

Estimación del peso de engorde en cerdos: modelos de regresión múltiple

Estimation of fattening weight in pigs: design of multiple regression models

DOI: 10.46932/sfjdv5n2-019

Received on: December 29th, 2023

Accepted on: February 02nd, 2024

Víctor Javier Garzón Montealegre

Maestría en Economía Agraria

Institución: Universidad Politécnica Estatal del Carchi

Dirección: Antisana y Av. Universitaria, Tulcán, Ecuador

E-mail: victor.garzon@upec.edu.ec

Iván Ramírez-Morales

Doctor en Medicina Veterinaria y Zootecnia

Institución: Universidad Técnica de Machala

Dirección: Av. Panamericana km 5 ½ vía a Pasaje, Machala, Ecuador

E-mail: iramirez@utmachala.edu.ec

RESUMEN

Implementando un Modelo de Regresión Lineal Múltiple en un sistema semi-intensivo para la cría de cerdos de engorde y aplicando una investigación con enfoque cuantitativo de tipo correlacional, tomando datos secundarios para alimentar el Modelo de Regresión Lineal Múltiple, fue posible identificar los factores que estaban afectando la producción en la finca porcícola EMA del cantón Atahualpa, los resultados fueron relevantes para la toma de decisiones, los hallazgos de la investigación mostraron, que el peso promedio para la venta de los cerdos se incrementó en 1.99 Kg cuando los cerdos fueron destetados entre 26 y 39 días, por otro lado el modelo fue capaz de identificar, que por cada incremento unitario en el peso de los lechones al día del destete, el peso de venta de los cerdos disminuye en aproximadamente 4.02 Kg.

Palabras clave: sistema semi intensivo, días al destete, modelo matemático.

ABSTRACT

By implementing a Multiple Linear Regression Model in a semi-intensive system for breeding pigs for fattening and applying a quantitative correlational approach research, taking secondary data to feed the Multiple Linear Regression Model, it was possible to identify the factors that were affecting production in the EMA pig farm in the canton Atahualpa, the results were relevant for decision making, the research findings showed that the average weight for selling pigs increased by 1.99 kg when the pigs were weaned between 26 and 39 days, on the other hand the model was able It must be identified that for each unit increase in the weight of piglets at the day of weaning, the selling weight of pigs decreases by approximately 4.02 kg.

Keywords: semi-intensive system, days at weaning, mathematical model.

1 INTRODUCCIÓN

Según la ESPAC, (2021), en el sector ganadero del Ecuador predomina el ganado vacuno, con una producción de 4.07 millones de cabezas, seguido del ganado porcino que registra una producción de 1.054 millones de cabezas, del total del ganado porcino, el 43.46 % es de raza, el 27.13 % es de tipo mestizo y el 29.41 % corresponde al tipo criollo, además se registra que, en la región sierra, está concentrada la mayor producción con 1.62 millones de cabezas, seguido de la región costa con una producción de 0.81 millones de cabezas.

La producción de cerdos en el Ecuador no se ha desarrollado en su totalidad, los sistemas de explotaciones intensivos giran en torno a las grandes empresas debido a que estos elaboran sus productos para su línea de alimentación; otras empresas elaboran balanceados para la comercialización, imposibilitando al pequeño productor adquirir este tipo de insumos por los precios de venta al público, los cuales optan por alimentar a los animales de manera tradicional. (Villacrés et al., 2018).

La producción de cerdos es una de las prácticas agropecuarias más representativas a nivel global, debido al alto consumo de su carne y derivados, la escala de sus explotaciones ha ido en aumento a través del tiempo, sin embargo, muchas de sus características y elementos aún se mantienen desconocidos, ante esto es “importante que los productores, instituciones relacionadas con la producción y técnicos, tengan acceso a información actualizada y concisa que les facilite generar programas en relación a la crianza de porcinos y a su labor profesional” (Román, 2015).

En el país, la producción porcina se identifica como una práctica sustancial para los ingresos económicos por producciones agropecuarias al estado, por tanto, se debe tener en cuenta en mantener los mejores niveles de producción, a fin de propiciar un producto de calidad, inocuo y sin riesgos para la salud pública, por lo que es necesario realizar un diagnóstico de la problemática social, sanitaria y económica de estas producciones (Muñoz et al., 2020).

