



**“MODELOS NO LINEALES PARA DESCRIBIR LA CURVA
DE CRECIMIENTO DE TRES GRUPOS GENÉTICOS EN
OVINOS DE PELO”**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

ESPECIALIDAD:

SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

PRESENTA:

LUIS ALEJANDRO CHUC CAAMAL

DIRECTOR: DR. RACIEL JAVIER ESTRADA LEÓN

CO-DIRECTOR: DR. RODRIGO PORTILLO SALGADO

CALKINI, CAMPECHE, MÉXICO

2025



Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Subdirección de Planeación y Desarrollo

Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante

Calkiní, Campeche **07/03/2025**
P/03/25/614

INGENIERIA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

CONSTANCIA DE NO INCONVENIENCIA

MODALIDAD: TESIS

C. LUIS ALEJANDRO CHUC CAAMAL 7509
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERIA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE.
PRESENTE

Con relación a lo establecido en el Reglamento de Estudios de Licenciatura, capítulo VII, fracción I, vigente en este Instituto, y una vez emitido el fallo favorable por el director DR. RACIEL JAVIER ESTRADA LEÓN, y el co-director DR. RODRIGO PORTILLO SALGADO, respectivamente, este Instituto consta de no tener inconveniencia para la realización del acto protocolario de titulación integral de su trabajo profesional titulado: **"MODELOS NO LINEALES PARA DESCRIBIR LA CURVA DE CRECIMIENTO DE TRES GRUPOS GENÉTICOS EN OVINOS DE PELO."**

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Sabiduría Fortaleza de Nuestra Cultura®



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE CALKINÍ
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR Y APOYO A
ESTUDIANTES
CLAVE: 04MSU0013P
CALKINÍ, CAMPECHE, MÉXICO

Dr. Jorge Alfonso Hau Puc.
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante.

C.c.p. Archivo



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calkiní, Campeche,
C.P. 24900 Tel. 998-8134870,
e-mail: se_dcalkini@tecnm.mx | itescam.edu.mx



SECRETARIA DE EDUCACIÓN PÚBLICA.
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICA SUPERIOR DE CALKINI

MODELOS NO LINEALES PARA DESCRIBIR LA CURVA DE
CRECIMIENTO DE TRES GRUPOS GENÉTICOS EN OVINOS
DE PELO.

TESIS PROFESIONAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN INNOVACION AGRÍCOLA SUSTENTABLE

PRESENTA:
LUIS ALEJANDRO CHUC CAAMAL

DIRECTOR:
DR.RACIEL JAVIER ESTRADA LEÓN

CO-DIRECTOR:
DR. RODRIGO PORTILLO SALGADO

Calkiní, Campeche, México

2025

RESUMEN

Los ovinos de pelo son de gran relevancia en México debido a su adaptación a climas cálidos y húmedos, su resistencia a enfermedades y su capacidad para producir carne de manera eficiente. Grupos genéticos como Pelibuey, Dorper y Katahdin han cobrado importancia en la ganadería nacional debido a su rápido crecimiento y facilidad de manejo. Para evaluar su desempeño productivo, se utilizan modelos matemáticos entre ellos los modelos no lineales (Gompertz, Logístico, Brody y Von Bertalanffy), que permiten describir de manera precisa el crecimiento y otros parámetros biológicos de estos animales. Estos modelos son esenciales porque reflejan mejor las curvas de crecimiento que los modelos lineales, proporcionando estimaciones más realistas de peso, desarrollo y eficiencia alimenticia. A la hora de seleccionar un modelo adecuado para un grupo genético, hay varias pero en este proyecto se utilizaron dos métricas clave que fueron el coeficiente de determinación (R^2) y el error estándar de la estimación (SEE). R^2 indica qué porcentaje de la variabilidad en los datos es explicado por el modelo; valores cercanos a 1 sugieren un buen ajuste. El error estándar (SEE) mide la precisión de las predicciones del modelo; valores bajos indican menor dispersión entre los valores reales y los estimados. Un buen modelo debe tener un R^2 alto y un SEE bajo, asegurando que las predicciones sean precisas y confiables para la toma de decisiones en el manejo y mejoramiento genético de los ovinos de pelo en México.

