Colón (Gtush, s/f).

Esta especie se caracteriza porque tienen el cuerpo cilíndrico y pesado, cortas patas con pezuñas y cuatro dedos, hocico largo y flexible, con dientes afilados propios para comer hierbas, un rabo rizado, una piel gruesa y sensible cubierta por un pelo grueso denominado cerdas (Gtush, s/f) .

Debe señalarse que no poseen glándulas sudoríparas y por eso su necesidad de revolcarse en los charcos con la finalidad de obtener frescura; poseen un olfato muy desarrollado; son sumamente curiosos e inteligentes. Así también, son territoriales y dominantes. Suelen alcanzar

un peso de entre 100 y 400 kilogramos y una longitud de 2 metros; su esperanza de vida oscila entre 10 a 15 años en libertad mientras que en confinamiento pueden llegar desde 1 hasta 6 años de vida (Gtush, s/f).

En relación a su madurez sexual; alcanzan la madurez en diferentes períodos según el género y la especie En caso de la hembra aproximadamente entre de 5 a 7 meses y los machos de 6 a 9 meses. Para la reproducción, es vivíparo lo que significa que el embrión se desarrolla dentro del vientre de la hembra (Gtush, s/f). Es importante resalta que su domesticación; se logró domesticar hace más de 10.000 años en el oriente próximo y China en procesos paralelos (Gtush, s/f).

Desde la perspectiva de la animapedia.org (2021); el cerdo se caracteriza porque posee una cabeza grande con un hocico alargado que está reforzando por un hueso especial llamado prenasal y por un disco de cartílago en la punta. Utiliza su hocico para localizar y escarbar alimentos, ya que es muy agudo. Poseen 44 dientes; indicando que los traseros están adaptados para aplastar los alimentos.

Son ungulados de dedos pares, puesto que tiene dos pezuñas cuyo peso es repartido uniformemente en ambos dedos. Presentan ojos pequeños y una cola pequeña que puede tener varias formas: rizada, retorcida o recta. Su cuerpo es grueso, sus piernas cortas y su cabello grueso (animapedia.org. 2021)

Razas Porcinas para Engorde

Ahora bien, existen un grupo de razas y cruces de cerdos destinadas a la producción de carne, siendo aquellas que presentan las siguientes características descrita en el universoporcino.com:

- Alta ganancia de peso.
- Buena conformación (jamón y lomo bien desarrollado).
- Alta eficiencia de conversión de alimento.
- Mala habilidad materna

Entre las razas más utilizadas tenemos:

Landrace

Raza porcina muy versátil, ya que se utiliza como línea pura, materna o paterna. Sus índices productivos son muy parecidos a la Yorkshire, aunque tiene un mayor rendimiento de la canal y también una mayor longitud de la misma. Esta raza es de origen europeo. Presenta una coloración blanca con orejas del mismo color, dirigidas en su totalidad hacia delante. Son los más largos de todas las razas. Muy prolíferos, con un promedio de 12 lechones con muy buen peso al nacer. Su forma de cría más adecuada es la intensiva (op.cit).

Presenta unos valores algo inferiores en los parámetros reproductivos, y una mayor tendencia a presentar PSE. Esta raza está reconocida como de tipo magro, ya que presenta unos bajos valores de engrasamiento. Es, probablemente, junto con la Yorkshire (pig) la raza más utilizada (op.cit).

CUADRO 1.

Características Productivas Landrace

Ganancia media diaria 20-90 Kg. (g/día)	695
Índice de conversión 20-90 Kg. (kg/Kg)	3,1
Lechones vivos/parto	10-10,5 lechones
Lechones destetados/parto	8,5-10

Nota: www.universoporcino.com.

CUADRO 2.

Características de la Carne Landrace

Rendimiento de la canal a los 90 Kg. sin cabeza (%)	74,5
Longitud de la canal (cm).	101
% piezas nobles	62
% estimado de magro en la canal	53

Nota: www.universoporcino.com.

Pietrain

Raza porcina seleccionada, sobre todo por la calidad de su canal, junto con Hampshire y Landrace (pig). Es overo-negra de origen belga, con orejas de tipo asiática. Por su abundante musculatura y poca grasa es una de las razas empleadas para producir líneas de madres destinadas a elaboración de cerdos híbridos. Se utiliza para mejorar la calidad de la carne en cruces simples o a tres vías. Y, casi siempre, como es lógico, se utilizan los machos, y rara vez las hembras (op.cit).

Presenta una velocidad de crecimiento, índices de conversión y reproducción bajos; sin embargo, brinda el mayor porcentaje de piezas nobles, aunque posee mucha grasa intramuscular, lo que con frecuencia esta mal valorado. También es la raza que presenta en mayores ocasiones PSE (op.cit).

CUADRO 3.

Características Productivas Pietrain

Ganancia media diaria 20-90 Kg. (g/día)	575
Índice de conversión 20-90 Kg. (kg/Kg)	3
Lechones vivos/parto	9-9,5 lechones
Lechones destetados/parto	7-8

Nota: www.universoporcino.com.

CUADRO 4.

Características de la Carne Pietrain

Rendimiento de la canal a los 90 Kg. sin cabeza (%)	77
Longitud de la canal (cm).	92
% piezas nobles	68
% estimado de magro en la canal	60

Nota: www.universoporcino.com.***Manejo General del Cerdo en Fase de Crecimiento***

De acuerdo con German, et.al (2005); el manejo en cerdo para engorde se realiza en confinamiento, clasificando los animales por edad y peso para que exista homogeneidad en cada lote, así también el número de animales en corral, a fin de minimizar fallas en la distribución de alimento.

Luego del destete, (pasado 21 días) los cerdos reciben poco alimento; después se incrementa gradualmente la cantidad hasta llegar a la ración normal, se debe considerar la disponibilidad de agua limpia y acceso en todo momento (Germán, et. al, 2005).

Manejo Alimenticio del Cerdo en Fase de Crecimiento

Siendo que la alimentación en la fase de crecimiento representa el 70%, de acuerdo con lo expresado por Paulino (2016); quien explica que “debemos realizar una nutrición de precisión fraccionando los requerimientos nutricionales en tres o más etapas o fases importantes: Crecimiento, desarrollo y finalización”. Así mismo señala que “Debemos formular dietas bien equilibradas que contengan los nutrientes necesarios y en las cantidades correctas, considerando cada etapa fisiológica, peso, edad, sexo, el potencial genético, estado de salud y la temperatura del medioambiente”.

El autor puntualiza que las dietas deben ser diseñadas utilizando el concepto de proteína ideal “Sin déficit ni exceso” de aminoácidos utilizando los datos aportados por los laboratorios

bromatológicos de aminoácidos digestibles ileal estandarizados y que garanticen: la inocuidad, trazabilidad, bienestar animal y que sean amigable con el medioambiente con la menor excreción de nitrógenos y fósforos.

Del mismo modo reitera que los aminoácidos deben aplicarse mediante la proporción correcta, basado en el concepto de proteína ideal. Dado que la lisina es el primer aminoácido limitante para el crecimiento, el requisito para cada aminoácido esencial se expresa en relación a la lisina. Proteína ideal es la expresión del perfil correcto de aminoácidos esenciales presente en la dieta. Un equilibrio inadecuado o cantidad de aminoácidos es una limitante para la deposición de proteínas y tasa de crecimiento.

TABLA 1.

Programa de nutrición para cerdos en crecimientos y finalización

NUTRIENTES	20	PESO KG				
		30	40	50	60	70
Requerida TID lisina:calcio razón	3.30	3.07	2.86	2.67	2.50	2.34
Requerida TID lisina, % (Dieta soya-Maiz sin grasa)	1.10	1.03	0.96	0.89	0.84	0.78
Requerida lisina Total, % (Dieta soya-maiz sin grasa)	1.25	1.17	1.09	1.02	0.95	0.90
Mínima razón de aminoácidos						
TID Isoleucina:lisina, %	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
TID Metionina:lisina, %	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
TID Metionina+cistina: lisina, %	57.00	56.00	56.00	55.00	55.00	56.00
TID Treonina: lisina, %	61.00	61.00	60.00	60.00	60.00	60.00
TID Triptofano: lisina, %	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50
TID Valina: lisina, %	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00
Niveles mínimos de fósforo disponible						
Fósforos Disponibles: EM razón g/Mcal (Terminal)	0.90	0.85	0.80	0.76	0.72	0.69
Fósforos Disponibles: EM razón g/Mcal (Reemplazos)	1.16	1.15	1.10	1.06	1.02	0.99
Fósforo Disponible, % (Dieta soya-maíz terminal)	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24	0.23
Fósforo Disponible, % (Dieta soya-maíz reemplazos)	0.38	0.38	0.37	0.35	0.34	0.33
Razón Calcio: Fósforo total	1.0 - 1.25					

Nota: Mike Tokach Kansas State University, (2006)

Consumo de alimento

El consumo voluntario en los cerdos es regulado por varios factores. Estos factores directamente afectan la ingesta de alimento y pueden aumentar o disminuir la ingesta total

(Paulino, 2016). Es esencial controlar los factores que afectan el consumo de alimento para asegurar una alimentación adecuada del animal y que la ingesta no se restrinja. El consumo de alimento es el factor más significativo que hará determinar si los cerdos en crecimiento alcanzan un rendimiento óptimo (Paulino, 2016). Por su parte; Águila (2010) recomienda que la ración diaria de alimento en la fase de crecimiento debe oscilar entre 1,5 a 1,6 kilogramos/día durante las 4 semana de la fase.

Factores que influyen en el consumo de alimento

Estos factores a considerar se desglosan de la siguiente manera, de acuerdo con Paulino (2016):

Factores fisiológicos: género (sexo) y genotipo

Factores ambientales: Espacio (corrales), diseño del comedero y el espacio, la ingesta de agua y la calidad, condiciones de la granja - la calidad del aire, la humedad, el saneamiento y enfermedades

Factores nutricionales: Forma del alimento (pellets vs harina), calidad de pellet, la densidad de nutrientes, densidad de energía, el uso de antibióticos u otros aditivos como estimulantes de crecimiento y micotoxinas (pueden provocar rechazo del alimento).

Tabla 2.

GUÍA DE CONSUMO DE ALIMENTO EN BASE A LA EDAD Y EL SEXO.

EDAD SEMANAS	MIXTO		CASTRADO		HEMBRA	
	PESO VIVO (kg)	CONSUMO DIARIO (kg)	PESO VIVO (kg)	CONSUMO DIARIO (kg)	PESO VIVO (kg)	CONSUMO DIARIO (kg)
10	27.9	1.34	28.0	1.39	27.8	1.29
11	33.2	1.47	33.5	1.54	32.9	1.40
12	38.8	1.59	39.4	1.68	38.2	1.50
13	44.7	1.71	45.5	1.82	43.8	1.60
14	50.8	1.83	52.0	1.96	49.6	1.70
15	57.1	1.95	58.7	2.10	55.5	1.80
16	63.5	2.06	65.5	2.22	61.5	1.89
17	70.1	2.16	72.4	2.35	67.7	1.98
18	76.7	2.26	79.5	2.46	73.9	2.06
19	83.3	2.35	86.5	2.56	80.1	2.13
20	89.9	2.42	93.4	2.65	86.3	2.20
21	96.4	2.49	100.3	2.72	92.5	2.26
22	102.7	2.54	106.9	2.77	98.5	2.31
23	108.9	2.57	113.4	2.79	104.5	2.34
24	114.9	2.58	119.6	2.79	110.3	2.36
25	120.7	2.56	125.4	2.75	115.9	2.37
26	126.8	2.51	130.8	2.68	121.3	2.36
27	131.9	2.43	135.9	2.57	126.5	2.33

Nota: Genetiporc, (2011)

Vitamina B12 y Usos en la Alimentación de los Cerdos

Las vitaminas son micronutrientes orgánicos, sin valor energético, necesarias para el hombre y los animales en muy pequeñas cantidades y que deben ser aportadas por la dieta, por la alimentación, para mantener la salud (Carbajal, 2013).

Vitamina B12

Es un nutriente que ayuda a mantener la salud de las neuronas y la sangre. Además, contribuye a la formación del ácido desoxirribonucleico (ADN), el material genético presente en todas las células (National Institute of Health, 2021).

Por su parte Valenti (2004) expone que; se trata de la vitamina más potente y de menor concentración necesaria para satisfacer las necesidades diarias. Es sintetizada por microorganismos y su presencia en los alimentos tiene un origen microbiano, no estando presente en productos de origen vegetal.

Funciones de la Vitamina B12

Contribuye en la síntesis de glóbulos rojos, mantenimiento de la integridad del sistema nervioso, metabolismo de grasas e hidratos de carbono y síntesis de proteínas (Valentini, 2004).

DISEÑO DE EXPERIMENTO CON MEDIDAS REPETIDAS

Para el desarrollo de estudios experimentales destinados a medir una variable de respuesta; en la misma unidad experimental a lo largo del tiempo, se emplea el método de medidas repetidas el cual se describe de la siguiente manera:

Características Generales del Diseño de Medidas Repetidas

Los diseños de medidas repetidas, de acuerdo a lo planteado por Balluerka y Vergara (2002) son conocidos también como diseños intrasujeto y diseños de medida múltiple, se

caracterizan por el registro de diversas medidas de la variable dependiente en un mismo grupo de sujetos. De este modo, las comparaciones entre las respuestas de los sujetos, ante los distintos tratamientos, se llevan a cabo dentro de un único grupo de sujetos (comparaciones intrasujeto), no estableciéndose comparaciones entre diferentes grupos de sujetos (comparaciones intersujetos o intergrupos).

El diseño intrasujeto radica en la posibilidad que brinda al registrar un conjunto de puntuaciones o medidas de una variable, en dos o más puntos en el tiempo. Así, dado que desde una perspectiva longitudinal las respuestas de cada uno de los sujetos son función del tiempo, el diseño de medidas repetidas constituye un instrumento muy útil para la modelización de las curvas de crecimiento, en especies animales y vegetales; además de otras áreas de estudio. (Balluerka y Vergara, 2002).

Por su parte, Gómez et al (2012) manifiestan que “Existen varios métodos estadísticos para analizar datos de medidas repetidas, que van desde lo más básico hasta lo más complejo”. (p.1). Así también Littell et al (1998); indican que “estos métodos incluyen el análisis de varianza univariado, multivariado y el análisis mediante modelos mixtos”. (p.1)

Ventajas de la Experimentación con Medidas Repetidas

De acuerdo con Balluerka y Vergara (2002), el diseño con medidas repetidas ofrece ciertas ventajas como son:

- a) constituyen instrumentos excelentes para reducir la varianza de error y minimizar la varianza sistemática secundaria. Dado que, en la estrategia intrasujeto el propio sujeto se convierte en criterio de bloqueo o de control, se extrae de la variabilidad del error una de sus principales fuentes, a saber, la varianza procedente de las diferencias individuales. De esta manera, el diseño intrasujeto consigue mayor precisión que cualquier otro tipo de

diseño en la estimación de los efectos experimentales. De acuerdo con esta cualidad, diversos autores afirman que los diseños de medidas repetidas, poseen mayor potencia estadística que los diseños completamente aleatorios.

- b) Una segunda ventaja que tiene gran importancia, radica en la menor cantidad de sujetos que se requieren para llevar a cabo el estudio con respecto a las investigaciones en las que se utilizan diseños de grupos totalmente al azar.

Análisis de Datos en los Diseño de Medidas Repetidas

Se considera que en el diseño de medidas repetidas es que cada sujeto actúa como su propio control, por lo que se reducen al mínimo los efectos por diferencias individuales. De tal modo que, el diseño de medidas repetidas es mucho más eficiente. En todo caso, tal eficiencia no está exenta de problemas.

