Evaluación de curvas de crecimiento en conejos de la raza Nueva Zelanda sometidos a dietas con base en balú (*Erythina edulis*) y bore (*Alocasia macrorrhiza*) en el sistema productivo cunícola MAJU, en el municipio de Silvania Cundinamarca.

Edna Yurani Mayorga Peñaloza
Codigo 150215219

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE ZOOTECNIA

2023

EVALUACIÓN DE CURVAS DE CRECIMIENTO EN CONEJOS DE LA RAZA NUEVA ZELANDA SOMETIDOS A DIETAS CON BASE EN BALÚ (*ERYTHINA EDULIS*) Y BORE (*ALOCASIA MACRORRHIZA*) EN EL SISTEMA PRODUCTIVO CUNÍCOLA MAJU, EN EL MUNICIPIO DE SILVANIA CUNDINAMARCA.

Trabajo de grado opción investigación, como requisito para optar al título de ZOOTECNISTA

Edna Yurani Mayorga Peñaloza

Código; 150215219.

Director

Zoot. MSc. Edwin Davier Correa Rojas

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE ZOOTECNIA

2023

Nota de aceptación

Jurado 1

Jurado 2

DEDICATORIA

A mi padre que me lleno la cabeza de la loca idea de ser alguien en la vida, en ser algo más allá de las expectativas que la vida otorgaba, por formarme, darme hábitos y valores que me han ayudado a afrontar los momentos difíciles de la vida.

A mi esposo que ha confiado completamente en mí y en mis capacidades por otorgarme su apoyo incondicional y su amor para trabajar en este difícil camino de la zootecnia.

También lo dedico a mis hijas Salome y Luciana que me han forjado como mujer, como madre y como emprendedora, por darme luz, fuerza y por darme la templanza para salir adelante.

Contenido

RESUMEN 6
INTRODUCCION 7
JUSTIFICACION 9
OBJETIVOS 10
MARCO TEORICO 11
MARCO CONCEPTUAL 12
MATERIALES Y METODOS 13
UBICACIÓN: ..... **¡Error! Marcador no definido.**
POBLACIÓN Y MUESTRA: 13
DISEÑO EXPERIMENTAL 13
Técnicas o instrumentos para la recolección de datos: 13
Método de análisis: 14
Metodología: 14
Recursos: 15
Recursos humanos: 15
RESULTADOS 16
DISCUSION ..... **¡Error! Marcador no definido.**
CONCLUSIONES 22
AGRADECIMIENTOS 23
BIBLIOGRAFIA 24

RESUMEN

La ganancia de peso del conejo ocurre en una secuencia temporal: permitiendo determinar diferentes fases como la prenatal, posnatal, destete y madurez, donde cada fase presenta una tasa de crecimiento diferente. El análisis de dichas fases es de interés para los productores, porque definen cuales son las necesidades nutricionales y de manejo de los animales en cada una de estas, permitiendo evaluar la eficiencia del crecimiento animal y generando así información para elaborar programas de mejoramiento genético (Posada et al., 2011); de acuerdo a lo anterior, Una vez obtenidos los resultados de la investigación denominada **"Obtención de un producto cárnico bajo el esquema de producción orgánica familiar en la provincia del Sumapaz"** se evaluaron las curvas de crecimiento con el propósito de estandarizar los parámetros productivos de la raza Nueva Zelanda respecto a la edad, alimentación y factores ambientales, a los cuales fueron sometidos durante su etapa productiva, luego se realizó un reajuste de los datos recolectados mediante boopstrat, seguidamente fueron tabulados en una base de datos de Microsoft Excel y para realizar el ajuste de la información se utilizaron los modelos no lineales Gompertz, Van Bertalanfy y logistic mediante el paquete NLS del software estadístico R (versión 4.0 2021) lo que dio como resultado que los criterios de bondad de ajuste se mostraron así: los menores valores de AIC en la evaluación individual (TRY) fueron para el modelo Logistic, con un AIC = 184.1525 con un BIC de 187.2429; y para la evaluación grupal (NLS) de los datos los valores más bajos fueron para el modelo Bertalanffy con un BIC=190.0946 y un AIC = 193.1849, los cuales fueron analizados con el propósito de evaluar su convergencia, obteniendo que Gompertz a pesar de no contar con los menores valores de BIC Y AIC si presento convergencia entre los datos evaluados lo que concluye que dicho modelo (Gompertz) es el modelo matemático que mejor se ajusta a los datos obtenidos durante el proceso investigativo; así mismo también se concluye que las tratamientos T1 Y T2 no arrojan curvas predictivas positivas para el sistema productivo lo que puede deberse a los factores anti nutricionales presentes en las materias primas alternativas utilizadas en la investigación; por último se concluye que es necesario realizar nuevos procesos investigativos que permitan evaluar diferentes porcentajes de inclusión de dietas alternativas a base de bore y chachafruto así como el rendimiento productivo de los animales en las distintas etapas de crecimiento, ya que la ofertada durante esta investigación no obtuvo predicciones productivas eficientes.