La elaboración de alimento balanceado es muy importante en la producción de cerdos; en Ecuador se encuentra centrada en tres grandes grupos, que son, AFABA (Asociación de Alimentos Balanceados de la Sierra) con el 40% de la producción a nivel nacional, APROBAL (Asociación de Productores de Balanceados del Litoral) con 28% de la producción y, finalmente Pronaca, es la empresa que mayor balanceado produce a nivel nacional, pero la mayor parte de la producción es destinada para su propia línea de negocio. Estas empresas utilizan principalmente tres materias primas para la elaboración de alimentos balanceados las cuales son maíz, trigo y pasta de soya (Villacrés et al., 2018).

Con estos antecedentes se justifica este trabajo de investigación con el objetivo de proveer al productor pequeño de carne de cerdo de la parte alta de la provincia de El Oro, herramientas que le permitan, mejorar su producción, mantener una economía sostenible a largo plazo, incrementar el abasto del producto para cubrir las necesidades nacionales con un producto de calidad de calidad y sin riesgos

para la salud pública, ya que en la actualidad la producción se encuentra en un monopolio dominado por las grandes empresas que dedican la mayor parte de su producción para cubrir sus propias necesidades.

Debido a la creciente demanda que existe en la actualidad por la carne de cerdo, es de suma importancia incrementar los niveles de producción, especialmente en el sector de los pequeños productores, para ostentar una economía sostenible en el tiempo, el cantón Atahualpa de la provincia de El Oro, se encuentra la finca porcícola EMA, la cual cuenta con un sistema semi-intensivo de producción de carne de cerdo, en la actualidad los niveles de producción no son los deseables, encontrándose la producción por debajo de la media, con un promedio de 10 cerdos vendidos por cada cerda, al año, si bien es cierto la granja cuenta con un sistema tecnificado, el productor está interesado en determinar las causas de la baja producción que experimenta su negocio, para afrontar este problema se ha propuesto el diseño de un modelo de regresión lineal múltiple, para identificar las variables que están afectando directamente la producción de la granja en este trabajo de investigación se han planteado los siguientes objetivos:

1. Identificar las variables que obran en el sistema de producción de la granja porcícola, analizando su comportamiento.
2. Diseñar el modelo de regresión múltiple, tomando las variables de mayor incidencia del sistema como variables de entrada del modelo.
3. Interpretar los resultados a partir de las variables respuesta del modelo, para la toma de decisiones en la granja porcícola EMA del cantón Atahualpa.

2 DESARROLLO

El proceso de producción porcina está constituido por un número de etapas (reproducción, transición y ceba) interconectadas entre sí, cada una juega un determinado rol en la cadena productiva. En función de lo anterior la producción se puede realizar en varias granjas, que se especializan en determinada etapa de la cadena de producción o en una granja de ciclo completo (Fernández, 2013, p. 3).

Estudios del sistema de producción porcino coinciden en la importancia de una gestión efectiva de cada una de las etapas del ciclo productivo, como premisa para una efectividad integral del proceso, en función de ello se han identificado varios factores que han merecido una atención especial (Babot, et al. 2005).

Una etapa crítica y posiblemente la más importante del proceso, es la obtención de los lechones destetados, que se desarrolla en las granjas de reproductoras, la baja heredabilidad para este factor complica mucho la selección de las reproductoras en función de él (Fernández, 2013, p. 3).

El proceso de producción en la finca EMA es de tipo semi-intensivo, por esta razón nos vamos a enfocar en este tipo de sistema, con el objetivo de identificar las componentes del sistema y posterior identificación de las variables de mayor relevancia.

Como prerequisite para obtener una buena producción se necesita conocer al cerdo, sus tipos y razas, así como su anatomía externa e interna, la productividad de una granja depende de la calidad de sus pies de cría, de ahí la importancia de realizar una adecuada selección genética de los mismos, para tener mayores posibilidades éxito en la reproducción y cría de lechones, se distinguen dos tipos de cerdos: cerdos del tipo cárnico y cerdos del tipo grasa, los cerdos de tipo grasa, como la raza Berkshire han perdido popularidad porque los consumidores prefieren la carne magra, otra razón es que la conversión alimenticia es más favorable a la carne que a la grasa, los cerdos de tipo carne pertenecen a las razas Duroc-Jersey, Hampshire, Yorkshire y Landrace, las razas Hampshire y Yorkshire se originaron en Inglaterra, mientras que la Landrace es originaria del Noroeste de Europa. (Germán et al., 2005).