Palabras clave: Modelos no lineales, curva de crecimiento, crecimiento animal, ovinos de pelo, coeficiente de determinación, error estándar de la estimación.

DEDICATORIA

A mis padres, a mis hermanas y a mis familiares por su gran apoyo incondicional y la ayuda que me brindaron todo este tiempo para lograr esta meta porque sin ustedes no la habría logrado.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su infinita ayuda y paciencia que me dieron y sobre todo el apoyo brindado tras el transcurso de mi estudio y también le agradezco a mis hermanas por sus palabras de aliento y por estar conmigo en todo momento hasta este momento de poder cumplir esta meta importante.

Al Dr. Raciél Javier Estrada León por permitirme trabajar este proyecto y por la ayuda brindada durante este tiempo y también por los conocimientos transmitidos un sincero agradecimiento por todo lo aprendido.

Al Dr. Rodrigo Portillo Salgado por la paciencia que me tuvo durante el periodo que fue mi asesor de tesis y por brindarme el conocimiento suficiente para poder llevar a cabo el proyecto ,asimismo le agradezco por la teoría aprendida y por haberme guiado en la escritura de mi tesis.

A todos mis profesores (as) que fueron esenciales en cada etapa de mi formación académica y profesional, asimismo les agradezco por todos sus conocimientos transmitidos.

A mis amigos que me ayudaron durante la etapa de mi universidad y que me la hicieron más agradable y por los buenos momentos vividos junto a ellos.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
3. OBJETIVOS	14
a. Objetivo general	14
b. Objetivos específicos	14
4. HIPÓTESIS	14
5. JUSTIFICACIÓN	15
6. MARCO TEÓRICO	16
6.1. Modelos no lineales	16
6.2. Factores clave en la selección de modelos no lineales.....	16
6.3. Fases del crecimiento animal en modelos matemáticos sigmoidales.	17
6.3.1. Fase de aceleración:.....	17
6.3.2. Fase de desaceleración:.....	17
6.3.3. Fase lineal:	17
6.4. Criterio de información Akaike.....	17
6.5. Coeficiente de determinación (R^2).....	18
6.6. Criterio de información Bayesiano	18
6.7. Desviación media absoluta.....	19
6.8. Crecimiento animal	19
6.9. Curvas de crecimiento	21
6.10. Razas de ovinos de pelo	22
6.11. Raza Dorper	24
6.12. Características de la raza Dorper	25
6.12.1. Aspecto general	25
6.12.2. Cabeza	25
6.12.3. Cuello y hombros.....	25
6.12.4. Cuerpo	25
6.13. Raza Katahdin.....	26
6.14. Características de la raza Katahdin	26
6.14.1. Aspecto general	26
6.14.2. Cabeza	26
6.14.3. Cuello.....	26
6.14.4. Hombros	27