INTRODUCCION

Los sistemas de producción cunícula presentan un alto potencial para producir proteína de origen animal a bajos costos, demostrando ventajas como la alta conversión alimenticia y rápido crecimiento, facilidad de manejo y área de producción reducida (García et al., 2012); además, presentan una alta eficiencia reproductiva, comparado con otras especies, una hembra puede producir cada año hasta 20 veces su peso vivo expresado como kilogramo de canal (Osechas, 2006), sin dejar a un lado las bondades de las características organolépticas como la textura, suavidad, sabor y el contenido de proteína en su carne
(Malave, 2012), los bajos niveles de sodio y grasas saturadas, evidencian un efecto positivo para la salud humana en comparación con otras carnes (Camps. J, 2006). Sin embargo, el consumo de carne de conejo en general es reducido; Según la FAO (2007) citado por Oliveros (2008) sólo el 0.5% del consumo de carne en el mundo corresponde a la de conejo. Los máximos productores son China con 500.000 toneladas al año, seguida por Italia con 225.000. En Italia, la demanda per cápita es de 5.3 kilos al año, y en México solo llega a alrededor de los 40 gramos, según Ramírez (2011) evidencia que en Colombia cada habitante consume 0.24 kilogramos de carne de conejo, valores que podrían estar ligados a los bajos niveles de inversión en las áreas de capacitación, instalaciones y comercialización en el sector cunícola, así como la falta cultural de consumo de este producto. En Colombia el sector productivo cunícula para el año 2018 se registraron 37.800 pequeñas unidades productivas en 11 departamentos, estimando un promedio de producción cerca de 735.000 conejos anuales (Zuluaga, 2018). La cunicultura en el territorio nacional no representa un renglón significativo dentro de la economía agropecuaria, lo que es atribuible a factores como la cultura, la falta de disponibilidad del producto para el consumidor en el mercado, el precio elevado de su carne en comparación con otras fuentes proteicas, debido a la apariencia poco atractiva de la canal y por el desconocimiento en la forma de preparación y sobre todo en el desconocimiento en cuanto a los beneficios nutricionales (Castillo et al., 2013). Dificultando impulsar el desarrollo sostenible de estos sistemas producción; por lo tanto, el reporte de los resultados en las investigaciones realizadas en el área cunícula a partir del análisis de las curvas de crecimiento son zootécnicamente importantes para la construcción de parámetros productivos de los sistemas que ayuden a su sostenibilidad y rentabilidad que fortalezcan el desarrollo cunícola de pequeños y medianos productores, permitiendo determinar parámetros como la precocidad, conversión alimenticia, desarrollo muscular que sirvan en abastecimiento del mercado con un excelente producto como la canal.

Existen un gran número de funciones matemáticas que han sido diseñadas para describir el crecimiento, modelos usados para asociar la relación entre la edad del animal, su velocidad de crecimiento y madurez. Las descripciones matemáticas de la dinámica de crecimiento pueden ser usadas para predecir el comportamiento productivo de un sistema en particular con la oportunidad de describir características importantes como lo es el intervalo entre el nacimiento y la edad al sacrificio; dado que el crecimiento animal no sigue una tendencia lineal, es necesario la implementación de modelos no lineales que permitan estudiar el comportamiento productivo (Pares & Kucherova, 2014). Según lo reportado por Hammon (1966), cuando un organismo crece presenta dos tipos de fenómenos: a) el incremento en peso y volumen en el transcurso del tiempo, y b) la modificación de las proporciones de las diversas regiones morfológicas, órganos y sistemas, hasta que se accede al estado adulto o estable. Los modelos matemáticos no lineales presentan una forma sigmoidal pero más flexibles debido al punto de inflexión (Pares & Kucherova, 2014), explicando mejor el comportamiento biológico de los pesos en sus diferentes fases de crecimiento diferenciando las siguientes fases: 1. Aceleración, que idealmente debe tener su origen en el punto cero, y se caracteriza por una velocidad de crecimiento muy rápida y positiva llegando al máximo en el punto de inflexión de la curva; 2. Desaceleración, en la que a partir del punto de inflexión la tasa de crecimiento comienza a disminuir; y 3. Fase lineal, en la que el animal deja de crecer o el crecimiento puede ser considerado como una reposición de tejidos (Priestley, 1988). Según lo reportado Posada y Rosero (2011), en su investigación estimación de parámetros de curvas de crecimiento de ganado Nelore criado en confinamiento, que el crecimiento como función biológica está sujeta a la interacción genotipo-ambiente y está relacionado con la cantidad y la calidad de la carne producida identificando los animales que presentan mayor peso en menor edad, que se traduce en mayor precocidad y máximo beneficio económico para la empresa

Este tipo de investigaciones requieren el uso de modelos estadísticos flexibles y apropiados que permitan el análisis de parámetros productivos como peso al destete, peso al sacrificio y calidad de la canal en los cuales se tengan en cuenta factores genéticos, ambientales y su interacción, como la raza, etapa de crecimiento, sexo, disponibilidad de alimento y la mortalidad la cual tiene un efecto pronunciado sobre la productividad de las poblaciones animales (Rogel & Tamayo, 2007). Una vez obtenidos los resultados de la investigación denominada **“Obtención de un producto cárnico bajo el esquema de producción orgánica familiar en la provincia del Sumapaz”** se evaluaron las curvas de crecimiento con el propósito de estandarizar los parámetros productivos de la raza Nueva Zelanda respecto a la edad, alimentación y a factores ambientales, a los cuales fueron sometidos durante su etapa productiva.

JUSTIFICACION

La ganancia de peso del conejo ocurre en una secuencia temporal: permitiendo determinar diferentes fases como la prenatal, posnatal, destete y madurez, donde cada fase presenta una tasa de crecimiento diferente. El análisis de dichas fases es de interés para los productores, porque definen cuales son las necesidades nutricionales y de manejo de los animales en cada una de estas, permitiendo evaluar la eficiencia del crecimiento animal y generando así información para elaborar programas de mejoramiento genético (Posada et al., 2011). En Colombia cuenta con bajo investigación en parámetros zootécnicos y desarrollo tecnológico, evaluaciones genéticas y planificación del sector cunícola (Gutiérrez & Ochoa, 2008). La investigación en curvas de crecimiento animal es fundamental para los sistemas productivos, sobre todo desde el punto de vista económico de acuerdo a lo reportado por Vergara (2017) las curvas de crecimiento permiten realizar evaluaciones sobre el nivel de producción de los sistemas permitiendo evaluar los niveles de, productividad de una raza específica, para una zona determinada, además de que se evalúan parámetros biológicamente importantes, dependiendo del modelo matemático utilizado (Agudelo, 2008). Por medio de las curvas de crecimiento, se pueden ver reflejadas la relación entre la edad del animal y el performance para crecer y desarrollarse en el medio donde se encuentran, además de aportar gran cantidad de información inherente al animal, lo que hace que su conocimiento sea importante en el monitoreo de un sistema productivo. Utilizando modelos de predicción con el objetivo de planificar el manejo, denominados modelos matemáticos no lineales (Vallejo, 2009); y aunque por lo general estos análisis se realizan mediante métodos lineales, estos pueden generar dificultades debido a que se presentan inexactitudes (Blasco, 2003). Con el objetivo de predecir las edades óptimas al sacrificio, las necesidades diarias de alimento, así como evaluar la influencia del medio sobre la ganancia de peso de los animales la evaluación de las curvas de crecimiento se convierte en una herramienta importante para la optimización de los sistemas productivos cunícolas.