Supuestos Básicos para el Análisis y Alternativas ante su incumplimiento

Aspectos del Diseño

El modelo analítico utilizado habitualmente para llevar a cabo la prueba de hipótesis con este tipo de diseños se conoce como análisis de la varianza mixto (Lohr,1999). Si consideramos el formato más simple del diseño de medidas repetidas, el modelo matemático no aditivo que subyace al análisis de la varianza, bajo el supuesto de la hipótesis alternativa responde a la siguiente expresión:

$$y_{ij} = \mu + \eta_i + \alpha_j + (\eta\alpha)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

donde:

y_{ij} = Puntuación obtenida en la variable dependiente por el sujeto i bajo el j -ésimo nivel de la variable de tratamiento.

μ = Media común a todas las observaciones.

η_i = Componente específico asociado al sujeto i y constante a lo largo de las observaciones.

α_j = Efecto debido a la administración del j -ésimo nivel de la variable de tratamiento.

$(\eta\alpha)_{ij}$ = Efecto debido a la interacción entre el i -ésimo sujeto y el j -ésimo nivel de la variable de tratamiento.

ε_{ij} = Componente de error específico asociado al sujeto i y al j -ésimo nivel de la variable de tratamiento.

Se asume de ε_{ij} es independiente de η_i y que los sujetos han sido seleccionados de una población donde el componente η_i (factor aleatorio) son independientes e idénticamente distribuidas normalmente con media 0 y varianza $\sigma_{2\eta}$; los ε_{ij} también son independientes e idénticamente distribuidos normalmente con media 0 y varianza $\sigma_{2\varepsilon}$, y que los niveles del factor de tratamiento son fijos. Muchas situaciones experimentales son conducidas de manera que a una misma unidad experimental se le aplican sucesivamente varios tratamientos; de donde resultan valores repetidos de una respuesta sobre la misma unidad u objeto. Los tratamientos pueden ser dietas, dosis de un fármaco, diferentes estímulos, entre otros (Lohr, 1999).

Para el caso de experimentación con especies como bovinos, se le aplican varios medicamentos en diferentes ocasiones o tiempos, luego se le registra su tiempo de pastoreo; así también en medidas tales como la alzada (altura) y el peso es registrado sobre un tipo de bovino y cerdos en diferentes edades. La información derivada del seguimiento de las medidas obtenidas en el experimento se puede según Lohr (1999); se puede disponer en una matriz $X = (x_{ij})$, donde x_{ij} representa la respuesta a la j -ésima medición (tratamiento) sobre la i -ésima unidad. Las

observaciones por fila de esta matriz pueden estar correlacionadas por corresponder a mediciones hechas sobre un mismo sujeto. Si los tratamientos son tales que el orden (temporal o espacial) de aplicación sobre los sujetos puede variarse, entonces la asignación debe aleatorizarse para evitar problemas de sesgo. Asumiendo que cada fila, de la matriz $X = (x_{ij})$, es independientemente distribuida respecto a las otras de acuerdo con una normal p -variante con vector de medias:

$$\mu' = (\mu_1, \dots, \mu_p),$$

y matriz de covarianzas Σ , se verifica la hipótesis de igualdad de efectos debido a los p -tratamientos; es decir,

$$H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_p \text{ frente a } H_1 : \mu_i \neq \mu_j$$

para algún par $i \neq j = 1, \dots, p$.

Una expresión equivalente a la hipótesis anterior es:

$$H_0 : \begin{pmatrix} \mu_1 - \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_{p-1} - \mu_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} \text{ frente a } H_1 : \begin{pmatrix} \mu_1 - \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_{p-1} - \mu_p \end{pmatrix} \neq \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Usualmente los individuos pertenecen a grupos distintos o reciben tratamientos diferentes, de manera que uno de los propósitos es estimar o determinar el efecto de los tratamientos sobre las respuestas; tal es el caso de presente proyecto de investigación.

Enfoque Univariado

El análisis de varianza con diseño de medidas repetidas de un solo factor se basa en cuatro supuestos (Lohr, 1999):

Supuestos

- 1) Muestreo aleatorio independiente. Al igual que en todos los análisis estadísticos, se supone que los sujetos se obtuvieron al azar, o que por lo menos se pueden considerar una muestra aleatoria de la población de interés. Un muestreo aleatorio implica que cualquier observación de la muestra es independiente de cualquier otra, y ésta es una condición previa necesaria para determinar la distribución muestral subyacente. Cabe señalar que este requisito de independencia no implica que las observaciones para una condición de tratamiento no tengan relación con las de otra condición. De hecho, una de las ventajas del diseño de medidas repetidas es que las observaciones por lo general exhiben una correlación positiva, y ello da pie a una estimación de la varianza debida al error más pequeña que la que se obtendría si las observaciones no estuvieran correlacionadas, o tuvieran una correlación negativa. Lo importante es que las diversas repeticiones (es decir, sujetos) sean independientes.
- 2) Normalidad. Se debe suponer que las distribuciones en las sub poblaciones son normales. Sin embargo, no puede suponerse que las observaciones en una condición de tratamiento sean independientes de las de otro, y esto tiene implicaciones para el análisis.
- 3) Circularidad de la matriz de varianza / covarianza. El supuesto de circularidad de la matriz de varianza/covarianza implica que la varianza de la diferencia entre dos sub poblaciones de tratamiento cualesquiera es igual a la varianza de la diferencia entre cualesquiera otras dos.
- 4) Hipótesis nula. La hipótesis nula para el diseño de medidas repetidas de un solo factor es la misma que para el diseño totalmente aleatorizado de un solo factor, es decir:

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

Lo anterior establece que las medias de las sub poblaciones de tratamiento son iguales, y por tanto iguales a su media.

Es importante señalar que Balzarini *et al.* (2001); explica que “para las medidas repetidas en el tiempo en la misma unidad experimental, se incumple el supuesto de independencia de los errores”. “Esto se puede determinar mediante el análisis de la matriz de correlación de Pearson, que permite probar si una matriz es identidad o no, mediante la prueba de esfericidad de Bartlett” (Balzarini *et al.* (2001). (p.2).

Enfoque Multivariado

Para el enfoque multivariado, los datos se tratan como un diseño de un solo grupo con variables dependientes, dado que todas las medidas b se miden en la misma escala (es decir, la medida es la misma, simplemente se efectúa en momentos diferentes y en condiciones distintas), se podrían formar nuevas variables consistentes en diferencias entre los pares de variables. (Balluerka y Vergara, 2002).

Por su parte Según Cole y Grizzle (1966), explican que el enfoque multivariado comparte con el univariado todas las suposiciones, excepto que permite que la matriz de varianza-covarianza tenga cualquier estructura. Así mismo; indican que las observaciones tomadas en un mismo sujeto, además de estar correlacionadas, presentan una matriz de varianzas-covarianzas entre las medidas repetidas que tiene una estructura Toeplitz. Es decir, las puntuaciones más próximas presentan una correlación más elevada.

Desde la perspectiva de Gómez et al, (2012); “entre el análisis univariado y multivariado, solo el multivariado garantiza que el error de Tipo I no se encuentre por encima del nominal”. Explican además que “el análisis multivariado de medidas repetidas es una metodología que se

ha utilizado tradicionalmente en el estudio de datos de medidas repetidas, provenientes de experimentos desarrollados en la esfera agropecuaria”.(p.2)

Supuestos

Esta prueba se basa en tres supuestos de acuerdo con Lohr (1999):

- a) Muestras aleatorias independientes. Al igual que con el enfoque univariado, se supone que las observaciones se obtienen al azar de la población de interés. Esto implica simplemente que las diversas repeticiones son independientes.
- b) Normalidad multivariada. Este supuesto implica que no sólo deben estar normalmente distribuidas las variables individuales, sino que sus distribuciones conjuntas también deben ser normales. Aunque éste es un supuesto necesario, se ha demostrado que el análisis de varianza multivariado es robusto respecto a violaciones del supuesto.
- c) Hipótesis nula. La hipótesis nula podría plantearse en términos multivariados así:

$$H_0: \mu_1 - \mu_4 = \mu_2 - \mu_4 = \mu_3 - \mu_4 = 0$$

es decir, la diferencia entre las medias de la población 1 y 4 es igual a la diferencia entre las poblaciones 2 y 4 e igual a la diferencia entre las poblaciones 3 y 4, y es igual a cero. La matriz se puede expresar así:

$$\begin{vmatrix} \mu_1 - \mu_4 \\ \mu_2 - \mu_4 \\ \mu_3 - \mu_4 \\ \dots \end{vmatrix} = 0$$

Un factor intra-sujetos o de medidas repetidas se caracteriza porque todos los niveles del factor se aplican a los mismos sujetos.

GLOSARIO

Aleatorización: Se refiere al acto de asignar aleatoriamente a los sujetos de un estudio a diferentes grupos de tratamiento.

Diseño de Experimento: es una técnica estadística que consiste en manipular intencionalmente la variable independiente de un modelo para observar y medir sus efectos en la variable dependiente.

Experimento: un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes.

Error Experimental: es considerado un desvío del valor calculado de una magnitud física con relación al valor real de dicha magnitud.

Factores: son las variables de interés para las cuales se quiere estudiar el impacto que tienen las mismas en la respuesta.

Ganancia de Peso: Es un valor que indica la ganancia de peso de un animal al día. Se obtiene dividiendo lo que ha crecido un animal entre el tiempo que ha tardado. Por ejemplo: Si un lechón recién destetado con 6 kg de peso tarda 7 semanas (49 días) en llegar a los 30 kg (habrá ganado 24 kg), su GMD en este período será: $24 \text{ kg} / 49 \text{ días} = 0,49 \text{ kg de GMD}$.

Niveles: Es el número de alternativas o ajustes para cada factor.

Raza: Es el conjunto de individuos de una misma especie que comparten unas determinadas características previamente definidas, siendo estas mantenidas por sus descendientes.

Replicas: Es el número de ocasiones que se efectúa una misma condición experimental en la prueba o experimento que se está haciendo.

Tratamientos: conjunto de acciones que se aplican sobre las unidades experimentales y que son objeto de comparación.

Unidad Experimental: Los elementos sobre los cuales se hacen las mediciones y a los cuales un tratamiento puede ser asignado aleatoriamente e independientemente.

Vitamina B12: Es una vitamina hidrosoluble (se disuelve en agua).

Variables de la Investigación

Cuadro 5.

Operacionalización de las Variables de la Investigación

Variables	Tipo de Variables	Definición Operacional
Peso Inicial	Independiente	Peso antes de la aplicación del tratamiento, medido en kilogramos
Sexo	Independiente	Características que diferencian a los machos de las hembras
Cruce Racial	Independiente	Mezcla de dos o más razas de cerdos, que se distinguen de características particulares de cada una de ellas.
Fase de Crecimiento	Independiente	Etapa o ciclo de vida del cerdo, definida por la edad
Edad	Independiente	Rango que oscila desde 1 día hasta 150 días, en el cerdo
Vitamina B12	Independiente	Suplemento Vitamínico suministrado en el protocolo alimenticio
Ración diaria de alimento	Independiente	Cantidad de alimento expresado en kilogramos, suministrado diariamente al animal.
Temperatura Media Ambiente	Independiente	Magnitud de calor en C° presente en el ambiente
Ganancia de Peso	Dependiente	Kilogramos de alimento consumido / gramos de peso incrementado en un lapso de tiempo

Nota: Delgado, 2022

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

En toda investigación se requiere, de orientaciones que permitan planificar la manera de obtener los datos necesarios para responder las interrogantes planteadas, así pues la metodología constituye el procedimiento dirigido a concretar la forma de buscar y analizar la información pertinente, al respecto se describen a continuación la metodología empleada en el desarrollo del estudio.

Tipo de Investigación

Con respecto a la investigación que se realizó en lo concerniente a la Evaluación de la Vitamina B12 en la ganancia de peso de lechones de engorde del cruce Landrace – Pietrain en fase de crecimiento; estuvo asociada al paradigma positivista, que según lo indicado por Bericat (1998); “se basa en fenómenos observables susceptibles de medición, análisis matemáticos y control experimental”

La presente investigación fue abordada bajo un enfoque cuantitativo, al respecto Hernández, et al (2003);

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar pregunta de investigación y probar hipótesis establecidas previamente y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población” (p. 5).

En tal sentido se adoptó el mencionado enfoque, puesto que se realizaron mediciones de la variable ganancia de peso para este estudio, de manera que la recolección de estos datos permitió comprobar las hipótesis propuestas en el estudio.

Diseño de la Investigación

La investigación realizada estuvo definida como un diseño de campo experimental que según Hernández, et.al (2014):

"es un estudio de investigación en el que se manipulan deliberadamente una o más variables independientes (supuestas causas) para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos), dentro de una situación de control para el investigador"(p.129)

Dentro de este marco, el estudio realizado se basó en un diseño de experimento de medidas repetidas, definido por Nuñez, et.al (2020) de la siguiente forma: "En el diseño de medidas repetidas todos sujetos de la muestra reciben todos los tratamientos. De este modo, se trabaja con un solo grupo y cada individuo genera más de un dato."

Desde este enfoque el diseño de experimento con medidas repetidas, se basó con el estudio de una variable dependiente denominada ganancia de peso, la cual estuvo sujeta a una serie de medidas o pesaje semanales, para determinar los gramos o kilos de incremento del peso en cada tratamiento (factor intra sujeto); a su vez esta variable dependió de un grupo de variables independientes como son: aplicación de vitamina B12 en tres dosis diferentes (factor inter sujeto), fase de crecimiento, peso inicial, edad, sexo, cruce racial, ración diaria de alimento y temperatura media ambiente.

Escenario de la Investigación

La investigación se realizó en la unidad de producción Puerto Miranda, ubicada en el Municipio Esteros de Camaguan del Estado Guárico – Venezuela; cuyas coordenadas UTM N: 877240; E: 625770, consta de una superficie total de 1970 hectáreas. La unidad de producción se encuentra en un clima tropical seco de sabanas inundables, debido a la topografía con pendientes muy bajas.

Esta unidad de producción cuenta con cuatro (04) galpones, distribuidos de la siguiente manera galpón A Maternidad, galpón B, C y D Crecimiento y Engorde. Siendo los tres ultimo el área del experimento. El inventario del rebaño del experimento se encuentra constituido de la siguiente manera: 25 madres, 02 verracos y 300 cerdos en fase de crecimiento; para un total de 327 animales.

Población y Muestra

La población es un ser o entidad poseedora de las características, evento, cualidad o variable que se desea estudiar. En tal sentido; Hurtado (2006) señala que “la población es un conjunto de elementos, seres, o eventos concordantes entre sí en cuanto a una serie de características de los cuales se desea obtener una información” (p.305).

En esta investigación la población estuvo conformada por 300 cerdos en fase de crecimiento del cruce Landrace – Pietrain.

La muestra según Arias (2012); es considerada como “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p.83). Para la selección y tamaño de la muestra se llevo a un acuerdo con el propietario de la granja porcina; quien acepto y propuso que para la aplicación de cada tratamiento, la cantidad de lechones fuese de quince (15) animales por corral; con la intención de conocer los efectos de la vitamina B12, además de evidenciar los procedimientos estadísticos desarrollados en el experimento.

Decisión que fue basada por las condiciones de manejo animal como: densidad animal de 1,2 animal/metro cuadrado, dimensiones de los corrales de 20 metros cuadrados, bioseguridad, bienestar animal y costos monetarios. Además de lo planteado por Hernández-Sampieri *et al.*, (2013); quienes explica que para pruebas estadísticas exigen 15 casos como mínimo por grupo de comparación.