6.14.5. Pecho.....	27
6.14.6. Piernas y patas.....	27
6.14.7. Color	27
6.15. Raza BlackBelly	28
6.16. Raza santa Inés	28
6.17. Raza Pelibuey	29
6.18. Coeficientes de correlación.....	30
6.19. Modelos matemáticos	33
6.20. Modelo Gompertz.	36
6.21. Modelo Logístico	36
6.22. Modelo Brody	37
6.23. Modelo Bertalanffy	38
6.24. Modelo Richards	39
6.25. Modelos no lineales en la evaluación de diferentes razas	40
7. MATERIALES Y MÉTODOS	46
7.1. LOCALIZACION Y UBICACIÓN	46
7.2. ANIMALES EVALUADOS	46
7.3. MODELOS NO LINEALES UTILIZADOS	46
7.4. UTILIZACION DE LA APLICACIÓN STATGRAPHICS	47
7.5. CRITERIOS DE SELECCIÓN	47
8. RESULTADOS Y DISCUSION	47
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva del crecimiento total del animal.....	21
Figura 2: Estas curvas ayudan a entender el ritmo de crecimiento de los animales y cómo se relaciona con su peso adulto..	21
Figura 3: Crecimiento medio estimado mediante los modelos Brody, Von Bertalanffy, Gompertz, logístico y Richards en búfalos Murrah..	22
Figura 4: Ovinos raza Dorper.....	24
Figura 5: Ovinos Raza Katahdin..	27
Figura 6: Raza BlackBelly	28
Figura 7: Raza santa Inés..	29
Figura 8: Raza Pelibuey.....	30
Figura 9: Relación lineal positiva..	31
Figura 10: Relación lineal negativa..	32
Figura 11: Relación lineal nula.....	32
Figura 12: Relación no lineal..	33
Figura 13: Curva de crecimiento observadas y predichas por los modelos para animales machos, modelo Brody.	34
Figura 14: Curva de crecimiento observadas y predichas por los modelos para animales machos, modelo Bertalanffy.....	34
Figura 15: Curva de crecimiento observadas y predichas por los modelos para animales machos, modelo Gompertz..	35
Figura 16: Curva de crecimiento observadas y predichas por los modelos para animales machos, modelo Logístico.....	35
Figura 17: Fases del modelo Gompertz..	36
Figura 18: el efecto del parámetro “r “a lo largo de la función logística..	37
Figura 19: Curva Brody con $A=10$, $B=0.5$, $K=0.09$.Fuente Trinidad (2014).	38
Figura 20: Curva del modelo Bertalanffy con $A = 100$, $K = 0.3$, $t_0 = -1$	39
Figura: 21: Curva de Richards con $A=10$, $B=8$, $K=0.25$, $M=1.2$	40
Figura 22: Curva de crecimiento en ovinos de raza Dorper, Katahdin y Pelibuey.	50
Figura 23: Curva de crecimiento en ovinos de raza Dorper, Katahdin y Pelibuey.	51
Figura 24: Curva de crecimiento en ovinos de raza Dorper, Katahdin y Pelibuey.	51
Figura 25: Curva de crecimiento en ovinos de raza Dorper, Katahdin y Pelibuey.	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Razas ovinas clasificadas por su propósito productivo..	24
Cuadro 2: Descripción matemática de los modelos de crecimiento.....	33
Cuadro 3: Resultados de las 3 razas en general con los modelos Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico y Brody.	47
Cuadro 4: Resultados de la raza Dorper con los modelos Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico y Brody.	48
Cuadro 5: Resultados de la raza Katahdin con los modelos Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico y Brody.	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 6: Resultados de la raza Pelibuey con los modelos Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico y Brody.	50

1. INTRODUCCIÓN

La ovinocultura es una parte esencial de la ganadería que, aunque su participación en la producción nacional es limitada, tiene un impacto importante en la vida de numerosas familias rurales. En México, la cría de ovejas no solo proporciona carne, lana y leche, sino que también es un soporte económico y cultural en varias regiones del país. En 2023, la producción de carne ovina en el país alcanzó las 68,451 toneladas, lo que representó un aumento del 1.8% en comparación con el año anterior, superando el promedio de la última década. Los principales estados productores son el Estado de México con 9,447 toneladas, Hidalgo con 6,853, y Veracruz con 6,030 (SIAP, 2024).

De igual manera Diversos modelos han sido empleados para describir la relación entre la edad, la velocidad de crecimiento y la madurez del animal. Sin embargo, debido a que el crecimiento no es lineal, se deben explorar modelos no lineales para su estudio (Parés et al., 2015).

El uso de modelos matemáticos en estudios de crecimiento animal busca describir y predecir dicho crecimiento. Ajustar estos modelos permite resumir las características productivas en pocos parámetros clave, facilitando su interpretación biológica, especialmente en modelos no lineales (Torres et al., 2012).

En diversas investigaciones se han realizado y también utilizado diversos modelos matemáticos, tanto lineales como no lineales, para medir el crecimiento animal, seleccionados por su buen ajuste y la facilidad de interpretar biológicamente sus parámetros (Ulloa et al., 2015).