OBJETIVOS

Objetivo general.

Evaluar las curvas de crecimiento en conejos de la raza Nueva Zelanda sometidos a dietas con base en balú (*Erythina edulis*) y bore (*Alocasia macrorrhiza*), en el sistema productivo cunícola MAJU, en el municipio de Silvania Cundinamarca.

Objetivos específicos

Establecer qué modelo matemático se ajusta mejor a los datos a evaluar en las curvas de crecimiento para conejos Nueva Zelanda

Diferenciar el comportamiento de las dietas implementadas sobre la predicción del desempeño productivo de la raza nueva Zelanda

Establecer estándares productivos para conejos de raza Nueva Zelanda en el sistema productivo cunícola MAJU, en el municipio de Silvana Cundinamarca.

MARCO TEORICO

Las funciones o modelos matemáticos son ecuaciones que posibilitan la construcción de curvas continuas de una variable biológica en función de otra (Parés & Kucherova, 2014), permitiendo evaluar el nivel de producción en las empresas pecuarias, permitiendo así clasificarse de forma sencilla, la productividad de una raza específica, para una zona determinada, además de que evalúan parámetros de forma biológica (Vergara et Al., 2017). Las evaluaciones de las curvas de crecimiento nos permiten identificar los animales que presentan mayor peso en menor edad, denominado como mayor precocidad y máximo beneficio económico (Posada, 2011). Así, como el establecimiento de estándares que permitan que los sistemas productivos sean viables económicamente, y que tengan en cuenta tres aspectos fundamentales: la eficiencia reproductiva, la velocidad del crecimiento y la calidad de la canal, por lo tanto, el crecimiento de los animales reviste importancia al ser medido, a través de modelos matemáticos, que predicen el desempeño de la evolución del peso vivo (Patiño & Van Cleef, 2010). Las curvas de crecimiento reflejan la relación entre la edad del animal y la capacidad propia del individuo para crecer hasta obtener su conformación, peso adulto y el ambiente en el cual estos impulsos están expresados (Vergara et al., 2017). El conocimiento de las curvas de crecimiento animal es importante en el monitoreo de un rebaño productivo, ya que expresan gran cantidad de información del animal durante toda su vida productiva (Pineda et al., 2013). Según Vergara y Medina (2017), en su estudio “Determinación de la curva de crecimiento en ovinos criollos de pelo, mediante la utilización del modelo Gompertz, en el trópico bajo colombiano” afirman que utilizar el modelo de Gompertz en la descripción de la curva de crecimiento de ovinos, resulta eficiente para establecer predicciones en el comportamiento productivo de nuevas ovejas al inicio de su actividad reproductiva, lo que permite seleccionar candidatas para vientres de reemplazo; así mismo Juárez y Delgado, (2019) en su investigación denominada “Descripción de la curva de crecimiento de pavos locales usando modelos no lineales” indican que la edad fisiológica es diferente en machos y hembras, lo cual es un aspecto relevante en el manejo de la reproducción. Además, el conocimiento de la curva de crecimiento también es de importancia económica ya que podría utilizarse para determinar la edad óptima al momento del sacrificio e identificar cambios en la tasa de crecimiento para así mismo ajustar las dietas alimenticias.

MARCO CONCEPTUAL

1. **Curvas de crecimiento:** Funciones permiten realizar evaluaciones sobre el nivel de producción en las empresas ganaderas, pudiendo clasificar de forma sencilla la productividad de una raza específica para una zona determinada. También permiten calcular los valores máximos de los crecimientos medio y corriente, pudiendo determinar las edades de sacrificio que permitan obtener el máximo beneficio económico. Además, proveen información que permite realizar programaciones de alimentación, de capacidad de carga y medir cambios genéticos de una generación a otra que estén relacionados con el nivel de producción (Agudelo, et Al., 2008)
2. **Gompertz:** La ecuación de Gompertz surge a partir de modelos de crecimiento autorregulados, donde la tasa de crecimiento decrece exponencialmente con el tiempo después de alcanzar el punto de inflexión (Casas et al., 2010).
3. **Modelos matemáticos:** es una formulación de ecuaciones que expresan las características fundamentales o particulares de un fenómeno o proceso físico, químico, biológico, social o de cualquier otra índole, que permite estudiar el mismo bajo condiciones diferentes, con fines de pronóstico o la búsqueda de escenarios óptimos (Evies, 2013).
4. **Precocidad:** hace referencia a la cualidad de algunos animales para llegar a determinada característica en menor tiempo o edad que otro (Fonseca, 2016).
5. **Variable:** Se denomina variable a todo aquello que tiene características propias –que la distingue de lo demás– que es susceptible de cambio o modificación y la podemos estudiar, controlar o medir en una investigación (Pérez, 2007).

MATERIALES Y METODOS

Durante la investigación inicial se recolectaron los pesos de nacimiento hasta el sacrificio utilizando una pesa digital y la herramienta Microsoft ® Excel para el almacenamiento de los datos, a partir de esta información se realizó la evaluación de las curvas de crecimiento mediante la aplicación de modelos no lineales y con la ayuda de la herramienta bootstrap que ayuda en realizar un re muestreo que ajuste mejor los datos en el Software R.

POBLACIÓN Y MUESTRA:

Se utilizaron como muestra original 27 conejos de raza Nueva Zelanda Blanco (*Oryctolagus cuniculus*) destetos a los 35 días de edad con un peso promedio de 480g, alojados individualmente en jaulas galvanizadas con dimensiones de 0.5 x 0.5 x 0.4 m, con disposición de comederos metálicos y bebederos automáticos (Henao, Gutiérrez, & Oviedo, 2012; Bonilla, Delgado, y Mora, 2016); dado que no se dispone de una muestra representativa, se hace necesaria la implementación de la herramienta bootstrap la cual mediante el método de remuestreo nos permitió aproximar las características poblacionales de la distribución empírica de los datos observados.

DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente proyecto investigativo es realizado como continuación al proyecto de tesis Evaluación del efecto de inclusión de Alocáis micorriza y Eritrina ediles en la dieta, sobre los parámetros productivos y nutricionales de conejos de raza Nueva Zelanda Blanco (Oryctolagus cuniculus), (Patiño, 2020) con el objetivo fue realizar comparaciones precisas entre los tratamientos de alimento ofertado a base de harinas de bore y chachafruto, en el cual se realizó la identificación de hembras y machos, los cuales fueron distribuidos en un diseño experimental al azar, con 3 tratamientos y 9 repeticiones por tratamiento, siendo 100C, animales recibiendo 100% de concentrado comercial; 50C:50A, animales recibiendo 50% de concentrado comercial y 50% de alimento alternativo, 100A, animales recibiendo 100% de alimento alternativo. Los animales fueron pesados semanalmente desde el día 1 de vida hasta el día 108 (edad al sacrificio) en pesa digital de 4 dígitos, las curvas de crecimiento fueron evaluadas mediante modelos matemáticos no lineales para establecer estándares productivos de conejos Nueva Zelanda sometidos a diferentes fuentes de alimentación en la Región del Sumapaz.

Técnicas o instrumentos para la recolección de datos:

Modelación de diferentes ecuaciones matemáticas para determinación de curvas de crecimiento, pesa digital de 4 dígitos, pesos de los animales, herramienta bootstrap, Software R.

Método de análisis:

La toma de los datos se realizó mediante el uso de una pesa digital de 4 dígitos, cuyos datos se recolectaron semanalmente, desde el día 1 de vida hasta el día 108 (edad al sacrificio) dichos datos son relacionados en una tabla del programa Microsoft ® Excel, seguidamente se procederá a remuestrear los datos a fin de aproximar la distribución de los mismos mediante la herramienta bootstrap para luego realizar el análisis mediante la implementación de modelos matemáticos no lineales, evaluados mediante criterios de información AKAIKE (AIC) y BAYESIANO (BIC) lo que nos permite evaluar los datos con mayor asertividad con el propósito de predecir los mejores resultados.

Metodología:

Se recolectaron los datos de crecimiento (peso y edad), a partir de la primera semana de vida hasta el día 108 (edad al sacrificio), utilizando 27 conejos de raza Nueva Zelanda Blanco (*Oryctolagus cuniculus)* destetos a los 35 días de edad con un peso promedio de 480g, alojados individualmente en jaulas galvanizadas con dimensiones de 0.5 x 0.5 x 0.4 m, con disposición de comederos metálicos y bebederos automáticos; dichos datos fueron recopilados en una tabla de Excel, seguidamente se aproximaron las características poblacionales mediante la herramienta bootstrap para luego ser evaluados mediante modelos matemáticos no lineales y ser corridos en el software R,(versión 4.0, 2021) con el propósito de identificar mediante la evaluación de las curvas de crecimiento, el efecto de las dietas implementadas sobre el crecimiento y desarrollo de los individuos; predecir el tiempo óptimo de producción y establecer estándares productivos para conejos de raza Nueva Zelanda alimentados a base de bala (*Eritrina ediles*) y bore (*Alocáis micorriza*), en el sistema productivo cunícola MAJU, en el municipio de Silvana Cundinamarca.

Recursos:

Durante el proceso investigativo, se realizó el reajuste de los datos recolectados mediante boopstrat, seguidamente fueron tabulados en una base de datos de Microsoft Excel y para realizar el ajuste de la información se utilizaron los modelos no lineales Gompertz, Van Bertalanfy y logistic mediante el paquete NLS del software estadístico R (versión 4.0 2021)

ECUACIONES DE LOS MODELOS NO LINEALES UTILIZADOS

Logistic:	*y = a / (1+b*e ^(-c*t))*
Bertalanffy:	*y = a*(1-b*e^(-c*t))*
Gompertz:	*y = a*(e^(-b*e(-c*t)))*

Los modelos mencionados anteriormente se probaron considerando los parámetros como fijos. En este paso utilizamos los siguientes indicadores de bondad de ajuste: coeficiente de determinación (R^2) calculado como el cuadrado de la correlación entre los valores predichos y observados, criterio de información de AKAIKE (AIC) y el criterio de información BAYESIANO (BIC). Cabe aclarar que los valores más altos de R^2 y los más bajos para AIC y BIC indicarían un mejor ajuste en los modelos.

Recursos humanos:

Durante la ejecución del proceso investigativo *Evaluación de curvas de crecimiento en conejos de la raza nueva Zelanda sometidos a diferentes fuentes de alimentación en la región del Sumapaz*, se cuenta con el apoyo del docente Zoot. MSc. Edwin Davier Correa Rojas, quien cuenta con los conocimientos requeridos para el manejo de las herramientas tecnológicas (Software R. y bootstrap) a implementar.

RESULTADOS

De acuerdo con los datos obtenidos en la investigación realizada a partir de la inclusión de una dieta alternativa en la producción cunícula mediante los modelos matemáticos no lineales, Logistic, Gompertz y Van Bertalanffy; evidenciamos en **la Tabla 1 Parámetros estimados:** *b0 que* corresponde al peso asintótico*, b1 que* es la constante de integración y *b2* la tasa de madurez*.*

Modelo	*b0*	*b1*	*b2*
Gompertz	2205.06	3.00204	0.0245592
Logistic	1862	10.85	0.04633
Bertalanffy	4264.15	0.850293	0.0177085

Tabla 1 Parámetros Estimados

El valor promedio de los criterios de bondad de ajuste para los cuatro modelos considerados se muestra en la Tabla 2; donde se observó que el menor AIC en la evaluación individual (TRY) fue para el modelo Logistic, con un AIC = 184.1525 con un BIC de 187.2429 y para la evaluación grupal (NLS) de los datos los valores más bajos fueron para el modelo Bertalanffy con un BIC=190.0946 y un AIC = 193.1849.