En la producción comercial de lechones se pueden utilizar razas puras; sin embargo, las hembras híbridas poseen características más deseables; existen con características diferentes (deseables o indeseables) por lo que se deben de seleccionar las que reúnan las características más convenientes (precocidad, peso, resistencia a enfermedades, producción de carne etc.). De lo anterior se deriva la importancia de usar una o varias razas para su cruzamiento, que puede ser abierto, absorbente, consanguíneo, entre razas, etc. (Germán et al., 2005).

Las razas identificadas en la granja EMA, corresponden a la Yorkshire F1 y Duroc, a continuación, se analizarán sus características.

La excelencia de la carne de los modernos Yorkshire: son largos, de líneas uniformes y carnosos, tienen una reputación bien cimentada de ser la raza de cerdos más prolífica que existe, insuperable como madre; son activos, excelentes desde el punto de vista el aprovechamiento de los pastos, esta raza es muy apreciada por sus cualidades maternas, por eso se maneja regularmente en cruces como línea materna. Es considerada entre las mejoradas la mejor, por su tenacidad, características maternas, aptitud lechera y productiva. Aunque parece ser que da una edad de pubertad de su descendencia más tardía (González, 2023).

Los cerdos Duroc tienen una tasa de crecimiento rápida y una alta tasa de conversión de alimento, lo que los convierte en una raza muy productiva, los cerdos Duroc también tienen una excelente capacidad de deposición de grasa y una carne de alta calidad con un alto contenido de ácido oleico, en la actualidad es una raza muy importante, que se utiliza en la mayor parte de los programas de cruzamientos y se comporta como una raza “comodín” tanto en línea madre como en línea padre, esta raza alcanza los 90 kg. a los 6- 6.5 meses y en la edad adulta pueden llegar los machos a algo más de los 400 kg y las hembras los 300. (González, 2023).

El Hypor Magnus, nuestra línea de finalizadores Duroc, produce sistemáticamente lechones sanos y uniformes, con pesos elevados al nacimiento. Son lechones con un peso medio al nacimiento de 1,5 kg (3,3 lbs), un 96 % de ellos con valores superiores a 1 kg (2,2 lbs). De todos es sabido que los lechones

con mayor peso parten de una situación inicial mucho más ventajosa. Tienen más posibilidades de consumir suficiente calostro, de alcanzar el destete con más peso y de convertirse en cerdos de cebo con valor completo en menos tiempo. Además del peso alto al nacer, que ese peso sea uniforme en todos los lechones es también un factor importante para lograr cerdos sanos y de buena calidad. Cuando los lechones tienen un peso y un tamaño similar, hay menos competencia por las tetinas de la madre y todos pueden alimentarse fácilmente. Además, los lechones con pesos más altos y uniformes tienen también más probabilidades de llegar en excelentes condiciones al destete.

2.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PORCINA

La producción porcina comprende varias modalidades: la producción de reproductores, la engorda de animales, la producción de lechones destetados para la venta a otras granjas y la producción en ciclo completo.

Para obtener buenos resultados, es importante disponer de reproductores de alta calidad genética, para lograr esto se requieren determinados conocimientos relacionados con la selección y cruzamiento, así como de consanguinidad y cruzamientos por vía IA, con la única finalidad de mejorar las razas y aumentar su productividad, el mejoramiento genético depende de los siguientes factores, intensidad de selección, precisión de la selección, variación genética entre los genotipos y el intervalo entre generaciones (Germán et al., 2005).

En la granja de estudio se está implementando un sistema semi-intensivo en la producción de cerdos de engorda, por lo que analizaremos en detalle su funcionamiento.

2.2 PRODUCCIÓN DE CERDOS DE ENGORDE

La producción de cerdos para engorda se realiza en confinamiento en tres sistemas básicos, familiar, todo adentro-todo afuera y de producción continua (Germán, et al., 2005).

De acuerdo a la intensidad de uso de los recursos e insumos los sistemas de producción para cerdos, pueden ser extensivos, semi-intensivos e intensivo (Araque, 2023).

2.3 SISTEMA SEMI-INTENSIVO

El sistema de producción semi-intensivo, es una forma o sistema de producción intermedia, desde el punto de vista de alimentación, es decir los animales no tiene una alimentación basada exclusivamente en alimentos concentrados, pero tampoco se mantiene sueltos para que se alimenten con lo que encuentren, este tipo de sistema se caracteriza por:

Un encierro que facilita la alimentación del animal, su manejo, y su salida oportuna al mercado.