Noguera et al. (2008) mencionan que de igual manera se han utilizado varios modelos matemáticos para describir el crecimiento animal. Esto es crucial para entender la relación entre edad, velocidad de crecimiento y madurez, y para generar recomendaciones productivas a partir de parámetros biológicamente interpretables.

Para entenderlo mejor el crecimiento animal sigue una curva sigmoideal con tres fases: la de aceleración, donde el crecimiento es rápido hasta el punto de inflexión,

la de desaceleración, donde la tasa de crecimiento disminuye por factores fisiológicos y la fase lineal, donde el crecimiento se limita a la reposición de tejidos al alcanzar el peso adulto (Rincón y Quintero ,2015).

Las funciones matemáticas más adecuadas para evaluar el crecimiento animal son las no lineales, descritas a través de modelos como el de Gompertz, Verhulst (o logístico), Brody y Von Bertalanffy (Rincón y Quintero, 2015).

Por otro lado “Los modelos matemáticos son ecuaciones que, entre otras cosas, permiten construir curvas continuas de una variable biológica en función de otra. Esta información es importante para efectos de investigación y recomendaciones de orden zootécnico (p. ej. buscando precocidad y mejor calidad de la canal (Souza y Bianchini, 1994).”

Para ello los principales criterios para elegir la mejor curva de ajuste son el coeficiente de determinación, la bondad de ajuste y la interpretación biológica de los parámetros, considerando también la facilidad matemática. Según la especie, raza y características observadas, el modelo óptimo puede variar (Parés y Caballero, 2014).

Por su parte los ovinos criollos de pelo están adaptados a una amplia variedad de condiciones agroecológicas, especialmente en las zonas del trópico alto y bajo, donde se concentra la mayor parte de su población en sistemas de producción tradicionales, sin el uso de control o tecnologías reproductivas. Su gran capacidad de adaptación les permite prosperar incluso en zonas áridas (Lenis et al., 2022).

Estos ovinos de pelo son razas que han ido evolucionado a lo largo del tiempo en climas similares a los del norte del país, donde se encuentran humedales y temperaturas predominantemente cálidas, estas razas son tolerantes al calor y se adaptan a diversas condiciones ambientales, a diferencia de las razas de lana, que se caracterizan por haberse desarrollado en climas fríos (Verdoljak, 2017).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la crianza de ovejas, la carne es el producto principal destinado al consumo humano, esta carne aporta nutrientes clave como proteínas, vitaminas y minerales, esenciales para el crecimiento y la salud, y es una parte importante de la dieta en muchas regiones del mundo (Hernández et al., 2017).

Es relevante destacar que recientemente han surgido nuevas empresas ganaderas, asociaciones, cooperativas y ferias de productores de ovinos y caprinos en todo el país. Estas iniciativas impulsan la comercialización de diversas razas y el desarrollo de nuevos productos en el mercado, como carne, leche, yogur, queso y helados. Este crecimiento en la ganadería ovina refleja un aumento en la demanda nacional de carne, lo que ha generado un mayor interés en los sistemas de producción. A su vez, esto representa un desafío para mejorar la eficiencia productiva de los animales. (Cedeño et al., 2023).

Por otro lado los modelos no lineales (MNL) permiten describir cómo varía el crecimiento a lo largo del tiempo utilizando un número limitado de parámetros, los cuales pueden tener un significado biológico. A partir de estos parámetros, es posible calcular otros indicadores, como el grado de madurez en un momento determinado, así como la edad y el peso en el punto de inflexión, que representan un cambio en la tasa de crecimiento. Los parámetros e indicadores de crecimiento obtenidos mediante los MNL pueden ser útiles en los criterios de selección de una raza, con el objetivo de modificar la forma de la curva de crecimiento (Domínguez et al., 2013).