	NLS			***TRY***		
Modelo	**AIC**	**BIC**	**Desviación**	**AIC**	**BIC**	**Desviación**
Gompertz	6594.581	6610.855	105821489	185.2536	188.344	60661.5
Logistic	6595.847	6612.121	106132028	184.1525	187.2429	56627.16
Bertalanffy	190.0946	193.1849	82094.13	190.0946	193.1849	82094.13

Una vez realizado el ajuste mediante el corrido de los datos con R, y dado que los resultados de AIC Y BIC no fueron los más bajos en el mismo modelo tanto para la evaluación individual como grupal, se procedió a verificar la convergencia de los mismos respecto a los datos reales obtenidos de la investigación inicial mediante la aplicación del modelo de forma general por tratamiento para hembras y para machos y de forma individual teniendo en cuenta también el tratamiento y el sexo; dando como resultado que Gompertz a pesar de no contar con los valores de BIC y AIC más bajos si tuvo convergencia en todos sus datos a diferencia de Logistic y Van Bertalanffy que no presentaron una total convergencia.

En la **ilustracion 1** encontramos el comportamiento de las curvas de crecimiento de acuerdo a los modelos evaluados. Podemos observar que Gompertz muestra un mejor desempeño respecto a los demas modelos; ya que en las primeras etapas

del crecimiento de los animales presenta una mayor aceleracion respecto a Van Bertalanffy y al llegar al punto de inflexion tiende a sostenerse más respecto a Logistic que tiende a disminuir.

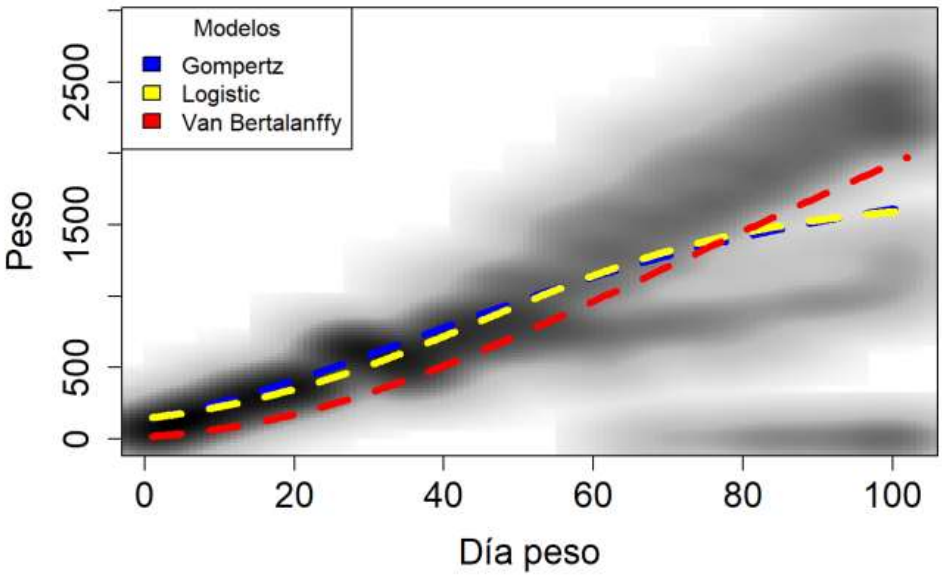

Ilustración 1. Comportamiento de las curvas predictivas de acuerdo al modelo matemático empleado.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante la evaluación de los datos mediante el modelo matemático de Gompertz con un P value de 0,001, tal y como se relaciona en la **Tabla 3** pudimos observar que en los pesos asintóticos (β_0) los grupos **HT_0** , **MT_0** y **MT_1** no presentaron diferencias significativas entre sí, en comparación con los grupos **HT_1**, **HT_2 y MT_2** ; para la variable β_1 (Constante) los grupos **HT_0**, **MT_0** y **HT_1** no presentaron diferencia significativa respecto a los grupos **MT_1**, **HT_2**, y **MT_2;** y para la variable tasa de madurez (β_2) los grupos **HT_0** , **MT_0, HT_1** y **MT_1** no presentaron diferencia significativa respecto a los **HT_2**, y **MT_2**.

VARIABLE	MEDIA β0	MEDIA β1	MEDIA β2	P Value
HT0	3749, 5873 ± 398,7949 [b]	3,79 ± 0,20 [a]	0,0228 ± 0,00340[b]	0,001
MT0	3404.5751 ± 79,2818 [b]	3,82 ± 0,40 [a]	0,0253 ± 0,00343[b]	0,001
HT1	5214,3126 ± 2518,09 [a]	3,84 ± 0,33 [a]	0,02258 ± 0,01711[b]	0,001
MT1	3764,4390 ± 235, 4964 [b]	3,46 ± 0,17 [b]	0,01912 ± 0,00078[b]	0,001
HT2	942,8333 ±416,4890 [c]	2,53 ± 0,40 [c]	0,10171 ± 0,11047[a]	0,001
MT2	753,3841 ± 425, 2213 [c]	3,10 ± 0,95 [d]	0,1254 ± 0,08665[a]	0,001

Tabla 3 Grupos según probabilidad de diferencia de medias

Diferentes letras en las mismas filas muestran diferencias significativas.

En los datos relacionados en la **tabla 4** se observa los valores de **β** predichos respecto a los tratamientos evaluados mediante el modelo de Gompertz; donde en los β_0 los todos los tratamientos presentan diferencias significativas, en los β_1 los T_0 y T_1 no presentan diferencia significativas respecto al T_2. En cuanto a β_2 los T_1 y T_2 no presentan diferencia significativa y T_0 si presenta diferencia significativa respecto a los otros tratamientos.

Tratamiento	β_0	β_1	β_2	P.Value
T_0	3596,2486 [a]	3,809058 [a]	0,02395807 [a]	0,05
T_1	4569,9244 [b]	3,678807 [a]	0,012848515 [b]	0,05
T_2	430,3888 [c]	2,850240 [b]	0,098312962 [b]	0,05

Tabla 4. Medias de predichos respecto a los tratamientos evaluados

Letras diferentes muestras diferencias significativas.