Para la distribución de los quince (15) lechones en los corrales 1B, 1C y 1D; se realizó de manera aleatoria (sorteo); para garantizar que todas las unidades experimentales (lechones) tuvieran la misma oportunidad de ser seleccionados por cada tratamiento; debido a sus características heterogéneas. Para la ejecución del sorteo, se numeró cada lechón empleando un marcador especial o tiza, luego cada número se relacionó en una lista la cual se recortó en pequeños papeles; fueron introducidos en un bowl y finalmente se realizó el sorteo para cada corral. La razón del sorteo no es más que asegurar la obtención de un error experimental que no esté sesgado. Esto se logra asegurando que un tratamiento en particular no estará consistentemente favorecido o discriminado en cada una de las repeticiones. En otras palabras, cada tratamiento deberá tener las mismas probabilidades de ser asignado a cualquier unidad experimental. (Fernández, et. al, 2010)

Técnicas e Instrumentos de Recolección de los Datos

Para la recopilación de la información y datos se empleó el siguiente esquema, basado en el manejo del rebaño en producción.

Distribución de los lotes por tratamiento

El experimento que motiva el estudio, consistió en la evaluación de tres dosis de Vitamina B12 estructurados de la siguiente manera: Tratamiento I: 2 ml/ animal, Tratamiento II: 2,5 ml / animal y Tratamiento III: 3 ml/ animal. La distribución de los tratamientos se realizó de manera aleatoria (sorteo); con la ayuda de pequeños papeles identificados con los números de tratamiento y el número de corral. Resultando la distribución de los tratamientos, en el siguiente cuadro:

CUADRO 6.

Distribución de los lotes por tratamiento

	Tratamiento I (2ml/animal)	Tratamiento II (2,5 ml/animal)	Tratamiento III (3 ml/animal)
Identificación del corral	1B	1C	1D
Nro. de animales por corral	15	15	15

Nota: Delgado (2022)

Medición de variables y procedimientos

La medición de las variables se ejecuto en primera instancia con el suministro desparasitante vía oral con Abendazol al 10% (Laboratorio Labrin, C.A.) diluido en el agua de bebida; pasado ocho (08) días luego de este paso, se procedió a realizar el primer pesaje el cual contribuirá para obtener la edad y sexo de cada lechón; así también se dará inicio la dosis del tratamiento (factor inter sujeto) con vitamina B12 (Laboratorio Labrin, C.A.) por corral, se procedió a suministrar hidrataciones vía oral en el agua de bebida con Hidravet - plus (Laboratorio DEPAL, C.A); con el fin de disminuir los golpes de calor y el estrés animal una vez a la semana. Por último; se realizaron pesajes semanales (factor intra sujeto) durante un mes del tratamiento.

Alimentación

Los tres lotes se les suministro concentrado comercial para engorde (casa comercial Alimentos Essagua), con una dosis de 1,5 kilogramos/día/animal.

Dimensiones de los Corrales

Los corrales seleccionados para la aplicación del experimento, tienen una dimensión de 20 metros cuadrados; cada uno. Para una densidad animal de 1,2 metros cuadrado, a manera de garantizar el bienestar animal además de evitar el hacinamiento y normas de bioseguridad.

Manejo del Higiene en los Corrales

Siendo el higiene una parte fundamental en el manejo de granjas porcinas, para minimizar la mortalidad en proceso; en el caso del presente trabajo se procedió a realizar el lavado de los corrales dos (02) veces al día; se aplicaba por aspersión una solución de amonio cuaternario diluyendo veinte (20) cc en una asperjadora de espalda de veinte (20) litros de capacidad, diariamente y una solución desinfectante como el VIRKOMS (Laboratorio Vidmar, C.A) de manera interdiaria con una dilución de veinte (20) cc en veinte (20) litros de agua contenidos en una asperjadora de espalda.

Suministro de Agua

Cada corral cuenta con cinco (05) bebedero tipo chupete, ubicados en las dos paredes laterales; agua proporcionada proviene de un pozo profundo de 80 metro de profundidad, cuya distribución y extracción se realizaba a través de sistema de bombeo sumergible y tuberías de $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgada y tres contenedores de agua aéreos de 1500 litros de capacidad.

Instrumento de Recolección de los Datos

La recolección de los datos se realizo con el uso de hoja de trabajo, lápiz, peso analógico de capacidad 200 kilogramos y correas o cincha; para los pesajes semanales de los animales y en cuanto al manejo de los datos se empleo un formulario en Excel donde se construyo la base de los datos con sus debidas identificaciones. Visualizar Anexo A donde se muestra, la estructura de la base de datos.

Procesamiento de los datos

Para el procesamiento de los datos; se estableció la siguiente estructura:

Diseño de medidas repetidas para un factor inter sujeto y un factor intra sujeto

En función de la recolección de los datos y la estructura del experimento se empleo el siguiente modelo matemático planteado por Kuehl, (2001):

$$y_{ijk} = \mu + S_{k(i)} + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk} = \mu_{ij} + S_{k(i)} + e_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, a \quad j = 1, 2, \dots, t \quad k = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^a \alpha_i = 0; \sum_{j=1}^t \beta_j = 0; \forall i \sum_{j=1}^t (\alpha\beta)_{ij} = 0; \forall j \sum_{i=1}^a (\alpha\beta)_{ij} = 0$$

$$S_{k(i)} \approx N(0, \sigma_1); e_{ij} \approx N(0, \sigma_2) \quad S_{k(i)} \text{ y } e_{ij} \text{ son mutuamente independientes}$$

Donde μ representa la media poblacional de la variable respuesta, α_i el efecto medio adicional debido al nivel i del factor A , $S_{k(i)}$ el efecto aleatorio del sujeto k en el nivel i del factor A , β_j el efecto medio adicional debido al nivel j del factor T , $(\alpha\beta)_{ij}$ el efecto medio adicional debido a la interacción del nivel i del factor A y el nivel j del factor T , μ_{ij} es la respuesta media bajo el nivel i -ésimo del factor A y el nivel j -ésimo del factor T ; e_{ij} representa el error aleatorio. Se dispone de at tratamientos y n réplicas por tratamiento.

El modelo planteado pudiera ser interpretado como:

- Modelo univariante: Un diseño anidado-cruzado de efectos mixtos donde el factor *sujetos* es aleatorio y está anidado en el factor A , Los factores T y A están cruzados y no existe interacción entre el factor *sujetos* y el factor T . Se pretende estudiar el efecto de los at tratamientos sobre la variable respuesta.
- Modelo multivariante: Un diseño multivariante Manova de a vectores t -dimensionales $Y_i = (Y_{i1}, \dots, Y_{ij}, \dots, Y_{it})'$ donde Y_{ij} , es la variable respuesta bajo el i -ésimo nivel del factor A y el j -ésimo nivel del factor T , $i=1, \dots, a \quad j=1, \dots, t$. Para ello

se tienen una muestra aleatoria simple de tamaño n para cada uno de los a vectores t -dimensionales. Asumiendo que:

$$\begin{pmatrix} Y_{i1} \\ Y_{i2} \\ \cdot \\ Y_{it} \end{pmatrix} \approx N_t \left(\begin{pmatrix} \mu_{i1} \\ \mu_{i2} \\ \cdot \\ \mu_{it} \end{pmatrix}, \Sigma_i \right) \quad i = 1, \dots, a$$

Σ_i es la matriz de varianzas-covarianzas para cada i -ésimo vector t -dimensional y se pretende estudiar si las medias son iguales o no en los a vectores, es decir contrastar

$$H_0 : \mu_{ij} = \mu_{i'j} \quad \forall j, j' = 1, \dots, t \quad i, i' = 1, \dots, a \quad . \text{ (Kuehl, 2001)}$$

Análisis de la varianza y esperanzas de los cuadrados medios

Para descomponer la varianza se procedió a considerar lo propuesto por Fisher (1923) distingue la variación entre sujetos y la variación dentro de los sujetos que se obtiene:

$$SCTotal = SCEntresujetos + SCDentrosujetos.$$

$$SCTotal = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (y_{ijk} - \bar{y}_{..})^2, \text{ que recoge la variación total de } Y, \text{ y tiene } nat-1 \text{ grados}$$

de libertad.

$$SCEntresujetos = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (\bar{y}_{i.k} - \bar{y}_{..})^2, \text{ que mide las diferencias entre los sujetos, y tiene}$$

$na-1$ grados de libertad.

$$SCDentrosujetos = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (y_{ijk} - \bar{y}_{i.k})^2, \text{ que mide las diferencias dentro de los sujetos, y}$$

tiene $na(t-1)$ grados de libertad.

A su vez la variación entre los sujetos se puede descomponer en dos fuentes de variación, la debida al factor A y a los sujetos en cada nivel del factor A . (Fisher, 1923)

$$SC_{\text{Entre-sujetos}} = SCA + SCS(A)$$

$$SCA = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$$

que mide las diferencias entre los niveles del factor A , y tiene $a-1$ grados de libertad.

$$SCS(A) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (\bar{y}_{i.k} - \bar{y}_{i.})^2$$

que mide las diferencias entre los entre los sujetos para cada nivel del factor A , y tiene $a(n-1)$ grados de libertad.

Además, la variación dentro de los sujetos se puede descomponer en distintas fuentes de variación: la debida al factor T , a las interacciones (ente el factor A y el factor T) y a la aleatoriedad (Fisher, 1923):

$$SC_{\text{Dentro-sujetos}} = SCT + SCA * T + SC_{\text{Error}}$$

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{..})^2$$

que mide las diferencias entre los niveles del factor T , y tiene $t-1$ grados de libertad.

$$SCA * T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{..})^2$$

es la suma de cuadrados asociada a la interacción entre el factor inter-sujetos y el factor intra-sujetos, y tiene $(a-1)(t-1)$ grados de libertad.

$$SC_{\text{Error}} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (y_{ijk} - \bar{y}_{i.k} - \bar{y}_{ij.} + \bar{y}_{i.})^2$$

, que recoge la variación no explicada, es decir el error aleatorio. Esta suma de cuadrados tiene $a(n-1)(t-1)$ grados de libertad. (Fisher, 1923)

Estimadores de σ_1^2 y σ_2^2 :

$$E(CMS(A)) = \sigma_2^2 + t\sigma_1^2$$

$E(CMError) = \sigma_2^2$; por lo tanto tenemos los siguientes estimadores insesgados de σ_1^2 y σ_2^2 .

$$\hat{\sigma}_2^2 = CMError = \frac{SCError}{a(n-1)(t-1)}$$

$$\hat{\sigma}_1^2 = \frac{CMS(A) - CMError}{t}$$

A partir de la descomposición de la varianza y las esperanzas de los cuadrados medios y bajo los supuestos según señalado por Cobb (1998); anteriormente tenemos:

- Las matrices de varianzas-covarianzas Σ_i $i=1,..,a$ deben ser iguales en cada uno de los niveles del factor inter-sujetos $\Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_a$.
- Las matriz de varianzas-covarianzas combinada Σ_{tot} ; definida como:

$$\Sigma_{tot} = \frac{1}{\sum_{i=1}^a (n_i - 1)} \sum_{i=1}^a (n_i - 1) \Sigma_i$$

, es circular.

Contrastes de hipótesis

Para obtener los contrastes de hipótesis sobre la interacción entre ambos factores y cada factor por separado se procede partiendo de los supuestos por Mead (1991) para los:

- Efectos de la interacción

$$H_0 : (\alpha\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1 : \text{Existe al menos un par } (i, j) \text{ tal que } (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$$

El estadístico F correspondiente a este contraste es:

$$F_0 = \frac{CMA * T}{\hat{\sigma}_2^2} = \frac{SCA * T / (a-1)(t-1)}{SCError / a(n-1)(t-1)}, \text{ con } (a-1)(t-1) \text{ y } a(n-1)(t-1) \text{ grados de libertad.}$$

libertad.

- Efectos del factor intra – sujeto T

$$H_0 : \beta_j = 0 \quad j = 1, \dots, t$$

$$H_1 : \text{Existe al menos un par } (j, j') \text{ tal que } \beta_j \neq \beta_{j'}$$

El estadístico F correspondiente a este contraste es:

$$F_0 = \frac{CMT}{\hat{\sigma}_2^2} = \frac{SCT / (t-1)}{SCError / a(n-1)(t-1)}, \text{ con } (t-1) \text{ y } a(n-1)(t-1) \text{ grados de libertad.}$$

- Efectos del factor inter- sujeto A

$$H_0 : \alpha_i = 0 \quad i = 1, \dots, a$$

$$H_1 : \text{Existe al menos un par } (i, i') \text{ tal que } \alpha_i \neq \alpha_{i'}$$

El estadístico F correspondiente a este contraste es:

$$F_0 = \frac{CMA}{\hat{\sigma}_1^2} = \frac{SCA / (a-1)}{SCS(A) / a(n-1)}, \text{ con } (a-1) \text{ y } a(n-1) \text{ grados de libertad.}$$

En caso de que no se cumplan los supuestos de las matrices de varianzas-covarianzas y las matrices de varianzas-covarianzas combinadas; se puede optar por tres soluciones alternativas, planteados por Box, (1954) como son:

1. Realizar un análisis multivariante de la varianza (Manova) con dos factores A y T.

2. Realizar un análisis univariante “aproximado” resolviendo el problema según un diseño anidado cruzado de efectos mixtos, donde los sujetos son un factor, aleatorio y está anidados en el factor inter-sujetos y el factor intra-sujetos se cruza con el factor inter-sujetos.
3. Realizar un análisis univariante “aproximado” aplicando un índice corrector ϵ , los grados de libertad de los estadísticos F_0 .

Comparaciones múltiples de media

Cabe considerar, en este apartado dos situaciones para realizar las comparaciones múltiples de media de los datos obtenidos en el diseño; por tanto se examino lo presentado por Kuehl, (2001); como son las siguientes:

No existe interacción significativa

Para este caso, se realizan dos análisis que interesan como son; comparar los niveles del factor A y los niveles del factor T.

Comparación de los niveles del factor A

Para comparar los niveles del factor A (factor inter-sujetos) valoramos las diferencias estimadas $\bar{y}_{i.}$. Teniendo en cuenta la expresión del modelo asociado al diseño se tiene que un estimador insesgado de la diferencias de medias es: $\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{i'.}$ = $\hat{\mu}_i - \hat{\mu}_{i'}$, cuya varianza es

$\frac{2}{m}(\sigma_2^2 + t\sigma_1^2)$, y el estimador del error estándar de esta diferencia es:

$$\hat{\sigma}(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{i'.}) = \sqrt{\frac{2\hat{\sigma}_1^2}{m}}$$

En consecuencia a la hora de hacer comparaciones múltiples entre los niveles i y i' del factor A, según el método de Fisher (1935), la mínima diferencia significativa viene dada por

$$LSD_{\alpha} = t_{\alpha(n-1); \frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{2\hat{\sigma}_1^2}{tn}}$$

Comparación de los niveles del factor T

Para comparar los niveles del factor T (factor intra-sujetos) valoramos las diferencias estimadas $\bar{y}_{.j}$. Teniendo en cuenta la expresión del modelo asociado al diseño se tiene que un

estimador insesgado de la diferencias de medias es: $\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{.j'} = \hat{\mu}_{.j} - \hat{\mu}_{.j'}$, cuya varianza es $\frac{2\sigma_2^2}{an}$, y el estimador del error estándar de esta diferencia es:

$$\hat{\sigma}(\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{.j'}) = \sqrt{\frac{2\hat{\sigma}_2^2}{an}}$$

En consecuencia a la hora de hacer comparaciones múltiples entre los niveles j y j' del factor T , según el método de Fisher (1935), la mínima diferencia significativa viene dada por

$$LSD_{\alpha} = t_{\alpha(n-1)(t-1); \frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{2\hat{\sigma}_2^2}{an}}$$

Existe interacción significativa

Cuando existe interacción significativa es posible realizar dos tipos de análisis basados en medias de tratamientos μ_{ij} : estudiar las diferencias entre niveles del factor T para un mismo nivel del factor A , $\mu_{ij} - \mu_{ij'}$ y estudiar las diferencias entre niveles del factor A en el mismo nivel del factor T .