3. OBJETIVOS

a. Objetivo general

Determinar el modelo no-lineal que mejor se ajuste a la curva de crecimiento de tres grupos genotipos (Pb, Pb×Dp y Pb×Kt) en ovinos de pelo a fin de orientar la toma de decisiones en la ovinocultura tropical del Sureste De México.

b. Objetivos específicos

- Evaluar el ajuste de tres modelos no lineales (Gompertz, Logístico, Von Bertalanffy) sobre el crecimiento de ovinos de pelo de tres grupos genéticos.
- Seleccionar el mejor modelo no linear que permita describir la curva de crecimiento de ovinos de pelo de tres grupos genéticos.
- Desarrollar recomendaciones para la selección de ovinos de pelo en programas de mejoramiento genético, basadas en los parámetros e indicadores de crecimiento obtenidos a partir de los modelos no lineales ajustados.

4. HIPÓTESIS

El uso de modelos no lineales permite identificar fases críticas del crecimiento en ovinos de pelo, lo que optimiza la selección de animales para mejorar la eficiencia productiva en los sistemas de producción ovinos en regiones tropicales de México.

5. JUSTIFICACIÓN

El uso de modelos no lineales (MNL) en la evaluación del crecimiento de ovinos de pelo permite comprender mejor sus dinámicas de desarrollo y analizar sus fases críticas. Estos modelos ayudan a estimar parámetros clave como la tasa de crecimiento máxima y el grado de madurez, lo que mejora la toma de decisiones en selección genética y manejo de rebaños. Además, la combinación de razas ha demostrado ser efectiva para optimizar características productivas como el crecimiento y la resistencia a enfermedades. Al aplicar MNL en grupos genéticos cruzados, se pueden identificar cruces favorables que aumenten la eficiencia productiva, lo que es esencial para satisfacer la creciente demanda de carne ovina a nivel nacional e internacional.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Modelos no lineales

En la actualidad se utilizan modelos no lineales para interpretar o describir alguna característica biológica de cualquier ser vivo , estas se utilizan más en áreas agropecuarias ya sea para saber el peso máximo de algún animal en un determinado tiempo o para saber si es adecuado para seguir criando o para sacrificio , en todo ello utilizamos los modelos no lineales para predecir y saber ese tiempo exacto, a lo que lleva a esta investigación a evaluar y a saber cuáles son los modelos más utilizados y en que especie se acopla más cada modelo (Castro,2020)

Entre los modelos más comúnmente utilizados para describir el crecimiento de animales, plantas y órganos se encuentran los modelos de Gompertz, Logístico, Richards, Bertalanffy y Brody. Estos modelos poseen tres parámetros con interpretación biológica y uno que se define como una constante matemática. El parámetro “A” representa el peso asintótico o peso adulto, estimando el peso que se alcanzará en la madurez. El parámetro “K” corresponde al índice de madurez o la estimación de la precocidad de madurez; un valor mayor de este parámetro indica que el animal es más precoz, y viceversa. El parámetro “B”, conocido como parámetro de integración, no posee un significado biológico específico (Noguera et al., 2008).

6.2. Factores clave en la selección de modelos no lineales

Para identificar el modelo adecuado para un fenómeno, es crucial considerar los criterios de selección de modelos no lineales. Existen muchos modelos para describir el aumento de peso en ovinos, por lo que es esencial aplicar ciertos criterios para seleccionar el que mejor se ajuste a la raza en estudio. A continuación, se detallan estos criterios, que permiten evaluar y comparar los modelos disponibles, asegurando que el elegido sea preciso y confiable para la raza específica. El objetivo principal de usar modelos matemáticos en estudios de crecimiento animal es describir y predecir su desarrollo. Estos modelos buscan resumir las características productivas en tres o cuatro parámetros, facilitando su

interpretación biológica, especialmente en el caso de modelos no lineales, Los modelos matemáticos no lineales, creados empíricamente para relacionar peso y edad, han sido muy útiles para describir la curva de crecimiento en diferentes especies. Estos modelos permiten predecir tasas de crecimiento, estimar necesidades nutricionales, evaluar la selección y analizar otros aspectos importantes en la zootecnia (Torres et al., 2012).

6.3. Fases del crecimiento animal en modelos matemáticos sigmoidales.

Noguera et al. (2008) comenta que los modelos matemáticos empleados para describir el crecimiento animal típicamente tienen una forma sigmoidal y permiten diferenciar las siguientes fases:

6.3.1. Fase de aceleración: Esta fase idealmente se origina en el punto (0,0) y se caracteriza por una rápida y positiva velocidad de crecimiento, alcanzando su máximo en el punto de inflexión de la curva.