En la tabla 5 encontramos relacionados los predichos correspondientes a la evaluación por sexo mediante el modelo de Gompertz, donde se resalta que los pesos asintóticos para hembras (H) y machos (M) presentan diferencias significativas; para el caso de los β_1 no hay diferencia significativa; y en los β_2 si hay diferencia significativa.

Sexo	β_0	β_1	β_2	P. Value
H	3470,774 [a]	3,454056 [a]	0,04529354 [a]	0,05 [a]
M	2495,614 [b]	3,437397 [a]	0,06191285 [b]	0,05 [a]

Tabla 5 Medias de peso asintótico comparativo respecto al sexo

Letras diferentes muestras diferencias significativas.

En la **ilustración 2** podemos observar el comportamiento real de los animales respecto a los tratamientos y al sexo durante la investigación; donde el T_0M obtuvo el mejor desempeño seguido por T_1M, T_0H, T_1H, T_2H y por ultimo T_2M.

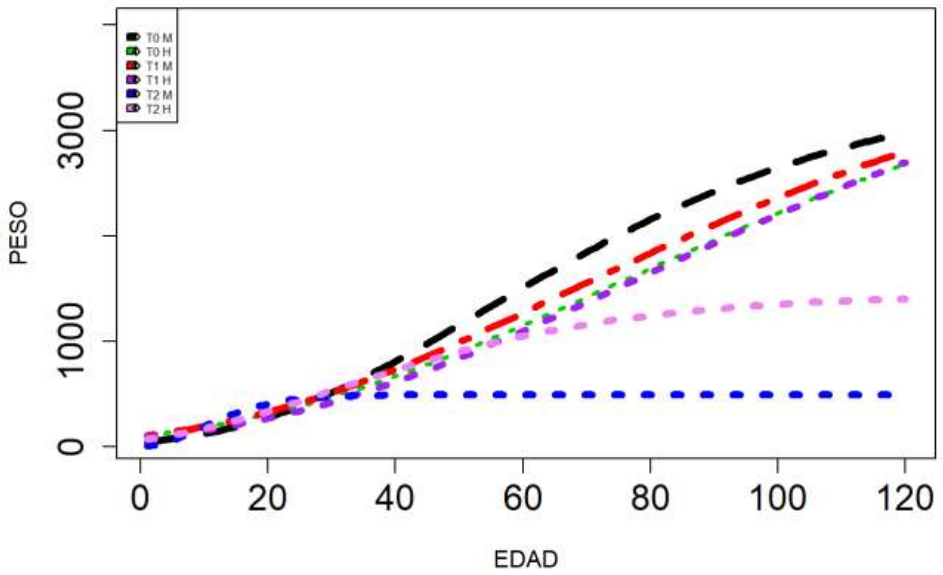

Figura 1 Curvas de crecimiento de acuerdo con el comportamiento real de los animales (tratamiento vs sexo)

En la **ilustración 3** observamos el comportamiento predictivo de los grupos mediante el modelo seleccionado, donde se muestra que la eficiencia disminuye a medida que se aumenta la inclusión de la dieta alternativa, pero que aun así obtuvieron un comportamiento creciente; de acuerdo a lo anteriormente mencionado, el grupo ***MT₀*** obtuvo mejores resultados respecto a ***MT₂***; lo que puede deberse a la baja digestibilidad ocasionada por el alto porcentaje de fibra y de Fan´s presentes en la dieta alternativa, tal y como lo describe Gómez, (2001) donde sustenta la presencia de oxalatos de calcio en la *Alocasia macrorrhiza* tanto en sus hojas como en sus peciolos y tallos que pueden llegar a producir irritaciones en las mucosas de los animales. Este factor anti nutricional, combinado con la presencia de taninos, son las principales limitantes en la utilización del Bore (*Alocasia macrorrhiza*) en la suplementación de las dietas de animales de producción.

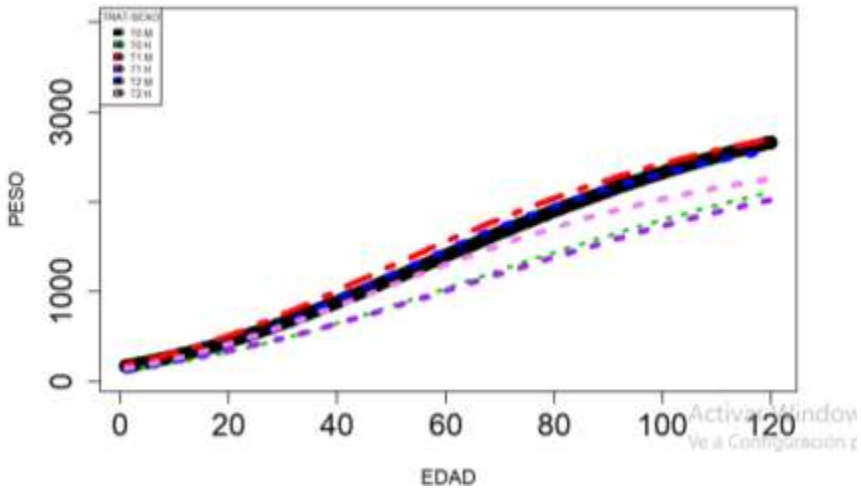

Figura 3. Predicción de curvas de crecimiento comparativas (tratamiento vs sexo)