Una alimentación controlada y compuesta por una porción mínima de concentrado y una alimentación de cuidado, formada por productos y subproductos agropecuarios.

Un manejo de los animales dentro del módulo, que permite sacar los cerdos al mercado de 6 a 7 meses de edad, incluyendo dentro de ese manejo sus cuidados sanitarios.

Figura 1. Sistema semi-intensivo producción de cerdos



Fuente: Granja porcícola EMA

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La superficie de estudio está constituida por las instalaciones de la granja porcícola EMA, ubicada en el cantón Atahualpa de la provincia de El Oro, en las coordenadas de Latitud -3.60006 y Longitud -79.6672, el grupo de estudio está constituido por la población de animales que estuvieron en las instalaciones de la granja durante los 6 meses de estudio, la figura 2 tiene el detalle de la ubicación geográfica de la finca.

Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

3.2 ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de nuestra es de tipo cuantitativo correlacional, ya que realizaremos, una minuciosa medición de las variables de mayor influencia en el final de los animales, sobre la base de objetivos que se han definido, (Corona, 2016, p. 82). Las variables que adquieran la categoría de independientes quedaran definidas como las variables de entrada del modelo de regresión múltiple que será implementado en la solución de problema, teniendo como variable respuesta el peso de finalización de los animales, en lo que respecta al tipo de investigación, está fue correlacional, ya que se logró medir el grado de relación existente entre el peso de finalización de los animales producidos en la granja con otras variables como el número de lechones al destete, peso al destete, etc.

3.3 ANÁLISIS DEL SISTEMA

El sistema identificado en la finca para la cría de cerdos de engorde fue del tipo semi-intensivo, ya que se observaron animales permanecían estabulados y al aire libre en un promedio de seis horas día, además los cerdos eran alimentados dos veces al día con una ración de 2 Kg, se identificaron las variables predictoras, número de nacimientos de lechones por cerda, el peso al nacer de los lechones, número de días al destete, se registró además una temperatura mínima de 14 °C y una máxima de 23 °C. La tabla 1, proporciona la lista de variables predictoras identificadas en el sistema, acompañadas de su resumen estadístico.

Tabla 1. Resumen de estadísticos para las variables predictoras

Estadístico	# de lechones al nacer	Peso al nacer	# cerdos al peso final	Días al destete	Peso al destete
Mín	5	1.20	5	26	5
Ist.Qu	8	1.70	8	30.25	8.55
Median	9.5	1.70	9	32	9.775
Mean	9.767	1.69	9.367	32.83	10.068
3er.Qu	11	1.80	11	35	12.10
Máx	16	1.80	13	39	14.40

Fuente: Elaboración propia

3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos que alimentaran nuestra investigación son secundarios, obtenidos de las bitácoras de registro diario, en las diferentes componentes del sistema y considerando cada una de las etapas del proceso de producción de la granja.

3.5 MODELACIÓN MATEMÁTICA DEL PROBLEMA

3.5.1 Diseño del Modelo de Regresión Lineal Múltiple

Según, Guamán, Mullo y Marcatoma, (2023), el modelo matemático que es ampliamente utilizado en la regresión lineal múltiple, tiene la siguiente forma genérica:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j x_{ji} + \varepsilon_i \tag{1}$$

donde b_j son los parámetros del modelo para $j=0,1,\dots,k$ con k el número de variables predictoras denotadas por x_j , ε_i los errores aleatorios e \hat{y} los valores predichos para el individuo i -ésimo.

3.5.2 Supuestos del Modelo de Regresión Lineal Múltiple

El modelo de regresión lineal múltiple basa en una serie de supuestos que la base de datos debe cumplir para que el modelo pueda considerarse válido. Estos supuestos son la escala de medida (la variable dependiente debe ser una variable en escala continua); el número de variables predictoras debe ser de al menos dos en la base de datos); según Cohen, West y Aiken, (2003), el tamaño de muestra debe ser de al menos 10 datos por cada variable predictoras; la linealidad (debe existir una relación lineal entre la variable dependiente y cada una de las variables predictoras por separado, y entre la variable dependiente y las variables predictoras colectivamente, lo cual se prueba con correlaciones); la independencia de los errores (se debe tener independencia de las observaciones o, lo que es igual, independencia de los residuos); la normalidad (los datos deben ser normales, lo cual se prueba analizando el histograma de los residuos o el gráfico de probabilidad P-P acumulada observada/esperada según la normal); la homocedasticidad (significancia que la varianza de la distribución de probabilidad del error ε_i es constante para todos los valores de la variable independiente, lo cual se prueba usando el diagrama de dispersión de pronósticos tipificados por residuos tipificados); la multicolinealidad (dos o más variables predictoras no deben tener una correlación mayor a $r > 0.90$, y los valores atípicos (la base de datos no debe mostrar más del 5 % de datos atípicos, celdas vacías o datos perdidos) (Cohen et al., 2003).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 2. Modelo Genera RLM