Diferencias entre los niveles del factor T para un mismo nivel del factor A

Para comparar los niveles del factor T en un nivel i del factor A debemos comparar los valores μ_{ij} , para i fijo, estimados por, \bar{y}_{ij} . Teniendo en cuenta la expresión del modelo asociado al diseño se tiene que un estimador insesgado de la diferencias de medias para el nivel i del

factor A es: $\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{i\cdot} = \hat{\mu}_{ij} - \hat{\mu}_{i\cdot}$, cuya varianza es $\frac{2\hat{\sigma}_2^2}{n}$, y el estimador del error estándar de esta

diferencia es:

$$\hat{\sigma}(\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{i\cdot}) = \sqrt{\frac{2\hat{\sigma}_2^2}{n}}$$

En consecuencia a la hora de hacer comparaciones múltiples entre los niveles j y j' del factor T para el nivel i del factor A, según el método de Fisher (1935), la mínima diferencia

significativa viene dada por

$$LSD_{\alpha} = t_{\alpha(n-1)(t-1); \frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{2\hat{\sigma}_2^2}{n}}$$

Diferencias entre los niveles del factor A para un mismo nivel del factor T

Para comparar los niveles del factor A en un nivel j del factor T debemos comparar los valores μ_{ij} , para j fijo, estimados por \bar{y}_{ij} . Teniendo en cuenta la expresión del modelo asociado al diseño se tiene que un estimador insesgado de la diferencias de medias para el nivel

j del factor T es $\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{i\cdot j} = \hat{\mu}_{ij} - \hat{\mu}_{i\cdot j}$, cuya varianza es $\frac{2}{n}(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)$.

Un estimador insesgado de $\sigma_1^2 + \sigma_2^2$ es:

$$\overline{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \frac{SCS(A) + SCError}{a(n-1) + a(n-1)(t-1)} = \frac{\hat{\sigma}_1^2 + (t-1)\hat{\sigma}_2^2}{t}$$

La distribución de este estimador no es una χ^2 sino una combinación lineal de χ^2 con lo que no hay un valor LSD exacto para estas comparaciones. El método de los momentos permite calcular un valor LSD aproximado como: con lo que no hay un valor LSD exacto para estas comparaciones. El método de los momentos permite calcular un valor LSD aproximado como:

$LSD_{\alpha} = t^*_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}{n}}$, siendo $t^*_{\alpha/2}$ una media ponderada de $t_{\alpha(n-1); \alpha/2}$ y $t_{\alpha(n-1)(t-1); \alpha/2}$ de la

forma

$$t^*_{\alpha/2} = \frac{t_{\alpha(n-1); \alpha/2} \hat{\sigma}_1^2 + t_{\alpha(n-1)(t-1); \alpha/2} (t-1) \hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_1^2 + (t-1) \hat{\sigma}_1^2}$$

En general cuando no se cumplen los supuestos en las matrices de varianzas-covarianza y en el análisis aparecen diferencias significativas entre los tratamientos se realizan los siguientes análisis; de acuerdo con lo señalado por Kuehl, (2001):

- Comparaciones dos a dos de los niveles del factor intra-sujetos T mediante el test t para dos muestras relacionadas controlando el error experimental por el procedimiento de Bonferroni.
- Comparaciones dos a dos de los niveles del factor inter-sujetos A en cada nivel del factor intra-sujetos T mediante Análisis de la Varianza del factor inter-sujetos A en cada nivel del factor intra-sujetos T .
- Contrastes del factor inter-sujetos A repetidos en el factor intra-sujetos T mediante análisis univariantes del factor inter-sujetos A entre dos niveles consecutivos del factor intra-sujetos T .

Validación del Modelo

Para validar el modelo considerado en el presente estudio; se empleo las siguientes pruebas para comprobar las hipótesis:

Supuesto de normalidad

En función de que el tamaño de la muestra seleccionada es igual a 45; para el experimento ejecutado, se considero el test de Shapiro – Will que de acuerdo con Novales (2010) este test se emplea para contrastar normalidad cuando el tamaño de la muestra es menor a

50 observaciones y en muestras grandes es equivalente al test de Kolmogórov Smirnov. El método consiste en comenzar ordenando la muestra de menor a mayor valor, obteniendo el nuevo vector muestral. Cuando la muestra es como máximo de tamaño 50, se puede contrastar la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk, procediéndose a calcular la media y la varianza muestral. Se rechaza la hipótesis nula de normalidad si el estadístico Shapiro-Wilk -W- es menor que el valor crítico proporcionado por la tabla elaborada por los autores para el tamaño de la muestra y el nivel de significancia dado.

Shapiro-Wilk, como prueba de normalidad, fue introducido considerando que el gráfico de probabilidad normal que examina el ajuste de un conjunto de datos de muestra para la distribución normal es semejante a la de regresión lineal - la línea diagonal del gráfico es la recta de ajuste perfecto-, con la diferencia de que esta línea es similar a los residuos de la regresión. Mediante el análisis de la magnitud de esta variación - análisis de varianza-, la calidad del ajuste puede ser examinado. La prueba puede aplicarse a muestras grandes, como fue sugerido por Royston, que también produjo algoritmos para implementar su extensión y que se implementa en algunos software especializados estadísticos (Carmona & Carrión, 2015). El estadístico de prueba se muestra en la ecuación siguiente:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i Y_i^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

Donde Y_i son los datos de la muestra, ordenados por tamaño -ordenado-. Ahora bien, si los datos de la muestra son en realidad una muestra aleatoria de una distribución normal con media desconocida μ y varianza σ^2 , entonces se debe facilitar la representación de los datos mediante la ecuación lineal simple:

$$Y_i = \mu + \sigma x_i, i = 1, 2, \dots, n$$

Donde la $\bar{\sigma}x_i$ es un conjunto ordenado de azar $N(0,1)$ variables. El ajuste de mínimos cuadrados de los pares (x, y) proporciona los medios para determinar el desconocido coeficientes. El vector de estos coeficientes se obtiene de la expresión matriz expresada en la ecuación:

$$\hat{\alpha} = \frac{m'V^{-1}}{\sqrt{m'V^{-1}V^{-1}m}}$$

Donde V es la matriz de varianza-covarianza de los elementos del vector x , y el vector m es el valor esperado de los elementos de x , es decir, los valores medios de las estadísticas de orden para la distribución normal. El estadístico W es invariante escala y el origen y tiene un valor máximo de 1 y un mínimo de $1/n-1$. Por lo tanto, el valor mínimo es aproximadamente el cuadrado del menor coeficiente para $n > 10$. Así también, la distribución de W para generar n no es conocido y debe ser obtenido por simulación y/o tabulación de los resultados o utilizando la aproximación -como es el caso con el enfoque de Royston. De tal manera que el estadístico W es más bien como un coeficiente de correlación al cuadrado o coeficiente de determinación y , en tal sentido, un valor alto indica una mayor correspondencia a la normal. No obstante, este resultado no es concluyente, por cuanto los valores altos a menudo se encuentran con muestras pequeñas de datos que no son normales, siendo particularmente sensible a la distribución de asimetría y con cola larga (Allaire et al., 2019).

Supuesto de homocedasticidad

Para el supuesto de homogeneidad de varianzas, también conocido como supuesto de homocedasticidad, Amat (2016) considera que la varianza es constante (no varía) en los

diferentes niveles de un factor, es decir, entre diferentes grupos. De tal modo que, Levene (1960) propuso un estadístico para comprobar la homogeneidad de varianzas en grupos de igual tamaño. Para la aplicación del test de Levene, se parte de un análisis de varianza unidireccional, donde cada observación ha sido sustituida por su desviación absoluta con respecto a la media. Para el cálculo de estadístico de Levene (1960), se procede de la siguiente manera:

- Calcular la diferencia entre cada observación y la media de su grupo:

$$D_{ij} = x_{ij} - X_i$$

- Calcular la media de las diferencias de cada grupo:

$$D_i = \frac{\sum D_{ij}}{n_i}$$

- Calcular la media total de las diferencias:

$$D_t = \frac{\sum \sum D_{ij}}{N}$$

Siendo N la suma de todos los individuos: $N = n_1 + n_2 + \dots + n_k$

- Calcular la suma de los cuadrados intra-grupo (SC_{intra}):

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (D_{ij} - D_i)^2$$

- Calcular la suma de los cuadrados inter-grupo (SC_{inter}):

$$\sum n_i (D_i - D_t)^2$$

- Calcular los grados de libertad

$$\text{Intergrupos: } K - 1$$

$$\text{Intragrupos: } \sum_{i=1}^k (n_i - 1)$$

- Calcular la media cuadrática inter- grupo

$$MC_{inter} = \frac{SC_{inter}}{GL_{inter}}$$

- Calcular la media cuadrática intra-grupo

$$MC_{intra} = \frac{SC_{intra}}{GL_{intra}}$$

- Calcular el estadístico

$$F = \frac{MC_{inter}}{MC_{intra}}$$

Es importante tener en cuenta que los valores medios de los grupos individuales no influyen en el resultado, pueden ser diferentes. Una gran ventaja de la prueba de Levene es que es muy estable frente a las violaciones de la distribución normal. (DATAtab Team, 2022).

Supuesto de Independencia

El test de rachas se utiliza para determinar si los datos procedentes de una muestra de observaciones pueden ser aleatorios. El test prueba la independencia de medias y varianzas o, expresado de otra forma, si hay falta de aleatoriedad en los errores. (Fernández, et. all, 2010).

Estos autores; explican que en una muestra de tamaño n que ha sido dividida en dos categorías, por ejemplo (+) y (-) (que pueden corresponder a machos y hembras; frutos sanos y dañados; etc.) con n1 y n2 observaciones cada una, se denomina racha a una sucesión de valores de la misma categoría.

Novales (1994), la expresión matemática (1) corresponde a la media, la (2) a la varianza y (3) al estadístico de prueba:

$$\mu = \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} + 1 \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)} \quad (2)$$

$$Z_R = \frac{(R - \mu_R)}{\sigma_R} \quad (3)$$

El número de rachas R es una variable aleatoria cuya distribución está tabulada para $n_1 < 20$ y $n_2 < 20$. La aleatoriedad se rechaza cuando $R \leq R_{n_1, n_2, \alpha/2}$ ó $R \geq R_{n_1, n_2, 1 - \alpha/2}$. En otras palabras, hay dos valores críticos de R; si el valor obtenido se encuentra entre los dos, se acepta la hipótesis nula de que la muestra es aleatoria.

Supuesto de circularidad o esfericidad

En vista de que el estudio se desarrollo bajo un diseño de medidas repetidas; se utilizo la prueba estadística para validar un análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA), como es el Test de Mauchly (1940) definido como “la condición donde las variaciones de las diferencias entre todos los pares posibles de condiciones intra-sujeto (es decir, niveles de la variable independiente) son iguales”. La prueba de esfericidad de Mauchly (1940); “es una prueba popular para evaluar si se ha violado el supuesto de esfericidad”.

H0: hipótesis nula de esfericidad.

H1: hipótesis alternativa de no esfericidad.

Por su parte Hinton, et. al (2004) señala que:

“la violación de la esfericidad ocurre cuando no se da el caso de que las variaciones de las diferencias entre todas las combinaciones de las condiciones sean iguales. Si se viola la esfericidad, entonces los cálculos de varianza pueden distorsionarse, lo que daría como resultado una relación F que se inflaría”.

En tal sentido, Field (2005) explica que “la esfericidad se puede evaluar cuando hay tres o más niveles de un factor de medida repetida y, con cada factor de medidas repetidas adicional, aumenta el riesgo de violar la esfericidad”. Este mismo autor; explica además que: “Si se viola la

esfericidad, se debe tomar una decisión sobre si se selecciona un análisis univariado o multivariado. Si se selecciona un método univariante, el ANOVA de medidas repetidas debe corregirse adecuadamente según el grado en que se haya violado la esfericidad”.

Interpretación de la prueba de Mauchly

Cuando la probabilidad del estadístico de prueba de Mauchly es mayor o igual a $p > 0.05$, no rechazamos la hipótesis nula de que las varianzas son iguales. Por tanto, se concluye que no se ha vulnerado el supuesto. Sin embargo, cuando la probabilidad del estadístico de prueba de Mauchly es menor o igual ($p < 0,05$), no se puede asumir la esfericidad y, por lo tanto, se concluye que existen diferencias significativas entre las varianzas de las diferencias. La esfericidad siempre se cumple para dos niveles de un factor de medida repetida y, por lo tanto, no es necesario evaluarlo (Hinton, et. al ,2004).

Incumplimiento del supuesto de la esfericidad

Cuando se ha establecido la esfericidad, la relación F es válida y, por lo tanto, interpretable. Sin embargo, si la prueba de Mauchly es significativa, entonces las razones F producidas deben interpretarse con precaución, ya que las violaciones de esta suposición pueden resultar en un aumento en la tasa de error de Tipo I e influir en las conclusiones extraídas de su análisis. En los casos en que la prueba de Mauchly es significativa, es necesario realizar modificaciones en los grados de libertad para que se pueda obtener una relación F válida (Laerd, 2020).

Este mismo autor explica que para corregir la violación de la hipótesis de circularidad se pueden emplear: la corrección de Greenhouse-Geisser (1959), la corrección de Huynh-Feldt (1976) y el límite inferior. Cada una de estas correcciones se ha desarrollado para alterar los

grados de libertad y producir una relación F en la que se reduce la tasa de error de Tipo I. La relación F eldt no cambia como resultado de la aplicación de las correcciones; solo los grados de libertad. El estadístico de prueba para estas estimaciones se indica mediante épsilon (ϵ) y se puede encontrar en el resultado de la prueba de Mauchly en SPSS (Field, 2005). Epsilon proporciona una medida de desviación de la esfericidad. Al evaluar épsilon, podemos determinar el grado en que se ha violado la esfericidad. Si las variaciones de las diferencias entre todos los posibles pares de grupos son iguales y la esfericidad se cumple exactamente, épsilon será exactamente 1, lo que indica que no hay desviación de la esfericidad. Si las variaciones de las diferencias entre todos los posibles pares de grupos son desiguales y se viola la esfericidad, épsilon estará por debajo de 1. Cuanta más épsilon sea de 1, peor será la violación.

De las tres correcciones, Huynh-Feldt se considera la menos conservadora, mientras que Greenhouse-Geisser se considera más conservadora y la corrección de límite inferior es la más conservadora. Cuando épsilon es $> .75$, se cree que la corrección de efecto invernadero-Geisser es demasiado conservadora y daría lugar a un rechazo incorrecto de la hipótesis nula de que la esfericidad es válida. Collier et al.(1967); demostraron que esto era cierto cuando épsilon se extendió hasta 0,90. Sin embargo, se cree que la corrección de Huynh-Feldt es demasiado liberal y sobreestima la esfericidad. Esto daría como resultado un rechazo incorrecto de la hipótesis alternativa de que la esfericidad no se cumple, cuando lo hace.(Maxwell&Delaney,1990). Por su parte, Girden (1992) recomendó una solución a este problema: cuando épsilon es $> .75$, se debe aplicar la corrección de Huynh-Feldt y cuando épsilon es $< .75$ o no se sabe nada acerca de la esfericidad, la corrección de Greenhouse-Geisser debe ser aplicado.