DISCUSIÓN

Los criterios de bondad de ajuste de AIC y BIC, permiten en la mayoría de los casos reconocer que modelo matemático se ajusta mejor a los datos obtenidos durante el proceso investigativo, los menores valores de AIC en la evaluación individual (TRY) fueron para el modelo Logistic, con un AIC = 184.1525 con un BIC de 187.2429; y para la evaluación grupal (NLS) de los datos los valores más bajos fueron para el modelo Bertalanffy con un BIC=190.0946 y un AIC = 193.1849, adicionalmente se debía analizar la calidad de dicho ajuste, de acuerdo a lo aplicado por Castro de Sousa Et. Al (2022) se utilizó el porcentaje de convergencia considerando un número máximo de 1000 interacciones, aplicando cada uno de los modelos como un parámetro fijo respecto a los datos reales obtenidos de la investigación inicial de forma general por tratamiento para hembras y para machos y de forma individual teniendo en cuenta también el tratamiento y el sexo; lo que permitió resaltar la convergencia de estos. En este caso y en concordancia a lo reportado por La O Arias. Et. Al (2013) el modelo seleccionado fue el modelo de Gompertz el cual se ajustó mejor a las necesidades de la población sometida a esta investigación, lo que podría deberse a que el modelo tiene en cuenta el periodo de elasticidad del crecimiento animal la cual está basada en la expresión máxima del potencial biológico de los animales. Durante el corrido de los datos mediante el Software R Gompertz tuvo convergencia en todos sus datos a comparación de Logistic y Van Bertalanffy que no convergieron en su totalidad, Lo que se verifica mediante la **gráfica 1**, donde el mejor desempeño denota para el modelo de Gompertz respecto a los demas modelos; ya que en las primeras etapas del crecimiento de los animales presenta una mayor aceleracion respecto a Van Bertalanffy y al llegar al punto de inflexion tiende a sostenerse más respecto a Logistic que tiende a disminuir.

En acuerdo a lo mencionado por Ericeira et. Al. (2018) en esta investigacion el modelo de gompertz tambien fue el modelo que mejor se ajusto a los datos; dado que su $\boldsymbol{\beta_0}$, $\boldsymbol{\beta_1}$ y $\boldsymbol{\beta_2}$ fueron de 22,05, 3,00204 y 0,0245592 respectivamente, con convergencia de todos los datos respecto a los demás modelos evaluados.

De acuerdo con lo mencionado por Gómez (2004) son múltiples los factores que pueden afectar el comportamiento de las curvas de crecimiento; genéticos, ambientales permanentes o transitorios, sanitarios, manejo y alimentación, por mencionar algunos. No existe una función que se pueda aplicar en forma generalizada para calcular el crecimiento animal, sin embargo dependiendo del periodo que se analice, se puede llegar a encontrar ecuaciones que permitan realizar proyecciones de crecimiento y sirvan como herramienta de trabajo al momento de tomar decisiones en las explotaciones agropecuarias; en el caso del presente estudio, de acuerdo a lo observado en las figuras 2 y 3 el modelo de Gompertz a pesar de mostrar en todos los tratamientos resultados ascendentes sus predicciones muestran que la inclusión de bore y chachafruto en la dieta no genera los resultados esperados para el sistema productivo, lo que puede deberse a que

en el bore se produce una acumulación de oxalatos de calcio que pueden llegar a producir irritaciones en la piel y mucosas en los animales (Gómez 2001). Este “factor antinutricional”, combinado con la presencia de taninos, son los principales limitantes en la utilización del Bore (*Alocasia macrorrhiza*) en la suplementación de las dietas de animales de producción; y para el caso del chachafruto, Vila (2014) ratifica lo mencionado por Brenes y Brenes (1993) sugiriendo que la presencia de factores antinutricionales resisten el rompimiento enzimático digestivo al ligarse a receptores de la superficie del tracto digestivo provocando un deterioro en el transporte de nutrientes a través de la pared intestinal reduciendo digestibilidad de uno o más nutrientes.

Según Bavera (2005) el grado de crecimiento y desarrollo definidos para la edad adulta de cada raza, está sujeto a la herencia, variabilidad individual y nutrición e implica que debe producirse un crecimiento y desarrollo completo y coordinado de todas y cada una de sus partes, lo que requiere un gran número de procesos biológicos. Las características de crecimiento, como el peso corporal, medidas en la fase inicial del desarrollo animal, son importantes en la determinación de la eficiencia económica de cualquier sistema productivo y pueden ser recomendados como criterios de selección (Vergara Et. Al 2013) De acuerdo a lo observado en la Ilustración 2 y la ilustración 3 los conejos nueva Zelanda sometidos a los tratamiento T0 (100% concentrado comercial);T1 (50 % Concentrado comercial 50 & alimento alternativo) y el T2 (100% Alimento alternativo) evidencio que los rendimientos predictivos para las hembras son menores dado que presentan un punto de inflexión menor a los evidenciados por los machos; en el caso de T1 los machos mostraron mejor resultados que los machos del T1 lo que **(Ilustración 1)** lo que podría deberse a factores anti nutricionales (FAN) Sin embargo, algunos autores describen que estos FAN pueden ser eliminados a través de métodos de cocción (Mora & Parra, 2015).

CONCLUSIONES

De acuerdo con el proceso investigativo se concluye que el modelo matemático de Gompertz es el modelo que mejor se ajusta a los datos evaluados en las curvas de crecimiento de conejos nueva Zelanda.

Se concluye que las dietas alternativas incluidas en la alimentación de conejos nueva Zelanda no genera predicciones positivas en cuanto al desarrollo productivo de los animales; por lo tanto, es necesario evaluar el efecto de los factores anti nutricionales presentes en cada una de las materias primas a fin de estipular las raciones máximas permitidas que permitan la viabilidad de dichas inclusiones.

Se concluye que es necesario realizar nuevas evaluaciones con porcentajes de inclusión de dietas alternativa diferentes a fin de evaluarlas mediante el modelo de Gompertz a fin de obtener mejores predicciones.

AGRADECIMIENTOS

Concluir un periodo académico involucra un cambio positivo en toda persona, implica un paso más en la caminata que uno mismo se ha impuesto. Este merito no se logra solo, es necesario el apoyo de personas muy importantes, las cuales me brindaron sus conocimientos y apoyo impulsándome a ser constante.

A mi esposo porque con gran esfuerzo y amor me ha acompañado en esta dura tarea; a mi hija Salome que aun siendo una niña se ha sacrificado inmensamente para lograr juntos este objetivo, para ella mis más grandes agradecimientos, este logro es más suyo que mío.

A mi hija Luciana que sin tener la más mínima idea logra darme los últimos empujones para concluir este camino.