Variables	Coefficientes	Std. Error	Estadístico -t	Pr(> t)	
LECHONES	1.63	1.69	0.964	0.34422	
PESO_NACER	53.39	8.77	6.085	2.33e-06	***
CERDOS_PESOFINAL	0.55	2.06	0.276	0.78476	
DIAS_DESTETE	1.38	0.433	3.259	0.00322	**
PESODESTETE	-3.08	0.94	-3.271	0.00312	**
Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
25 degrees of freedom			Residual standard error: 8.864 on		
Multiple R-squared: 0.9961,			Adjusted R-squared: 0.9953		
F-statistic: 1269 on 5 and 25 DF, p-value: <			2.2e-16		

Fuente: Elaboración propia

La ecuación (2) representa el modelo general de regresión lineal múltiple para el peso final (y_i) de los cerdos de la granja EMA, en función de las variables predictoras número de lechones en la camada (x_{11}), peso de los lechones al nacer (x_{12}), número cerdos con peso final (x_{13}), días al destete, (x_{14}), y finalmente peso al destete.

$$y_i = 1.63 x_{11} + 53.39 x_{12} + 0.55 x_{13} + 1.38x_{14} - 3.08 x_{15} \tag{2}$$

En la tabla 2, se puede observar que el ($R^2=0.9951$), es capaz de explicar el 99.6 % de la variabilidad observada en el peso final de los cerdos, con un $p - valor < 2.2e^{-16}$, podemos concluir que el modelo no está gobernado por el azar, sin embargo el p-valor para las variables lechones y el peso final, son mayores que el nivel alfa del 5%, por tal razón vamos a calibrar el modelo, hasta obtener resultados más satisfactorios.

4.1 CALIBRACIÓN DEL MODELO

Para calibrar el modelo se implementó, el método de eliminación hacia atrás Stepwise, el método arranca con todas las variables explicativas posibles y luego descarta las variables estadísticamente menos significativas, una por una. El descarte se detiene cuando cada variable que queda en la ecuación es estadísticamente significativa (Smith, 2018).

Al eliminar del modelo general, la variable, lechones el software nos proporcionó el submodelo que se muestra en la tabla 3, en él, se puede observar que ahora todas las variables predictoras son significativas.

Tabla 3. Submodelo 1 RLM

Variables	Coefficientes	Std. Error	Estadístico -t	Pr(> t)	
PESO_NACER	50.87	8.36	6.08	1.99e-06	***
CERDOS_PESOFINAL	2.37	0.71	3.34	0.0025	**
DIAS_DESTETE	1.41	0.42	3.37	0.0024	**
PESODESTETE	-2.89	0.92	-3.14	0.004	**
Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					Residual standard error: 8.63 on
26 degrees of freedom					Multiple R-squared: 0.9959, Adjusted R-squared: 0.9953
F-statistic: 1590 on 4 and 26 DF, p-value: <					2.2e-16

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo con la aplicación del algoritmo Stepwise, se procedió a eliminar la segunda variable no significativa, cerdos peso final, el nuevo submodelo que presentó la salida de R se puede visualizar en la tabla 4, es de notar que ahora todos los predictores son significativos, con un p-valor de $2.2e^{-16}$, menor que el nivel alfa para prueba de Fisher, el nuevo submodelo quedó representado por la ecuación número 3.

$$y_i = 53.39 x_{12} + 2.37 x_{13} - 2.89 x_{15} \tag{3}$$

Tabla 4. Submodelo 2 RLM

Variables	Coefficientes	Std. Error	Estadístico -t	Pr(> t)	
PESO_NACER	59.49	9.34	6.37	8.07e-07	***
DIAS_DESTETE	1.99	0.45	4.42	0.00014	***
PESO_DESTETE	-4.02	1.004	-4.01	0.00043	***
Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				Residual standard error:	
10.13 on 27 degrees of freedom				Multiple R-squared: 0.9942,	
F-statistic: 1536 on 3 and 27 DF, p-value: <				Adjusted R-squared: 0.9935	
				2.2e-16	