Otro procedimiento alternativo planteado por Howell (2009), es utilizar las estadísticas de prueba multivariante (MANOVA) ya que no requieren la suposición de esfericidad. Sin

embargo, este procedimiento puede ser menos poderoso que usar un ANOVA de medidas repetidas, especialmente cuando la violación de la esfericidad no es grande o los tamaños de muestra son pequeños (Mauchly, 1940). De tal modo que; O'Brien y Kaiser (1985) sugirieron que cuando tiene una gran violación de la esfericidad (es decir, $\epsilon < .70$) y el tamaño de la muestra es mayor que $k + 10$ (es decir, el número de niveles de las medidas repetidas factor + 10), entonces un MANOVA es más poderoso; en otros casos, se debe seleccionar el diseño de medidas repetidas. Además, el poder de MANOVA depende de las correlaciones entre las variables dependientes, por lo que también se debe considerar la relación entre las diferentes condiciones. (Field, 2005)

Ahora bien, Field (2005) explica que SPSS proporciona una relación F a partir de cuatro métodos diferentes: la traza de Pillai, la lambda de Wilks, la traza de Hotelling y la raíz más grande de Roy. En general, se ha recomendado la lambda de Wilks como el estadístico de prueba multivariante más apropiado para usar.

Una vez registrados y organizados los datos obtenidos en Excel; se procedió a realizar el análisis estadístico con el programa SPSS v20.0, basado en la estructura descrita anteriormente.

Cronograma de Trabajo

Para la ejecución de la investigación se empleo el siguiente cronograma de trabajo:

CUADRO 7.

Cronograma de Trabajo

N°	Descripcion	Años		
		2022	2023	2024
1	Elaboracion de Proyecto de Trabajo Final de Master			
2	Predefensa del Proyecto de Trabajo Final de Master			
3	Fase de Pre-Experimentacion (Acondicionamiento de los corrales)			
4	Fase de Experimentacion			
5	Procesamiento y Analisis de los datos del experimento			
7	Revisión y correcciones del Trabajo Final de Master			
8	Presentacion del Trabajo Final de Master			

Nota: Delgado (2022)

Cronograma de Mediciones

Para la ejecución del experimento se empleo el siguiente cronograma de mediciones:

CUADRO 8.

Cronograma de Mediciones

Corral	Desparasitación	Pesaje Control (1ra dosis Vitamina B12)	Pesaje N° 01 (2da dosis Vitamina B12)	Pesaje N° 02 (3ra dosis Vitamina B12)	Pesaje N° 03	Pesaje Final
Corral 1B Tratamiento I (2ml/animal)	01-oct 23	09-oct-23	16- oct-23	23-oct-23	30 octt-23	09-nov-23
Corral 1C Tratamiento II (2,5ml/animal)	01-oct 23	09-oct-23	16- oct-23	23-oct-23	30 octt-23	09-nov-23
Corral 1D Tratamiento III (3ml/animal)	01-oct 23	09-oct-23	16- oct-23	23-oct-23	30 octt-23	09-nov-23

Nota: Delgado (2022)

CAPÍTULO V

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El presente capítulo tiene la finalidad de describir los resultados revelados por la base de datos obtenida en el diseño de experimentos de medidas repetidas. El capítulo estará estructurado en dos partes; en la primera parte se presenta la estadística descriptiva de los datos, el análisis de varianza para confirmar si hay efecto del tratamiento con la Vitamina B12 y comparar entre pares de medias de los tratamientos; en la segunda parte se realizó la validación de las hipótesis del modelo propuesto.

A continuación se presentan los resultados a nivel descriptivo del estudio:

CUADRO 9.

Factores Intra Sujetos

Factores intra-sujetos	
Medida: MEASURE_1	
	Variable dependiente
pesos	
1	PesajeN°1
2	PesajeN°2
3	PesajeN°3
4	PesajeFinalkg

El Cuadro N° 9, se presenta la variable dependiente o factor intra-sujeto del estudio identificada con la enumeración de los pesajes realizados una vez a la semana; durante la fase de experimentación desde el 09 de octubre 2022 hasta el 09 de noviembre 2022.

CUADRO 10.

Factores Inter Sujetos

Factores inter-sujetos

		N
Dosis del Tratamiento (ml/animal)	2,0	15
	2,5	15
	3,0	15

Para el factor inter-sujeto (variable independiente); en el Cuadro N° 10 se presenta las tres dosis de vitamina B12 expresada en mililitro por animal (ml/animal), aplicada a los lechones una vez a la semana en la fase de experimentación.

CUADRO 11.

Estadísticos Descriptivos

Estadísticos descriptivos

	Dosis del Tratamiento (ml/animal)	Media	Desv. estándar	N
Pesaje N° 1	2,0	38,027	2,9351	15
	2,5	41,553	4,3754	15
	3,0	43,240	5,2978	15
	Total	40,940	4,7527	45
Pesaje N° 2	2,0	39,973	2,9776	15
	2,5	43,860	4,4836	15
	3,0	47,553	5,2682	15
	Total	43,796	5,2767	45
Pesaje N° 3	2,0	41,787	3,1002	15
	2,5	45,967	4,1496	15
	3,0	52,187	4,8283	15
	Total	46,647	5,8845	45
Pesaje Final (kg)	2,0	43,967	2,8657	15
	2,5	48,193	4,1798	15
	3,0	56,033	4,9693	15
	Total	49,398	6,4490	45

En el cuadro N° 11, observamos la media de peso por cada nivel de factor intra (pesaje) para cada nivel del factor inter (dosis del tratamiento); en tal sentido la media promedio del Pesaje N° 01 para los tres niveles del factor inter es de 40,940 kilogramos/animal con una dispersión de $\pm 4,7527$ kilogramos, en el caso del Pesaje N° 02 la media es de 43,796 kilogramos/animal para los tres niveles del factor inter; acompañada de una dispersión de $\pm 5,2767$ kilogramos. En el pesaje N° 03, evidenciamos un promedio de 46,647 kilogramos/animal, con una dispersión de $\pm 5,8845$ kilogramos para los tres niveles del factor inter y en pesaje final se obtuvo una media para los tres niveles del factor inter de 49,398 kilogramos /animal para una dispersión de $\pm 6,44$ kilogramos. A manera global, se aprecia que existe diferencia entre las medias de pesaje de los tres niveles del factor inter con respecto a los niveles del factor intra.

Gráfico 02.

Media del Pesaje N° 01 para los Tres Niveles de Tratamiento.

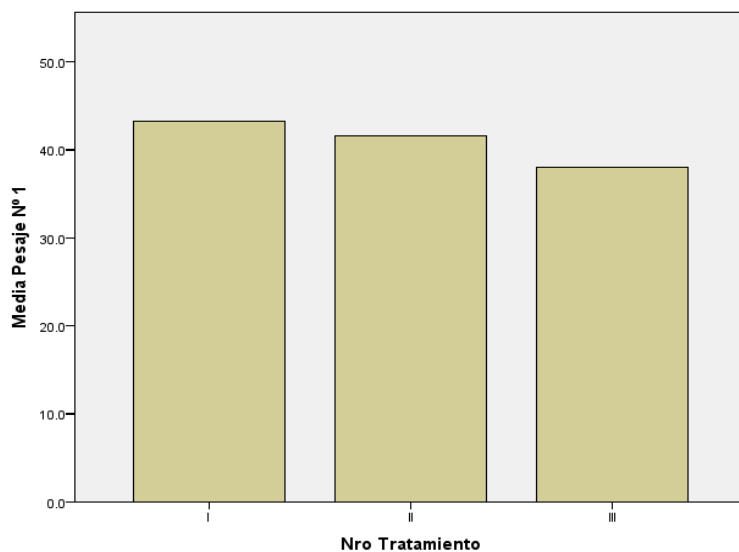
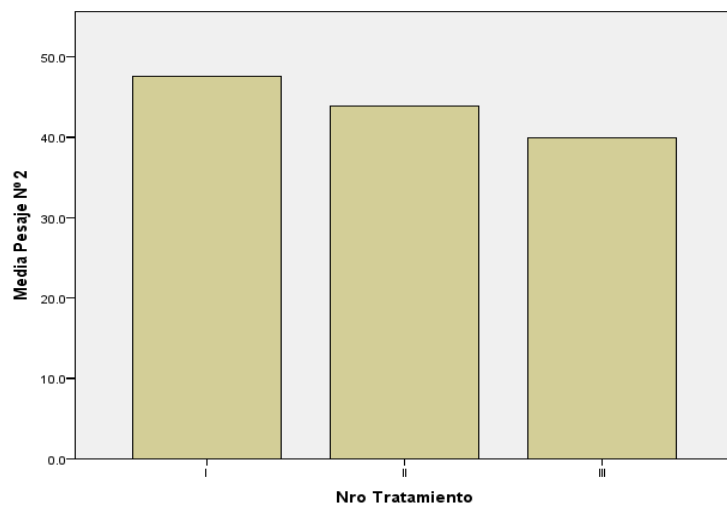


Gráfico 03.

Media del Pesaje N° 02 para los Tres Niveles de Tratamiento.

**Gráfico 04.**

Media del Pesaje N° 03 para los Tres Niveles de Tratamiento.

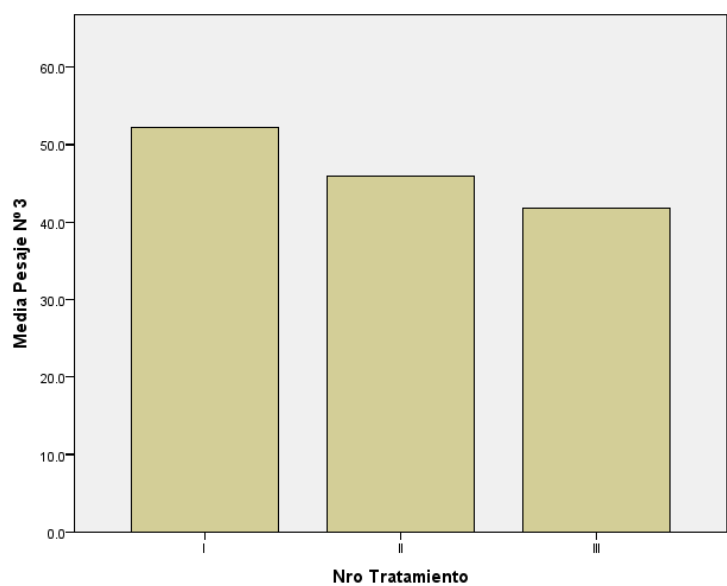
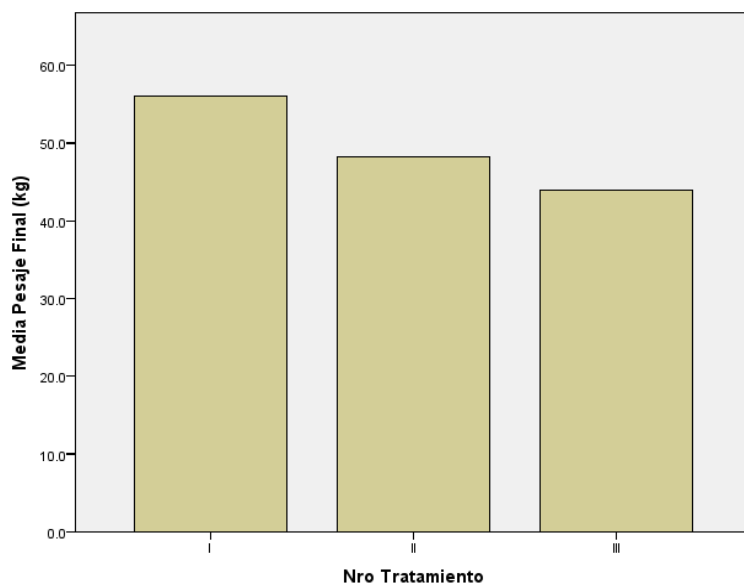


Gráfico 05.

Media del Pesaje Final para los Tres Niveles de Tratamiento.

**Validación de la hipótesis para el efecto**

En el siguiente cuadro n° 12, se muestra, que no todos los tratamientos son iguales, puesto que el p-valor (0,001) es menor que los estadístico de contraste 0,01; 0,05 y 0,1.

CUADRO 12.

Contraste del factor inter-sujetos

Pruebas de efectos inter-sujetos

Medida: MEASURE_1

Variable transformada: Media

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	367665,845	1	367665,845	5220,891	<.001
DosisdelTratamientomlanimal	2339,317	2	1169,659	16,609	<.001
Error	2957,726	42	70,422		

Como no todos los tratamientos son iguales para los tres tipos de contrastes 0,01; 0,05 y 0,1 en el cuadro n° 13, vemos cuales son los diferentes; por lo que se realizan las comparaciones múltiples (post- hoc) entre los niveles del factor dosis de tratamiento por el método de Bonferroni. Considerando el resultado para el contraste 0,01 (Ver Cuadro n° 13) de estas comparaciones indica que existen diferencias significativas entre las dosis de tratamiento con vitamina B12 de 2,00 ml, con respecto a las dosis de 3,00 ml (p-valor $0,001 < 0,01$) y las dosis 2,50 ml en relación con la dosis 3,00 ml cuyo p-valor $0,008 < 0,01$; sin embargo no existe diferencia significativa para las dosis 2,00 ml y 2,50 ml siendo su p-valor $0,04 > 0,01$. De manera, que se consideran las dosis de los tratamientos I y III; las que influyen en la ganancia de peso, durante la fase de engorde de los lechones. Con respecto, a las dosis 2,00 ml y 2,50 ml también es significativa para los contrastes 0,05 y 0,1 respectivamente.

CUADRO 13.

Comparación Múltiple (post- hoc) del Factor inter-sujeto (Dosis de Tratamiento con Vitamina B12), con el contraste 0,01.

Comparaciones múltiples

Medida: MEASURE_1

Bonferroni

(I) Dosis del Tratamiento (ml/animal)	(J) Dosis del Tratamiento (ml/animal)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
2,0	2,5	-3,955	1,5321	,040	-8,724	,814
	3,0	-8,815*	1,5321	<.001	-13,584	-4,046
2,5	2,0	3,955	1,5321	,040	-,814	8,724
	3,0	-4,860*	1,5321	,008	-9,629	-,091
3,0	2,0	8,815*	1,5321	<.001	4,046	13,584
	2,5	4,860*	1,5321	,008	,091	9,629

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 17,606.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .01.

Se muestra en los cuadros n° 14, 15 y 16 las comparaciones por pares de los niveles del factor inter-sujetos para cada nivel del factor intra-sujetos, considerando los tres tipos de contrastes (0,01; 0,05 y 0,1). Vale destacar, la poca cantidad de datos recolectados en el desarrollo del experimento; sin embargo se garantiza la aleatoriedad de los mismos.

CUADRO 14.

Comparaciones por pares de los niveles del factor inter-sujetos para cada nivel del factor intra-sujetos con el contraste 0,01.

Comparaciones por parejas

Medida: MEASURE_1

pesos	(I) Dosis del Tratamiento (ml/animal)	(J) Dosis del Tratamiento (ml/animal)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	99% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
1	2,0	2,5	-3,527	1,575	,092	-8,429	1,376
		3,0	-5,213*	1,575	,006	-10,116	-,311
	2,5	2,0	3,527	1,575	,092	-1,376	8,429
		3,0	-1,687	1,575	,871	-6,589	3,216
	3,0	2,0	5,213*	1,575	,006	,311	10,116
		2,5	1,687	1,575	,871	-3,216	6,589
2	2,0	2,5	-3,887	1,588	,056	-8,829	1,055
		3,0	-7,580*	1,588	<.001	-12,522	-2,638
	2,5	2,0	3,887	1,588	,056	-1,055	8,829
		3,0	-3,693	1,588	,075	-8,635	1,249
	3,0	2,0	7,580*	1,588	<.001	2,638	12,522
		2,5	3,693	1,588	,075	-1,249	8,635
3	2,0	2,5	-4,180	1,493	,023	-8,826	,466
		3,0	-10,400*	1,493	<.001	-15,046	-5,754
	2,5	2,0	4,180	1,493	,023	-,466	8,826
		3,0	-6,220*	1,493	<.001	-10,866	-1,574
	3,0	2,0	10,400*	1,493	<.001	5,754	15,046
		2,5	6,220*	1,493	<.001	1,574	10,866
4	2,0	2,5	-4,227	1,496	,022	-8,884	,431
		3,0	-12,067*	1,496	<.001	-16,724	-7,409
	2,5	2,0	4,227	1,496	,022	-,431	8,884
		3,0	-7,840*	1,496	<.001	-12,497	-3,183
	3,0	2,0	12,067*	1,496	<.001	7,409	16,724
		2,5	7,840*	1,496	<.001	3,183	12,497

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .01.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

CUADRO 15.