A mi padre por darme su apoyo y sus consejos.

mi director de tesis infinitas gracias por su paciencia, su lealtad y su apoyo.

BIBLIOGRAFIA

1. Agudelo Gómez, Divier Antonio ***Curvas de crecimiento de crías de vacuno levantadas en la Corporación Universitaria Lasallista***. Revista Lasallista de Investigación, 1 (2), 42-45. [Fecha de Consulta 2 de junio de 2021]. ISSN: 1794-4449. (2004). Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69510207

2. Blasco. A., Piles. M., Varona. L., ***A Bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbits.*** Genet. Sel. Evol 35 (2003) 21 – 41.

3. Bonilla, C., Delgado, L., Mora, R. ***El desempeño zootécnico en etapas de crecimiento y engorde.*** FCV-LUZ, 41-48, 2016.

4. Camps. J. ***CARNE DE CONEJO: Cualidades dietéticas y futuro.*** Boletín de Cunicultura, ISSN 1696 – 6074, 2006.

5. Casas, Gloria A; Rodríguez, Daniel; Afanador Téllez, Germán ***Propiedades matemáticas del modelo de Gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos*** Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, vol. 23, núm. 3, , pp. 349-358 Universidad de Antioquia Medellín, Colombia. 2010. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=295023477010

6. Castillo. E. G., Cruz. I.A, García. D.A., Et Al. ***Carne de conejo, alternativa a favor de la salud.*** Expo Innova Universitaria 2013.

7. Evies Barco Ali N. ***Los modelos matemáticos: un aporte científico-tecnológico al desarrollo deportivo*** Revista Digital. Buenos Aires, Año 18, Nº 179,2013. https://www.efdeportes.com

8. Fonseca, Pedro. ***Precocidad, aspecto que debe mejorarse en la ganadería colombiana.*** Contexto Ganadero, 2016. Recuperado de: Precocidad, aspecto que debe mejorarse en la ganadería colombiana | CONtexto ganadero | Noticias principales sobre ganadería y agricultura en Colombia

9. Garcia. A, Cordova. L., Urpin. L., Méndez J., Malave. A., ***Propiedades fisicoquímicas de la carne de conejos suplementados con follaje de Gliricidia sepium y fibra de Elaeis guineensis***, 2012.

10. Goodall EA, Sprevak D.. ***A note on a stochastic model to describe the milk yield of a dairy cow.*** Anim Prod 38: 133- 136, 1984.

11. Hammond J. ***Principios de la explotación animal: reproducción, crecimiento y herencia.*** Zaragoza: Acribia. 363, 1966.

12. Henao, J., Gutiérrez, N., Ovideo, O. ***Use of agricultural by-products for rabbit feeding during fattening and breeding stages.*** Universidad Surcolombiana, 3-7, 2012.

13. Juárez. A., Delgado. I., Gutiérrez. E., Salas G., Ortiz. R., Segura. J., ***Descripción de la curva de crecimiento de pavos locales usando modelos no lineales.*** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Tarímbaro, Morelia, México. Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Mérida, México, 2019.

14. L Rogel, R Tamayo. ***Mortalidad de vacas en tres rebaños lecheros: estudio preliminar (1994-2004)*** Arch. med. vet. v.39 n.3 Valdivia. págs.: 255-260, 2007. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2007000300009&lng=n&nrm=iso

15. Malavé A., Córdova R., García R., Méndez N. ***Composición bromatológica de la carne de conejos suplementados con mataratón y cachaza de palma aceitera*** Revista MVZ Córdoba, vol. 18, núm. 2, mayo-agosto, 2013, pp. 3452-3458. https://revistamvz.unicordoba.edu.co/article/view/167/236

16. Nieves. D., Terán. O., Vivas. M., Et al. ***Comportamiento productivo de conejos alimentados con dietas basadas en follajes tropicales.*** Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XIX, Nº 2, 173 - 180, (2009)

17. Osechas, Darío; Becerra Sánchez, Ligia M. ***Producción y mercadeo de carne de conejo en el estado trujillo, venezuela*** Revista Científica, vol. XVI, núm. 2, abril, 2006, pp. 129-135 Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95911637006

18. Patiño, R.; Van Cleef, E. ***Aspectos chave do crescimento em ovinos.*** Revisión. Rev. Colombiana Ciencia Animal., 2(2): 399-421, 2010.

19. Parés-Casanova, Caballero, Perezgrovas. **C*recimientos diferentes según fenotipos en el borrego de chiapas***, Actas Iberoamericanas de Conservación Animal, 169- 173, 2013.

20. Pere M., Parés,. Kucherova I,. ***Comparison of nonlinear models to describe growth curves in the catalan goat.*** Rev Inv Vet Perú 2014; 25(3): 390-39

21. Pérez J. A. ***Las variables en el método científico*** Rev Soc Quím Perú., 73, Nº 3 (171-177) 2007.

22. Posada. S., Rosero. R., Rodríguez. N., Et Al***. Estimación de parámetros de curvas de crecimiento de ganado Nellore criado en confinamiento*** Rev.MVZ Córdoba 16(3):2701-2710, 2011.

23. Ramírez. C. O., ***Estudio de factibilidad económica para la planta industrial dedicada a la producción de carne de conejo (cria, levante, engorde y sacrificio) en la zona norte del valle de aburra.*** Corporación Minuto de Dios, 2011

24. Vallejo, M. **Estudio preliminar de la curva de crecimiento de la raza bovina marismeña en cebadero convencional.** FEAGAS, 35, 68-70., 2009.

25. Vergara. O., Medina. H., Robles. C., Simanca. J., ***Bustamante. M. Determinación de la curva de crecimiento en ovinos criollos de pelo, mediante la utilización del modelo Gompertz, en el trópico bajo colombiano.*** Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 20(2 Julio Diciembre, 2017): 385-391.

26. Zuluaga. J. G., ***MINAGRICULTURA***, 2018

27. Mora-Parra: ***Caracterización del bore (Alocasia macrorrhiza) y su utilización como fuente alternativa para la alimentación animal (2015).*** Revista de Investigaciones Agroempresariales, Volumen 1, Enero - Diciembre 2015

28.