6.3.2. Fase de desaceleración: A partir del punto de inflexión, la tasa de crecimiento comienza a disminuir debido a una serie de factores fisiológicos que limitan el crecimiento.

6.3.3. Fase lineal: En esta fase, el animal deja de crecer significativamente o el crecimiento se considera como la reposición de tejidos.

6.4. Criterio de información Akaike

Podemos emplearlo como una medida para evaluar el ajuste de un modelo a los datos disponibles. Además, los tests de significación para los parámetros del modelo son herramientas útiles para simplificar el modelo. Sin embargo, uno de los criterios más comúnmente utilizados es el Criterio de Información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés, Akaike Information Criterion). Aunque no se explicarán aquí los fundamentos matemáticos de este índice, cabe destacar que el AIC evalúa tanto el ajuste del modelo a los datos como la complejidad del propio modelo, un valor más bajo del AIC indica un mejor ajuste del modelo. Por otro lado de igual manera Amaya, (2018) menciona que el criterio más utilizado es el conocido como AIC (Akaike, 1974), debido a su formulación simple y fácil aplicación. Una vez calculado

el criterio AIC para cada modelo, se selecciona aquel con el valor mínimo de AIC. Este criterio ha proporcionado una nueva perspectiva en el área de la identificación de modelos, siendo aplicable no solo a las series temporales, sino también a otras técnicas de modelización, como se observa en campos como el análisis factorial, el análisis de la varianza y la regresión múltiple, entre otras técnicas (Cayuela,2010)

$$AIC = -2 * \log L + 2p$$

6.5. Coeficiente de determinación (R^2)

El coeficiente de determinación (R^2) representa el porcentaje de la varianza total explicada por los modelos. Es el estadístico más comúnmente utilizado para evaluar la bondad de ajuste, donde un valor más alto indica un mejor ajuste del modelo (Castro, 2020).

$$R^2 = 1 - \left(\frac{SCE}{SCT} \right)$$

Dónde: SCE representa la suma de cuadrados de los residuos y SCT es la suma de cuadrados total.

6.6. Criterio de información Bayesiano

El Criterio de Información Bayesiano (BIC). Es una medida utilizada para evaluar la calidad de un modelo estadístico. Se basa en la verosimilitud del modelo, penalizando la complejidad para evitar sobreajuste. Un valor más bajo del BIC indica un mejor equilibrio entre ajuste y simplicidad del modelo (Castro, 2020).

El Criterio de Información Bayesiano (BIC) se calcula con la siguiente fórmula:

$$BIC = -2 * \log L + \log(n) * p$$

Dónde: “ p ” representa la complejidad del modelo (modelos con más parámetros tienden a ajustarse mejor a los datos, pero también aumentan el riesgo de sobreajuste), “ n ” es el tamaño del conjunto de datos utilizado para ajustar el modelo y “ L ” mide la probabilidad de los datos dados los parámetros estimados del modelo (un mayor valor de la verosimilitud indica que el modelo se ajusta mejor a los datos).

El Criterio de Información Bayesiano (BIC), propuesto por Schwarz en 1978 es uno de los métodos más populares para la selección de modelos. Este criterio evalúa modelos en términos de sus probabilidades posteriores (Montesinos, 2011).

6.7. Desviación media absoluta

Desviación media absoluta (MAD), La desviación media absoluta (MAD) es una medida de dispersión que indica la media de los valores absolutos de las desviaciones de cada observación con respecto a una medida de posición de la distribución, generalmente la media aritmética (Castro, 2020).

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \bar{y}|}{n}$$

6.8. Crecimiento animal

El crecimiento y el desarrollo resultan de una serie de cambios anatómicos y fisiológicos complejos que ocurren en el organismo animal, transformando una célula en un animal adulto característico de su especie. Este proceso implica la multiplicación de células (hiperplasia), la diferenciación, el aumento de tamaño (hipertrofia) y la formación de órganos y tejidos. La división celular puede suceder sin aumentar el protoplasma, lo que genera células más pequeñas, mientras que el protoplasma puede incrementarse sin división celular, haciendo que las células crezcan. Esto refleja que los cambios en el organismo son tanto cualitativos como cuantitativos (Bavera et al., 2005).