Comparaciones por pares de los niveles del factor inter-sujetos para cada nivel del factor intra-sujetos con el contraste 0,05.

Comparaciones por parejas

Medida: MEASURE_1

pesos	(I) Dosis del Tratamiento (ml/animal)	(J) Dosis del Tratamiento (ml/animal)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
1	2,0	2,5	-3,527	1,575	,092	-7,455	,401
		3,0	-5,213*	1,575	,006	-9,141	-1,285
	2,5	2,0	3,527	1,575	,092	-,401	7,455
		3,0	-1,687	1,575	,871	-5,615	2,241
	3,0	2,0	5,213*	1,575	,006	1,285	9,141
		2,5	1,687	1,575	,871	-2,241	5,615
2	2,0	2,5	-3,887	1,588	,056	-7,846	,073
		3,0	-7,580*	1,588	<.001	-11,539	-3,621
	2,5	2,0	3,887	1,588	,056	-,073	7,846
		3,0	-3,693	1,588	,075	-7,653	,266
	3,0	2,0	7,580*	1,588	<.001	3,621	11,539
		2,5	3,693	1,588	,075	-,266	7,653
3	2,0	2,5	-4,180*	1,493	,023	-7,903	-,457
		3,0	-10,400*	1,493	<.001	-14,123	-6,677
	2,5	2,0	4,180*	1,493	,023	,457	7,903
		3,0	-6,220*	1,493	<.001	-9,943	-2,497
	3,0	2,0	10,400*	1,493	<.001	6,677	14,123
		2,5	6,220*	1,493	<.001	2,497	9,943
4	2,0	2,5	-4,227*	1,496	,022	-7,958	-,495
		3,0	-12,067*	1,496	<.001	-15,798	-8,335
	2,5	2,0	4,227*	1,496	,022	,495	7,958
		3,0	-7,840*	1,496	<.001	-11,571	-4,109
	3,0	2,0	12,067*	1,496	<.001	8,335	15,798
		2,5	7,840*	1,496	<.001	4,109	11,571

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

CUADRO 16.

Comparaciones por pares de los niveles del factor inter-sujetos para cada nivel del factor intra-sujetos con el contraste 0,1.

Comparaciones por parejas

Medida: MEASURE_1

pesos	(I) Dosis del Tratamiento (ml/animal)	(J) Dosis del Tratamiento (ml/animal)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	90% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
1	2,0	2,5	-3,527 [*]	1,575	,092	-6,993	-,061
		3,0	-5,213 [*]	1,575	,006	-8,679	-1,747
	2,5	2,0	3,527 [*]	1,575	,092	,061	6,993
		3,0	-1,687	1,575	,871	-5,153	1,779
	3,0	2,0	5,213 [*]	1,575	,006	1,747	8,679
		2,5	1,687	1,575	,871	-1,779	5,153
2	2,0	2,5	-3,887 [*]	1,588	,056	-7,380	-,393
		3,0	-7,580 [*]	1,588	<.001	-11,074	-4,086
	2,5	2,0	3,887 [*]	1,588	,056	,393	7,380
		3,0	-3,693 [*]	1,588	,075	-7,187	-,200
	3,0	2,0	7,580 [*]	1,588	<.001	4,086	11,074
		2,5	3,693 [*]	1,588	,075	,200	7,187
3	2,0	2,5	-4,180 [*]	1,493	,023	-7,465	-,895
		3,0	-10,400 [*]	1,493	<.001	-13,685	-7,115
	2,5	2,0	4,180 [*]	1,493	,023	,895	7,465
		3,0	-6,220 [*]	1,493	<.001	-9,505	-2,935
	3,0	2,0	10,400 [*]	1,493	<.001	7,115	13,685
		2,5	6,220 [*]	1,493	<.001	2,935	9,505
4	2,0	2,5	-4,227 [*]	1,496	,022	-7,519	-,934
		3,0	-12,067 [*]	1,496	<.001	-15,359	-8,774
	2,5	2,0	4,227 [*]	1,496	,022	,934	7,519
		3,0	-7,840 [*]	1,496	<.001	-11,132	-4,548
	3,0	2,0	12,067 [*]	1,496	<.001	8,774	15,359
		2,5	7,840 [*]	1,496	<.001	4,548	11,132

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .1.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

En los cuadros nº 17, 18 y 19 nos indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de los pesajes por cada dosis de vitamina B12, aplicada en los lechones para engorde en los tres contraste 0,01, 0,05 y 0,1 (p-valor 0,001<0,01; p-valor 0,001<0,05); p-valor 0,001<0,1). Se muestra que para los tres contrastes; el peso de la primera

semana difiere significativamente, con los pesos de la segunda, tercera y ultima semana del tratamiento aplicado.

CUADRO 17.

Comparación por pares de media del factor intra-sujeto (pesaje) con el contraste 0,01

Comparaciones por parejas

Medida: MEASURE_1

(I) Pesaje	(J) Pesaje	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	99% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	2,856 [*]	,068	<.001	2,628	3,083
	3	-2,851 [*]	,108	<.001	-3,215	-2,487
	4	-5,602 [*]	,100	<.001	-5,939	-5,265
2	1	-2,856 [*]	,068	<.001	-3,083	-2,628
	3	-5,707 [*]	,103	<.001	-6,054	-5,359
	4	-8,458 [*]	,105	<.001	-8,809	-8,106
3	1	2,851 [*]	,108	<.001	2,487	3,215
	2	5,707 [*]	,103	<.001	5,359	6,054
	4	-2,751 [*]	,074	<.001	-2,999	-2,504
4	1	5,602 [*]	,100	<.001	5,265	5,939
	2	8,458 [*]	,105	<.001	8,106	8,809
	3	2,751 [*]	,074	<.001	2,504	2,999

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .01.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

CUADRO 18.

Comparación por pares de media del factor intra-sujeto (pesaje) con el contraste 0,05

Comparaciones por parejas

Medida: MEASURE_1

(I) Pesaje	(J) Pesaje	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	2,856 [*]	,068	<.001	2,668	3,043
	3	-2,851 [*]	,108	<.001	-3,151	-2,551
	4	-5,602 [*]	,100	<.001	-5,880	-5,325
2	1	-2,856 [*]	,068	<.001	-3,043	-2,668
	3	-5,707 [*]	,103	<.001	-5,993	-5,420
	4	-8,458 [*]	,105	<.001	-8,748	-8,168
3	1	2,851 [*]	,108	<.001	2,551	3,151
	2	5,707 [*]	,103	<.001	5,420	5,993
	4	-2,751 [*]	,074	<.001	-2,955	-2,547
4	1	5,602 [*]	,100	<.001	5,325	5,880
	2	8,458 [*]	,105	<.001	8,168	8,748
	3	2,751 [*]	,074	<.001	2,547	2,955

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

CUADRO 19.

Comparación por pares de media del factor intra-sujeto (pesaje) con el contraste 0,1

Comparaciones por parejas

Medida: MEASURE_1

(I) Pesaje	(J) Pesaje	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	90% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	2,856 [*]	,068	<.001	2,687	3,024
	3	-2,851 [*]	,108	<.001	-3,121	-2,581
	4	-5,602 [*]	,100	<.001	-5,852	-5,352
2	1	-2,856 [*]	,068	<.001	-3,024	-2,687
	3	-5,707 [*]	,103	<.001	-5,965	-5,449
	4	-8,458 [*]	,105	<.001	-8,719	-8,197
3	1	2,851 [*]	,108	<.001	2,581	3,121
	2	5,707 [*]	,103	<.001	5,449	5,965
	4	-2,751 [*]	,074	<.001	-2,935	-2,567
4	1	5,602 [*]	,100	<.001	5,352	5,852
	2	8,458 [*]	,105	<.001	8,197	8,719
	3	2,751 [*]	,074	<.001	2,567	2,935

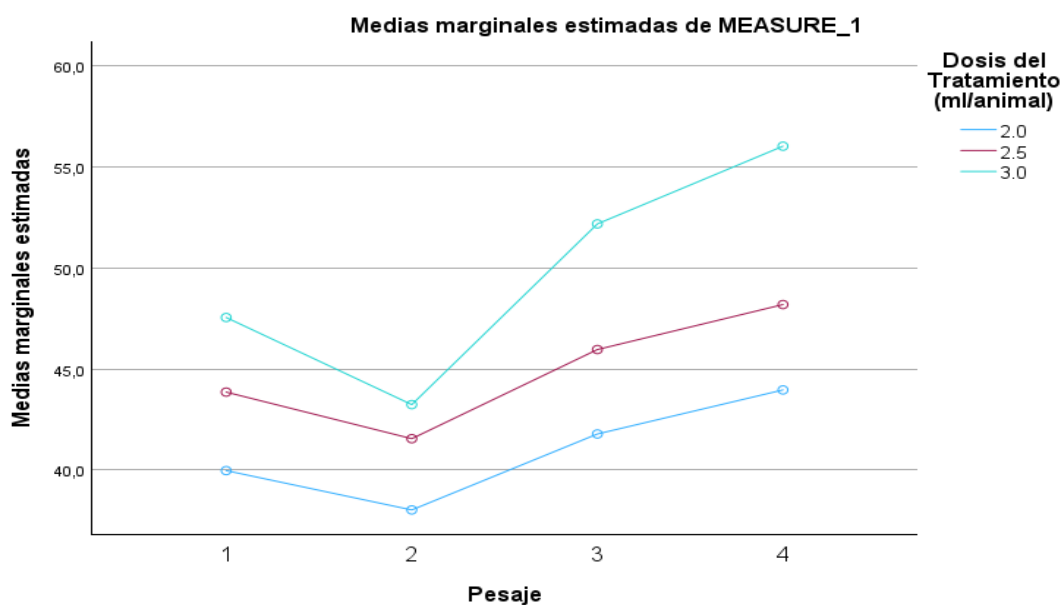
Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .1.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

Gráfico 06 .

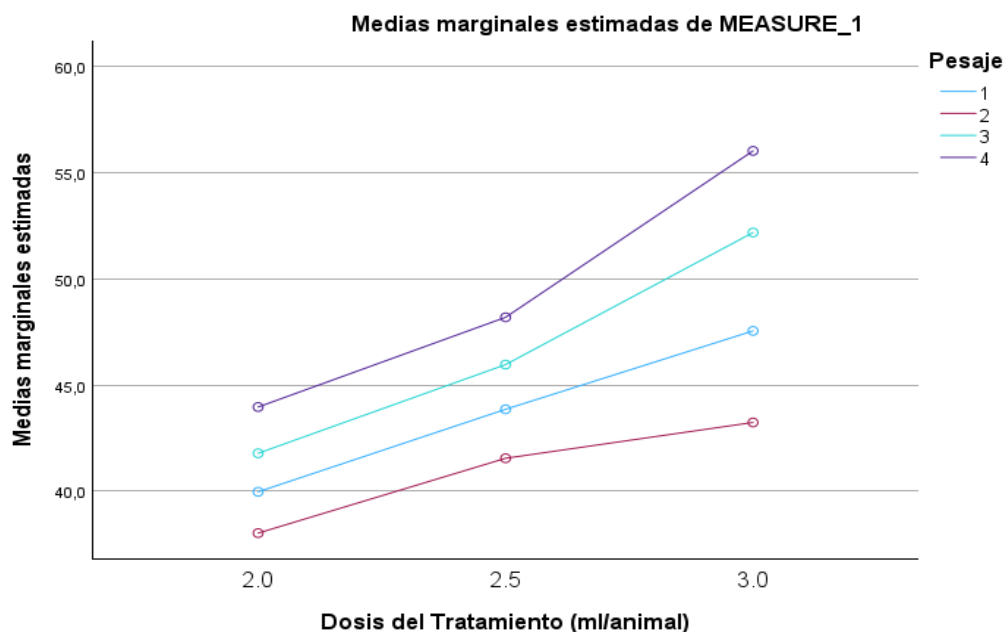
Interacción *Pesaje*dosis de tratamiento*



Se muestra, en el grafico n° 06 que con las dosis de tratamiento de vitamina B12 de 2,00 ml y 2,50 ml con el paso del tiempo hasta el cuarto pesaje; aumentan la ganancia de peso en los lechones y además es similar en los lechones que les fue aplicada la dosis de 3,00 ml. Sin embargo; en los pesajes 3 y 4 la ganancia de peso es mucho mayor en los lechones que les fue aplicado las dosis de 3,00 ml de vitamina B12. En el grafico no se observa interacción debido a que el comportamiento de las líneas es aproximadamente paralelo en el mismo.

Gráfico 07 .

Interacción *Dosis de tratamiento* Pesaje*



En el grafico n° 07; se visualiza que la mayor ganancia de peso fue obtenida con la dosis de 3,00 ml; observando un incremento del 6% en los pesaje, a lo largo de las cuatro semana del tratamiento. En el grafico no se observa interacción debido a que el comportamiento de las líneas es aproximadamente paralelo en el mismo.

CUADRO 20.

Estimaciones de los parámetros del modelo para el contraste 0,01

Estimaciones de parámetro

Variable dependiente	Parámetro	B	Desv. Error	t	Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
						Límite inferior	Límite superior
Pesaje N° 2	Intersección	47,553	1,123	42,355	<.001	44,524	50,583
	[Dosis del Tratamiento lani mal=2.0]	-7,580	1,588	-4,774	<.001	-11,864	-3,296
	[Dosis del Tratamiento lani mal=2.5]	-3,693	1,588	-2,326	.025	-7,977	.591
	[Dosis del Tratamiento lani mal=3.0]	0 ^a	.	.	.	.	.
Pesaje N° 1	Intersección	43,240	1,114	38,822	<.001	40,235	46,245
	[Dosis del Tratamiento lani mal=2.0]	-5,213	1,575	-3,310	.002	-9,463	-.963
	[Dosis del Tratamiento lani mal=2.5]	-1,687	1,575	-1,071	.290	-5,937	2,563
	[Dosis del Tratamiento lani mal=3.0]	0 ^a	.	.	.	.	.
Pesaje N° 3	Intersección	52,187	1,056	49,438	<.001	49,339	55,035
	[Dosis del Tratamiento lani mal=2.0]	-10,400	1,493	-6,967	<.001	-14,428	-6,372
	[Dosis del Tratamiento lani mal=2.5]	-6,220	1,493	-4,167	<.001	-10,248	-2,192
	[Dosis del Tratamiento lani mal=3.0]	0 ^a	.	.	.	.	.
Pesaje Final (kg)	Intersección	56,033	1,058	52,959	<.001	53,179	58,888
	[Dosis del Tratamiento lani mal=2.0]	-12,067	1,496	-8,064	<.001	-16,104	-8,029
	[Dosis del Tratamiento lani mal=2.5]	-7,840	1,496	-5,240	<.001	-11,877	-3,803
	[Dosis del Tratamiento lani mal=3.0]	0 ^a	.	.	.	.	.

a. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.

CUADRO 21.