Fuente: Elaboración propia

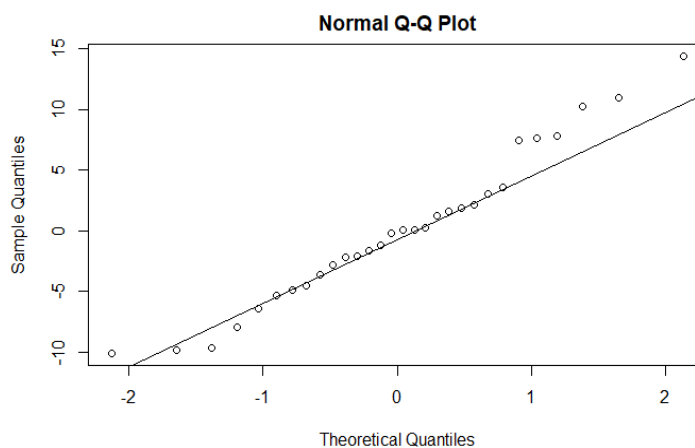
Podemos establecer que, por cada incremento unitario del peso que poseen los lechones al nacer, el peso final de los cerdos se incrementa en 59.49 Kg, además un incremento unitario en el número de días al destete, proporcionaría un peso final de 1.99 Kg en el peso final de los cerdos, finalmente siguiendo con la interpretación de los resultados, podemos observar que en la ecuación número 3, un incremento unitario en el peso que tienen los cerdos en el día al destete, el peso final en los cerdos, disminuye en 4.02 Kg.

4.2 VALIDACIÓN DEL MODELO

4.2.1 Normalidad de los Residuos

La normalidad de los residuos fue validada con el gráfico Q-Q, y la prueba de Shapiro Wilk, en la figura 3 se aprecia que los residuos se distribuyen de forma normal, aunque se aprecie en la gráfica una cierta desviación de residuos de la recta en las colas extremas, el test de Shapiro Wilk, de alguna forma nos ayuda corroborar la hipótesis de normalidad, con un valor para el estadístico W de 0.96, con un p valor de 0.04956, podríamos concluir que existe una leve desviación de la distribución normal para los residuos, como se puede apreciar en la figura 3.

Figura 3. Gráfico Q-Q de los residuos.



Fuente: Elaboración propia

La multicolinealidad está asociada a la correlación entre las variables predictoras, su presencia en el conjunto de datos, tiene un efecto negativo MRLM, haciendo que este adquiera una baja confiabilidad,

existen muchos criterios para detectarla, vamos a realizar una primera aproximación de su detección mediante la estimación del coeficiente de correlación lineal de Pearson, usando el software R.

En la figura 3 se puede observar la salida del software R, para la matriz de correlación, en ella se puede apreciar que la asociación entre algunas de las variables presenta una correlación que va de moderada a fuerte, esto es verificable para las variables, número de lechones al nacimiento y el número de cerdos al peso final, ya que poseen un coeficiente de correlación de 0.91 con un p valor de 0.000, este resultado podría ser un indicio de multicolinealidad.

El test de Breusch-Pagan estimado con R, con un BP igual 5.23 y un p-valor 0.15, confirman que la variabilidad de los residuos es constante.

La multicolinealidad entre las variables predictoras fue estimada a partir del factor de inflación sobre la varianza del estimador de mínimos cuadrados, se considera la presencia de multicolinealidad severa, cuando el FIV > 10 ($R^2 = 0.9$), Belsley, Kuh y Welsch (2005)

Los factores de inflación de varianza fueron estimados con el software R, la salida del programa está registrada en la tabla 5, es de notar que todos los FIV < 10 , lo que permite concluir que no existe colinealidad o al menos esta es despreciable, por lo tanto, el modelo es apto para realizar predicciones.

Tabla 5. FIV de los predictores MRLM.