Aunque algunos autores confunden los términos "crecimiento" y "desarrollo", tratándolos como sinónimos, en realidad son fenómenos diferentes. El crecimiento se puede medir en dos aspectos: primero, como el aumento de peso por unidad de tiempo, y segundo, como los cambios en forma y composición del cuerpo debido al crecimiento desigual de sus componentes, diferenciándose así entre crecimiento propiamente dicho y desarrollo (Bavera et al., 2005).

El crecimiento y desarrollo de los animales se presenta como un incremento organizado de las diferentes partes del organismo en intervalos de tiempo

específicos, siguiendo un patrón propio de cada especie. Esta definición contempla que el nivel de crecimiento y desarrollo alcanzado en la etapa adulta de cada especie depende de la herencia, la variabilidad individual y la nutrición. Esto implica que debe haber un desarrollo y crecimiento integral y coordinado de todas las partes del organismo, un proceso que involucra una gran cantidad de mecanismos (Bavera et al., 2005).

En efecto, el fenómeno biológico del crecimiento, aunque complejo, puede medirse mediante magnitudes como el peso, la altura o el largo, siempre en función de la edad del organismo. Se trata de un proceso dinámico que comienza en el momento de la fecundación y finaliza en la etapa adulta (Pumará, 2005).

La velocidad de crecimiento de un animal está principalmente influenciada por su edad, su peso adulto y su sexo. Las distintas razas tienen pesos adultos diferentes y, siempre que la nutrición no sea un obstáculo, tienden a llegar a su desarrollo y peso final a la misma edad dentro de cada raza (Bavera et al., 2005).

A medida que el animal crece, experimenta transformaciones. Sus proporciones cambian, al igual que su estructura interna y externa. Estos cambios, observados en el animal como un todo, son el resultado del desarrollo simultáneo de todas sus partes, aunque cada una crece en proporciones que varían significativamente entre sí (Bavera et al., 2005).

Bavera et al. (2005) también se queda con las definiciones propuestas por Hammond, que considera el crecimiento como el aumento de peso de los animales desde su nacimiento hasta alcanzar la estabilidad en la edad adulta. Por otro lado, define el desarrollo como las modificaciones en las proporciones, la conformación, la composición química corporal y las funciones fisiológicas del animal a medida que envejece. Aunque ambos procesos pueden ocurrir simultáneamente, un individuo puede desarrollarse (crecer en altura y longitud) sin experimentar un aumento de peso (crecimiento), o un animal adulto (que ya ha completado su desarrollo) puede ganar peso debido al engorde (crecimiento).

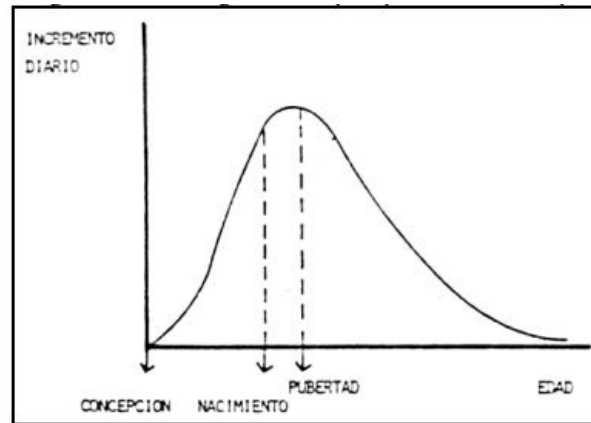


Figura 1: Curva del crecimiento total del animal. Fuente: Bavera et al. (2005).