Estimaciones de los parámetros del modelo para el contraste 0,05

Estimaciones de parámetro

Variable dependiente	Parámetro	B	Desv. Error	t	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Pesaje N° 2	Intersección	47,553	1,123	42,355	<.001	45,288	49,819
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.0]	-7,580	1,588	-4,774	<.001	-10,784	-4,376
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.5]	-3,693	1,588	-2,326	,025	-6,898	-4,489
	[DosisdelTratamientomlanimal=3.0]	0 ^a	.	.	.	.	.
Pesaje N° 1	Intersección	43,240	1,114	38,822	<.001	40,992	45,488
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.0]	-5,213	1,575	-3,310	,002	-8,392	-2,035
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.5]	-1,687	1,575	-1,071	,290	-4,865	1,492
	[DosisdelTratamientomlanimal=3.0]	0 ^a	.	.	.	.	.
Pesaje N° 3	Intersección	52,187	1,056	49,438	<.001	50,056	54,317
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.0]	-10,400	1,493	-6,967	<.001	-13,413	-7,387
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.5]	-6,220	1,493	-4,167	<.001	-9,233	-3,207
	[DosisdelTratamientomlanimal=3.0]	0 ^a	.	.	.	.	.
Pesaje Final (kg)	Intersección	56,033	1,058	52,959	<.001	53,898	58,169
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.0]	-12,067	1,496	-8,064	<.001	-15,086	-9,047
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.5]	-7,840	1,496	-5,240	<.001	-10,860	-4,820
	[DosisdelTratamientomlanimal=3.0]	0 ^a	.	.	.	.	.

a. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.

CUADRO 22.

Estimaciones de los parámetros del modelo para el contraste 0,1

Estimaciones de parámetro

Variable dependiente	Parámetro	B	Desv. Error	t	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
						Límite inferior	Límite superior
Pesaje N° 2	Intersección	47,553	1,123	42,355	<.001	45,665	49,442
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.0]	-7,580	1,588	-4,774	<.001	-10,251	-4,909
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.5]	-3,693	1,588	-2,326	,025	-6,364	-1,023
	[DosisdelTratamientomlanimal=3.0]	0 ^a	.	.	.	.	.
Pesaje N° 1	Intersección	43,240	1,114	38,822	<.001	41,367	45,113
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.0]	-5,213	1,575	-3,310	,002	-7,863	-2,564
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.5]	-1,687	1,575	-1,071	,290	-4,336	,963
	[DosisdelTratamientomlanimal=3.0]	0 ^a	.	.	.	.	.
Pesaje N° 3	Intersección	52,187	1,056	49,438	<.001	50,411	53,962
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.0]	-10,400	1,493	-6,967	<.001	-12,911	-7,889
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.5]	-6,220	1,493	-4,167	<.001	-8,731	-3,709
	[DosisdelTratamientomlanimal=3.0]	0 ^a	.	.	.	.	.
Pesaje Final (kg)	Intersección	56,033	1,058	52,959	<.001	54,254	57,813
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.0]	-12,067	1,496	-8,064	<.001	-14,583	-9,550
	[DosisdelTratamientomlanimal=2.5]	-7,840	1,496	-5,240	<.001	-10,357	-5,323
	[DosisdelTratamientomlanimal=3.0]	0 ^a	.	.	.	.	.

a. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.

Validación de las hipótesis del Modelo

Con respecto a la validación del modelo; procedemos a validar las hipótesis de circularidad (matriz de varianzas-covarianzas), normalidad, homogeneidad e independencia de los residuos de los datos obtenidos en la ejecución experimental del diseño.

Contraste de Hipótesis de Circularidad

Verificando la condición de esfericidad para la matriz de varianza-covarianzas combinada; a través del p -valor asociado al estadístico W de Mauchly siendo (0.00) menor que 0.05, no podemos asumir la condición de circularidad con este estadístico. No obstante, aplicando la solución propuesta por Girden (1992); quien recomendó una solución cuando no se cumple la hipótesis de circularidad (estadístico Mauchly) explicando que: cuando ϵ es $> .75$, se debe aplicar la corrección de Huynh-Feldt (siendo más robusto), en este caso el valor es 0,79 por lo que se puede aplicar (Cuadro N° 23).

Notar en cualquier caso que esta hipótesis no es importante en mi estudio dado que solo afecta a los contrastes de los factores intra-sujetos, que no son el objetivo de este estudio, dado que lo que nos interesa es saber la dosis de vitamina adecuada (factor inter-sujeto).

CUADRO 23.

Test de Mauchly para la matriz de varianza-covarianzas combinada

Prueba de esfericidad de Mauchly^a

Medida: MEASURE_1

Efecto intra-sujetos	W de Mauchly	Chi-cuadrado aprox.	Gl	Sig.	Epsilon ^b		
					Greenhouse- Geisser	Huynh-Feldt	Límite-inferior
PESAJE	,563	23,378	5	,000	,716	,792	,333

Contrasta la hipótesis nula de que la matriz de covarianza error de las variables dependientes transformadas es proporcional a una matriz identidad.

a. Diseño: Intersección + DosisdelTratamientoanimal

Diseño intra-sujetos: PESAJE

b. Puede usarse para corregir los grados de libertad en las pruebas de significación promediadas. Las pruebas corregidas se muestran en la tabla Pruebas de los efectos inter-sujetos.

Contraste de hipótesis de homogeneidad

Revisando el contraste mediante el estadístico de Levene (Cuadro N° 24); se contrasta la hipótesis de igualdad de varianzas entre los niveles del factor inter-sujetos para cada nivel del factor intra-sujetos (la matriz de referencia es del pesaje 1 y se compara con la del pesaje 2, pesaje 3 y la del pesaje 4), en tal sentido como los cuatros p -valores 0,274 - 0,276 - 0,340 y 0,226 son mayores que 0,05 no podemos rechazar la hipótesis de igualdad de varianzas en ninguno de los cuatro niveles del factor pesaje.

CUADRO 24.

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

	F	gl1	gl2	Sig.
Pesaje N° 01 (kg)	1,337	2	42	,274
Pesaje N° 02 (kg)	1,327	2	42	,276
Pesaje N° 03 (kg)	1,106	2	42	,340
Peso (kg) final del	1,542	2	42	,226

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección + Dosis del Tratamiento animal

Diseño intra-sujetos: PESAJE

Contraste de hipótesis de normalidad

Para la prueba de normalidad de los residuos; debo señalar que debido al tamaño de la muestra de 45 animales, se empleo la prueba del estadístico de Shapiro- Wilk siendo los p -valores del estadístico para los cuatro niveles del factor intra (pesaje) 0,643; 0,672; 0,427 y 0,367 respectivamente $> 0,05$; entonces no rechazamos la hipótesis de que los residuos son normales; visualizando en los gráficos n° 08, 09, 10 y 11. (Cuadro N.° 25)

CUADRO 25.

Contraste de Normalidad de los Residuos

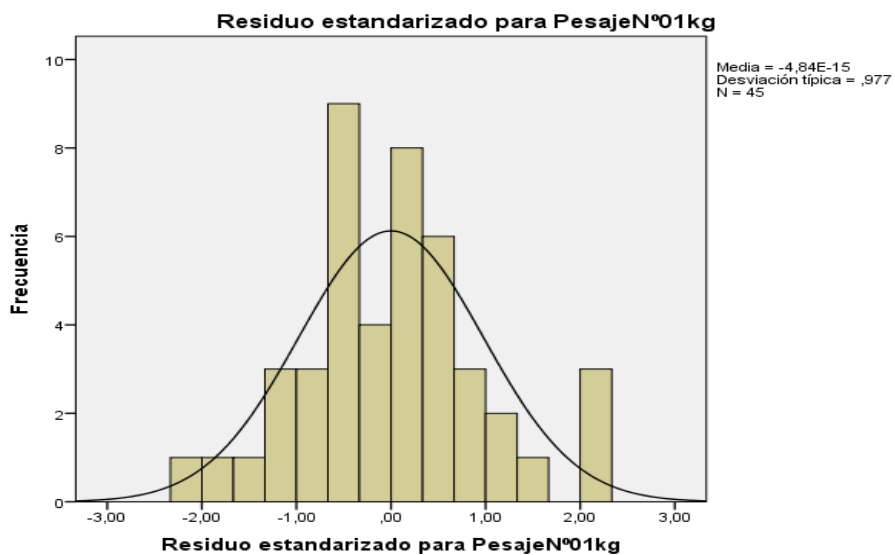
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo estandarizado para PesajeN°01kg	,065	45	,200 [*]	,981	45	,643
Residuo estandarizado para PesajeN°02kg	,075	45	,200 [*]	,981	45	,672
Residuo estandarizado para PesajeN°03kg	,082	45	,200 [*]	,975	45	,427
Residuo estandarizado para Pesokgfinaldel	,081	45	,200 [*]	,973	45	,367

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Gráfico 08.

Residuos estandarizados para Pesaje N° 01

**Gráfico 09.**

Residuos estandarizados para Pesaje N° 02

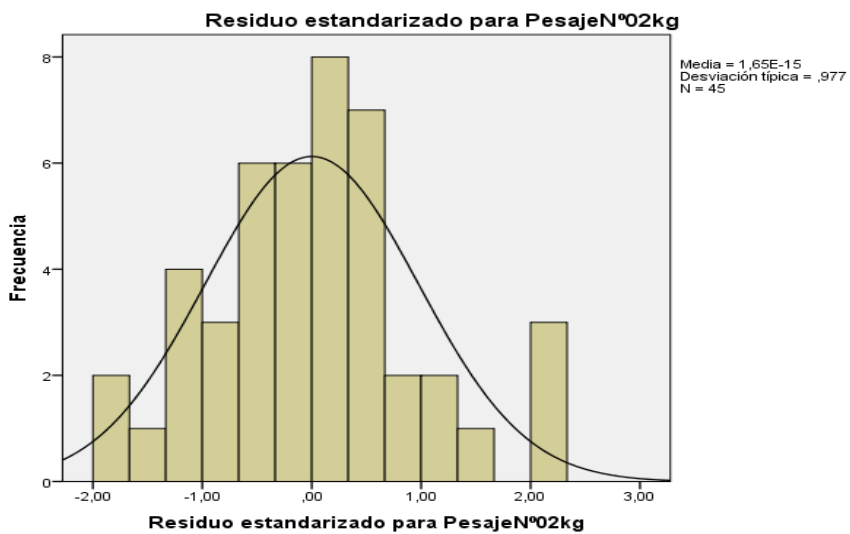
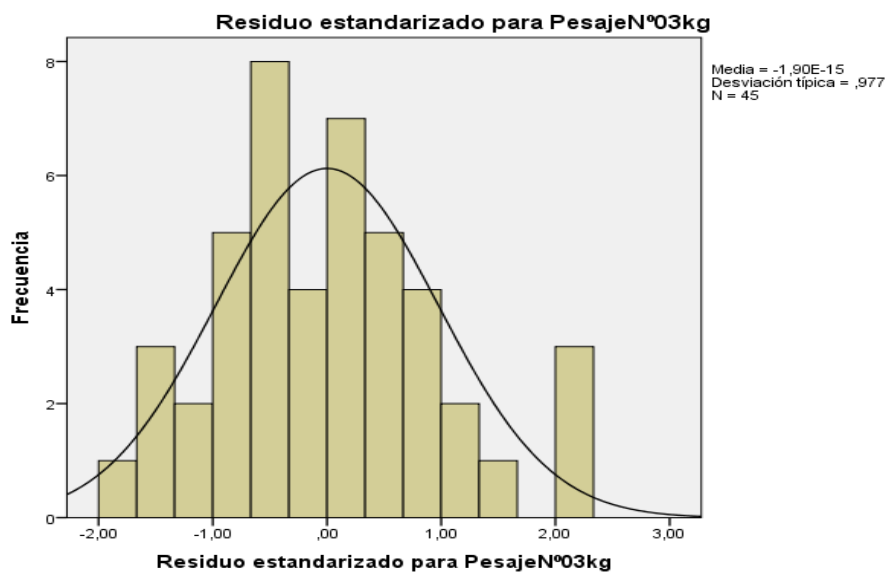
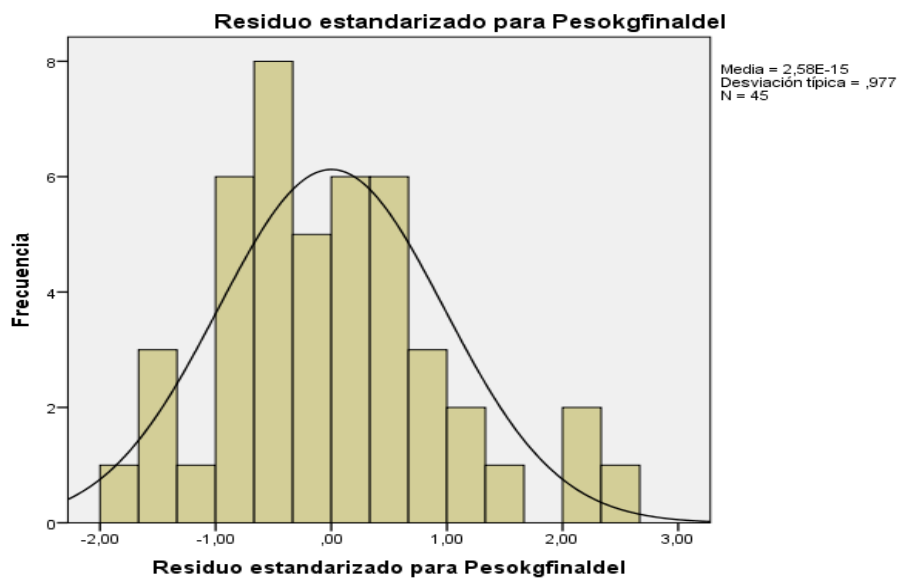


Gráfico 10.

Residuos estandarizados para Pesaje N° 03

**Gráfico 11.**

Residuos estandarizados para Pesaje Final



Contraste de hipótesis de independencia

La hipótesis de independencia está garantizada por la elección por sorteo de los cerdos y el control exhaustivo de las condiciones de análisis. Podríamos plantearnos hacer un test de Rachas para comprobarlo, pero para ello sería necesario disponer de un orden en la toma de los datos y no disponemos de ello. No obstante, como ya se ha comentado no debería ser una hipótesis que se pueda poner en duda.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES ESTADÍSTICAS Y DE NEGOCIO

En este capítulo se explica en resumen los principales resultados obtenidos en el proceso de análisis de los datos; en torno a la efectividad de la vitamina B12 en el periodo de engorde en cerdos en fase de crecimiento, utilizado en explotaciones de tipo convencionales a fin de mejorar e incrementar la ganancia de peso diaria para garantizar un rendimiento en canal y en pie (vivo).

Conclusiones Estadísticas

Como finalidad principal de esta investigación fue, evaluar los efectos de la Vitamina B12 en la ganancia de peso de lechones para engorde del cruce Landrace – Pietrain en fase de crecimiento, en la Unidad de Producción Puerto Miranda – Estado Guárico; el cual fue anclado por una serie de variables independientes como el peso inicial antes del tratamiento, edad, sexo, raza, ración del alimento, que permitieron un comportamiento intrínseco de la variable dependiente como es la ganancia de peso, con la aplicación de tres dosis de vitamina b12 durante un lapso de 30 días.