Predictores	Peso al nacer	Días al destete	Peso al destete
FIV	1.85	1.48	2.4

Fuente: Elaboración Propia

5 CONCLUSIONES

1. Fue posible modelar matemáticamente el sistema de engorde de la finca EMA, los resultados establecen que el peso final mantiene una relación directa con el peso que poseen los lechones al nacer, ya que por cada incremento unitario en este peso, el peso de los animales en el día de la venta se estaría incrementado en 59.49 Kg, de esta forma, es recomendable, mejorar la dieta de los animales incluyendo en la dieta de la cerdas madre, algún tipo de concentrado con el fin de mejorar la producción.
2. El modelo establece también que el predictor, número de días al destete, es una es una variable que mejora el peso final de los cerdos, tanto en la ganancia media diaria de peso, desde el destete hasta el final de cebo como en los kg vendidos por cerdo destetado, así como un descenso lineal en la mortalidad en el período post-destete, relacionado con el aumento en la edad del destete.
3. Finalmente podemos concluir que, por cada incremento unitario en el peso de los lechones al día del destete, el peso de venta de los cerdos disminuye en aproximadamente 4.02 Kg, por lo

que es recomendable monitorear este peso promedio de 10.01 Kg mostrado en los datos de entrada del modelo.

REFERENCIAS

- Araque, H. (6 de 04 de 2023). *Sistemas de producción de cerdos*. Maracay: Universidad Central de Venezuela. Obtenido de http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Clase_VII.pdf
- ASPE. (13 de 04 de 2023). *ASPE*. Obtenido de <https://aspe.org.ec/estadisticas/>
- Babot, G. D. (2005). *Decisiones de manejo en granjas y sistemas de producción alternativos*. España: Editorial: U. Lleida.
- Belsley, D. K. (2005). *Regression diagnostics. Identifying influential data and sources of collinearity*. New York: .
- Carlos G. German Alarcón, J. C. (2005). *Producción de cerdos*. México: Colegio de postgraduados. Obtenido de <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/14960672-Manual-de-Produccion-Cerdos.pdf>
- Cohen, J. . (2003). *Sciences, Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral*. Mahwah, New Jersey: Lowrence Erlbaum Associates,.
- Corona, L. J. (2016). Apuntes sobre métodos de investigación. *METODO EN LA CIENCIA*, 81-83.
- Daniel Mota Rojas, P. R. (2014). Factores estresantes en lechones destetados comercialmente. *Veterinaria Mexico*, 37-51.
- ESPAC. (12 de 04 de 2023). *INEC*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC_2021.pdf
- Fernández, Y. (2013). Modelización del sistema productivo porcino y evaluación de los parámetros técnicos más significativos. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/120476/Tyfr1de1.pdf?sequence>
- González, M. K. (15 de 04 de 2023). *La porcicultura.com*. Obtenido de <https://laporcicultura.com/razas-de-cerdos/raza-yorkshire/>
- Guamán, I. S. (2023). Comparación entre Modelos de Regresión Lineal Múltiple Vs Redes Neuronales Artificiales Supervisadas en la Predicción de Calificaciones Ser Bachiller 2018-2019 del Ecuador. *Revista Iberoamericana de la Educación*, 51-66.
- INTAGRI. (12 de 12 de 2023). *INTAGRI*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/sistemas-de-produccion-porcina#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20cerdos%20para,Sistema%20de%20producci%C3%B3n%20continua>
- Li Wang, Q. H. (20 de 07 de 2022). Predicting the growth performance of growing-finishing pigs based on net energy and digestible lysine intake using multiple regression and artificial neural networks models. *Journal of animal Science and Biohechnology*, 1-13. doi:<https://doi.org/10.1186/s40104-022-00707-1>
- Novalés, A. (2010). *An·lisis de Regresión*. España: Departamento de Economìa Cunatitativa.
- NSR, R. N. (15 de 04 de 2023). *NATIONAL SWINE REGYSTR*. Obtenido de <https://nationalswine.com/about/breeds/about-hampshire.php>
- ROMÁN, C. V. (13 de 04 de 2015). CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PORCINA DE MEDIANA TECNOLOGÍA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE

AREQUIPA, COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD Y DEL AMBIENTE 2015. *Tesis*. Arequipa, Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e779c511-9655-48cc-a8f6-5ec762f639e4/content>

Smith, G. (2018). Step away from stepwise. 1-12. doi:<https://doi.org/10.1186/s40537-018-0143-6>

Villacrés Matías, J. C. (2018). Evaluación de dietas balanceadas en cerdos de engorde en la comuna Bellavista del Cerro, parroquia Julio Moreno, provincia de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 22-29. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/7386/UPSE-RCT-2018-Vol.5-No.2-004.pdf?sequence=1&isAllowed=y>