Para la estimación de los efectos de los tratamientos, en la ganancia de peso de lechones para engorde del cruce Landrace – Pietrain en fase de crecimiento; se empleo la estadística descriptiva y el análisis de varianza Multivariado (Manova), donde se determino que la ganancia de peso es diferente en el transcurrir de las cuatros semanas con las tres dosis de vitamina B12; siendo el estadístico p-valor $(0,000) < 0,05$. En los descriptivos se puede aprecia la diferencia de media en los pesos hasta el final del tratamiento, obteniendo una ganancia diaria que oscila desde el primer pesaje (40,340 Kg) en 1.364 gramos /día hasta 1.646 gramos /día hasta el cuarto pesaje (49,398 Kg); por lo tanto la Vitamina B12 incide en la ganancia diaria de peso. En el Grafico n° 07; se evidencia que la dosis del tratamiento III (3,00ml), obtuvo mayor ganancia de peso, en el

periodo de un mes, que posiblemente sea la dosis más adecuada para acelerar el engorde en los lechones.

Con respecto a, establecer diferencias entre los tratamientos mediante un diseño de experimento de medidas repetidas; se empleo la comparación múltiples (Bonferroni) y por pares del factor inter-sujeto e intra-sujeto, en tal sentido el estadístico de prueba de comparación múltiple para los niveles del factor inter-sujeto se empleó los tres tipos de contraste 0,01; 0,05 y 0,1; el resultado para el nivel de confianza 99% (contraste 0,01) indica que existe diferencias significativas entre las dosis de tratamiento con vitamina B12 de 2,00 ml, con respecto a las dosis de 3,00 ml siendo el p-valor $0,001 < 0,01$ y las dosis 2,50 ml y 3,00 ml cuyo p-valor $0,008 < 0,01$; sin embargo no existen diferencias significativas entre la dosis 2,00 ml y 2,50 ml siendo su p-valor $0,04 > 0,01$. Cabe destacar, que la dosis recomendada para incrementar la ganancia de peso; es la que corresponde al tratamiento III (3,00 ml). Sin embargo, se puede considerar el tratamiento I y descartar el tratamiento II.

Ahora bien, en las comparaciones por pares de media para los niveles del factor inter-sujeto con respecto a los niveles del factor intra-sujeto para los contrastes 0,01; 0,05 y 0,1; se puede evidenciar que el pesaje de la primera semana luego del tratamiento, difiere significativamente en los pesajes de la segunda, tercera y cuarta semana.

En atención, a la comprobación de la validación del modelo en estudio; la prueba de esfericidad de Mauchly resulto significativa (p-valor $0,00 < 0,05$), en tal sentido se procedió aplicar la prueba de corrección de Huynh-Feldt recomendada por Girden (1992); explicando que cuando $\epsilon > .75$; se utiliza esta prueba debido a su fuerte robustez. Siendo la corrección Huynh-Feldt de 0,79; entonces vale decir que existe evidencia estadística para aceptar que no existe diferencia entre las varianzas de las diferencias de algún par de los tratamientos

cualesquiera. Se debe señalar que esta hipótesis no es importante en mi estudio dado que solo afecta a los contrastes de los factores intra-sujetos, que no son el objetivo de esta investigación, dado que lo que nos interesa es saber la dosis de vitamina adecuada (factor inter-sujeto).

Para validar la homocedasticidad (igualdad de varianzas); se utilizó el estadístico de Levene cuyos p -valores son 0,274 - 0,276 - 0,340 y 0,226 $>$ 0,05. Se evidencia que se acepta la igualdad de varianzas del error entre los niveles del factor inter-sujetos para cada nivel del factor intra-sujetos. En relación a la hipótesis de normalidad de los residuos; se empleó el estadístico de Shapiro- Wilk, siendo los p -valores del estadístico para los cuatro niveles del factor intra (pesaje) 0,643; 0,672; 0,427 y 0,367 respectivamente $>$ 0,05 por lo tanto, existe evidencia estadística para no rechazar la H_0 . Observando los Gráficos nº 08, 09, 10 y 11; se aprecia la distribución normal de los residuos.

En el caso de la hipótesis de independencia de los residuos; está garantizada por la elección por sorteo de los cerdos y el control exhaustivo de las condiciones de análisis. Se pudiera plantear hacer un test de Rachas para comprobarlo, para tal fin se debe disponer de un orden en la toma de los datos y no disponemos de ello. En tal sentido, como se ha comentado anteriormente; debería ser una hipótesis que se pueda poner en duda.

Conclusiones de negocio.

El modelo de medidas repetidas determinó que existen diferencias significativas en la ganancia de peso con las distintas dosis de Vitamina B12; siendo la dosis de 3,00 ml la más adecuada para incrementar el peso en un lapso de tiempo de cuatro semanas, puesto que la misma logró una mayor cantidad de kilogramos durante el experimento.

REFERENCIAS.

- ACOSTA E, RIBERA S, BOTERO R, TAYLOR R. (2006) Evaluación de tres alternativas para la situación del concentrado comercial en el engorde de cerdos. *Tierra tropical.*; 2(2): 97-104.
- AGUILA, R. (2010). *Nutrición Porcina 2010. ¿Qué tenemos a dónde vamos?.* GRUPO NUTEC. México.
- AMAT RODRIGO, J. (2016). Análisis de la homogeneidad de varianza (homocedasticidad). available under a Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) at https://www.cienciadedatos.net/documentos/9_homogeneidad_de_varianza_homocedasticidad.html
- ALLAIRE, J., YIHUI, X., MCPHERSON, J., LURASHI, K., & IANNONE, R. (2019). *Rmarkdown: Dynamic Documents for R.* Escuela de Humanidades de la Universidad Nacional San Martín. <https://cran.r-project.org/package=rmarkdown>.
- ANIMAPEDIA. Cerdo. (marzo, 2021). <http://animapedia.org/animales-terrestre/cerdo>.
- ARIAS, F. (2012) *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica.* (6a ed.). Caracas: Episteme. 143p.
- BALLUERKA, N. & VERGARA A.I. (2002). *Diseños de Investigación Experimental en Psicología.* España: Pearson Educación S.A.
- BALZARINI, M., CASANOVES, F., DI RIENZO, J.A., GONZÁLEZ, L.A. & ROBLEDO, C.W. (2001). *Infostat. Versión 1.* Córdoba. Argentina. Pp. 156-159.
- BARRIOS, R & SILVA R. (2019). Pertinencia del uso del análisis estadístico de medidas repetidas en la investigación agrícola. *Agronomía Tropical.* Vol. 69. 9 – 17 pp. Monagas Venezuela.

- BERICAT, E. (1998). La integración de los métodos cualitativo y cuantitativo en la investigación social. Barcelona: Ariel.
- BOX-COX (1954) . Los anales de estadísticas matemáticas, 290-302.
- CAMPABADAL C. (2009). Guía técnica para alimentación de cerdos. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- CARBAJAL, A. (2013) Manual de Nutrición y Dietética. Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid.
- CARMONA, M., & CARRIÓN, H. (2015). Potencia de la prueba estadística de normalidad Jarque-Bera frente a las pruebas de Anderson-Darling, Jarque-Bera robusta, Chi cuadrada, Chen-Shapiro y Shapiro-Wilk [Universidad Autónoma del Estado de México]. <https://core.ac.uk/download/pdf/159384191.pdf>.
- COLLIER, RO, JR., BAKER, FB, MANDEVILLE, GK Y HAYES, TF (1967). "Estimaciones del tamaño de la prueba para varios procedimientos de prueba basadas en relaciones de varianza convencionales en el diseño de medidas repetidas". Psychometrika. 32 : 339–353. doi : 10.1007 / bf02289596 .CS1 maint: varios nombres: lista de autores (enlace).
- CHO ,J.H., N. LU, M.D. LINDEMANN. (2017). Efecto de la suplementación con vitaminas sobre el crecimiento y las características de la canal de los cerdos. Livestock Science 204 .2017. 25–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2017.08.007>.
- COBB, G. W. (1998), Introduction to design and analysis of experiments, Springer, New York.
- COLE, V.W.L. & GRIZZLE, J.E. (1966). Applications of multivariate analysis of variance to repeated measures experiments. Biometrics 41:505.

- DATATAB TEAM (2022). DATAtab: Online Statistics Calculator. DATAtab e.U. Graz, Austria. URL <https://datatab.net>.
- DENG Q, WANG Y, WANG X, WANG Q, YI Z, XIA J, HU Y, ZHANG Y, WANG J, WANG L, JIANG S, LI R, WAN D, YANG H, YIN Y. (2021) Efecto del nivel de hierro en la dieta sobre el crecimiento, estado hematológico y función intestinal en cerdos de engorde. *Journal of Animal Science*. 2021; 99(1): 1–11. <https://doi.org/10.1093/jas/skab002>
- DURÁN RFD, NARANJO J, PARDO RNA. (2017) Manual de nutrición animal. Grupo latino editores Ltda. Colombia. 127.
- ESTADÍSTICAS DE LAERD. (2020) Esfericidad. <https://statistics.laerd.com/>.
- FERNANDEZ, R., TRAPERO, A., & DOMINGUEZ, J. (2010). Experimentación en agricultura. Consejería de Agricultura y Pesca. Servicios de Publicaciones y Divulgaciones. Andalucía- España. 350pp.
- FIELD, AP (2005). Descubrimiento de estadísticas con SPSS . Publicaciones Sage.
- FISCHER, R. A. (1923) *Statistical Methods for Research Workers*. Edimburgo. Oliver and Boyd.
- FISCHER, R. A (1935). *The design of experiments*. Oliver & Boyd.
- GENETIPORC. (2011). Guía de consumo de alimento en base a la edad y el sexo.
- GERMAN, C., CAMACHO, J., & GALLEGOS, J. (2005). Producción de Cerdos. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. <http://www.ciap.org.ar/sitio/Archivos/14960672-Manualdeproducciondecerdos.pdf>. 2005.
- GIRDEN, E. R. (1992). *ANOVA: medidas repetidas*. Newbury Park, CA: Sage.
- GREPE N. (2001). Crianza de porcinos. Ed. Iberoamericana S.A. de C.V. México, D.F. 45.

- GREENHOUSE, S. W. Y GEISSER, S. (1959). "Sobre métodos en el análisis de datos de perfil". *Psychometrika* , 24, 95-112.
- GÓMEZ, S., TORRES, V., GARCÍA, Y. & NAVARRO, J.A. (2012). Procedimientos estadísticos más utilizados en el análisis de medidas repetidas en el tiempo en el sector agropecuario. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 46, Número 1.
- GUZMÁN, J.(2007). *El cerdo de carne*. Zootecnia. Biología y explotación comercial. (2da.ed). Espasande SRL editores. Venezuela.
- GTUSH. Cerdo. <http://www.gtush.com/cerdo/>.
- HERNÁNDEZ, R. S., COLLADO, F. C., Y LUCIO, B. P. (2003) *Metodología de la Investigación*. (3ra. ed). Chile: Mc Graw Hill.579p.
- HERNÁNDEZ, R. S., COLLADO, F. C., Y LUCIO, B. P. (2013) *Metodología de la Investigación*. (5ta. ed). Chile: Mc Graw Hill.600p
- HERNÁNDEZ, R. S., COLLADO, F. C., Y LUCIO, B. P. (2014) *Metodología de la Investigación*. (6ta. ed). Chile: Mc Graw Hill.634p.
- HINTON, PR, BROWNLOW, C. Y MCMURRAY, I. (2004). *Explicación de SPSS*. Routledge.CS1 maint: varios nombres: lista de autores (enlace).
- HOWELL, DC (2009). *Métodos estadísticos para la psicología*. Publicación de Wadsworth.
- HUYNH, H. Y FELDT, L. S. (1976). "Estimación de la corrección de Box para grados de libertad a partir de datos de muestra en diseños de bloques aleatorios y parcelas divididas". *Revista de estadísticas educativas*, 1, 69–82.
- HURTADO, J. (2006). *El proyecto de investigación. Metodología de la Investigación Holística*. (4ta. ed). Bogotá: Quito.

- KUEHL, R. (2001), Diseño de experimentos: principios estadísticos de diseño y análisis de investigación, Thomson Learning, México.
- LEVENE, H. (1960). "Robust tests for equality of variances" en I. Olkin, ed, Contributions of probability and statistics, Palo alto, C.a., Stanford University Press, pp. 278-292.
- LITTELL, R.C., HENRY, P.R. & AMMERMAN, C.B. (1998). Statistical Analysis of Repeated Measures Data Using SAS Procedures. Dep. Statistics Animal Sci. University of Florida, Gainesville. p. 42-46
- LOHR, S.L. (1999). Sampling: Design and Analysis (2da Ed.). EE.UU: Arizona State University.
- MAXWELL, SE Y DELANEY, HD (1990). Diseñar experimentos y analizar datos: una perspectiva de comparación de modelos. Belmont: Wadsworth.
- MAUCHLY, J. W. (1940). "Prueba de significancia para la esfericidad de una distribución n-variable normal ". The Annals of Mathematical Statistics, 11, 204-209
- MEAD, R. (1991), The design of experiments: statistical principles for practical applications, Univ. Press, Cambridge.
- NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH. Vitamina B12. (2021) <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminB12-DatosEnEspañol/#:~:text=La%20vitamina%20B12%20es%20un,presente%20en%20todas%20las%20células.>
- NOVALES, A. - Cinca. 1994. Econometría. Madrid: McGraw Hill, 1994. 84-481-0128-6
- NOVALES, A. (2010). Análisis de regresión. Universidad Complutense de Madrid. [https://www.ucm.es/data/cont/docs/518-2013-11-13-Analisis de Regresion.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/docs/518-2013-11-13-Analisis%20de%20Regresion.pdf)

- NUÑEZ, M & BONO, R. (2020). Diseño de Investigación en Psicología. Universidad de Barcelona. Barcelona- España.
- O'BRIEN, RG Y KAISER, MK (1985). "El enfoque MANOVA para analizar diseños de medidas repetidas: un manual extenso". Boletín psicológico. 97 : 316–333. doi : 10.1037 / 0033-2909.97.2.316 .
- ROMO-VALDEZ, JUAN; ROMO-VALDEZ ,ANA; MONTERO-PARDO, ARNULFO; URÍAS-CASTRO, CHRISTIAN; GÜÉMEZ-GAXIOLA, HÉCTO & ROMO-RUBIO, JAVIER. (2019). Suplementación con zinc orgánico y rendimiento productivo de cerdos en ambiente caluroso. Revista Abanico Veterinario. Vol 9. <https://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario/issue/view/42>.
- ROLDÁN GJC, DURÁN RF. (2006). Manual de explotación y reproducción en porcinos, (1ra. ed). Editorial grupo latino. Colombia.
- ROSTAGNO, H. (2011). Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. (2da. ed). Universidade Federal de Vicosa- Brasil.
- SEGURA, J., HONHOLD, N. (2000). Métodos de muestreo para la producción y la salud animal. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México.
- TOKACH, M. (2006). Programa de nutrición para cerdos en crecimientos y finalización Kansas State University.
- PAULINO, J. (2016). Nutrición de los cerdos en crecimiento y finalización. <http://https://www.elsitioporcino.com/articles/2683/nutrician-de-los-cerdos-en-crecimiento-y-finalizacian-1-introduccian/>.

QUISIRUMBAY GAIBOR, J. R. (2019). Vitamina D, Calcio Total y Fósforo Digestible en la Nutrición Porcina: Recomendaciones Nutricionales. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 29(1):6-16. <http://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.01.2019>.

UNIVERSO PORCINO. Razas Porcinas. http://www.universoporcino.com/razas_porcinas/index.html.

VALENTI, I. (2004). Cobalamina en alimentación de porcinos. http://www.3tres3.com/latam/articulos/cobalamina-en-alimentacion-de-porcino_9652/.

ANEXOS.

Anexo B
Galería de Fotos



Foto N°01. Pesaje de Lechones



Foto N°02. Lechones Corral 1B



Foto N°03 Proceso de Pesaje



Foto N° 04. Lechones Corral 1C



Foto N°05. Lechones Despachados



Foto N° 06. Aplicación de Vitamina B12