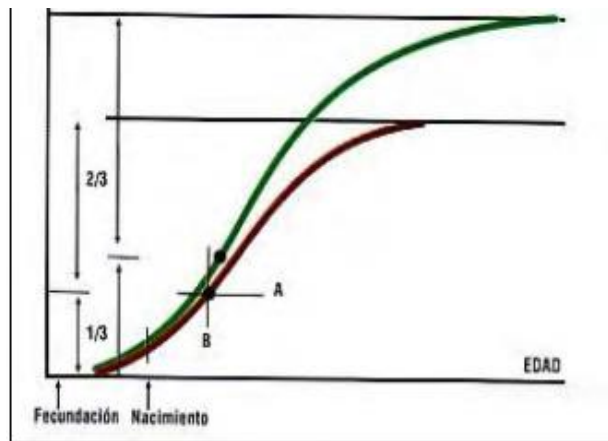


Figura 2: Estas curvas ayudan a entender el ritmo de crecimiento de los animales y cómo se relaciona con su peso adulto. Fuente Bavera et al. (2005).

6.9. Curvas de crecimiento

Las curvas de crecimiento permiten analizar aspectos biológicos relevantes, como el tamaño del animal, medido a través de su peso al llegar a la madurez sexual. También permiten estudiar la relación entre la tasa de crecimiento y la maduración sexual. Estos aspectos solo pueden evaluarse una vez que el crecimiento ha finalizado. Sin embargo, la estimación temprana de estos factores puede ayudar a diseñar programas de selección y mejora, ya que están vinculados a otras características de importancia económica (Agudelo et al., 2008).

El no conocer de manera adecuada las curvas de crecimiento y los parámetros productivos de relevancia económica no permite la implementación de programas de mejora zootécnica destinados a incrementar la tasa de productividad. Estos programas incluyen aspectos como la velocidad de crecimiento, la tasa de madurez en diversas etapas de la vida y la edad óptima para el sacrificio. El análisis de estos factores requiere una sólida base de datos zootécnica de los animales, lo cual es fundamental para contar con registros precisos de producción (Agudelo et al., 2008).

Para abordar estas limitaciones, es imperativo llevar a cabo investigaciones que identifiquen las funciones matemáticas más adecuadas a las condiciones locales. Además, es esencial comprender los parámetros genéticos involucrados, lo que permitirá realizar procesos de selección más efectivos para identificar y promover los mejores animales dentro de la población. Estos esfuerzos, basados en una meticulosa recolección y análisis de datos, posibilitarán el desarrollo de estrategias de mejora que optimicen la producción y la eficiencia en los sistemas de producción animal (Agudelo et al., 2008).

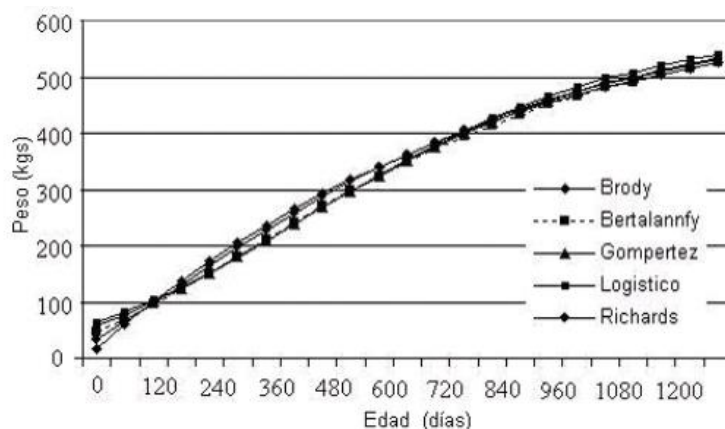


Figura 3: Crecimiento medio estimado mediante los modelos Brody, Von Bertalanffy, Gompertz, logístico y Richards en búfalos Murrah. Fuente: Malhado (2008).

6.10. Razas de ovinos de pelo

Las razas de ovinos de pelo han experimentado un desarrollo evolutivo notable a lo largo del tiempo, especialmente en climas que se asemejan a los del norte de

nuestro país, donde predominan los humedales y las temperaturas cálidas. Este grupo de razas se distingue por su notable tolerancia al calor y su capacidad de adaptarse a una variedad de condiciones ambientales. Esta adaptabilidad contrasta significativamente con las razas de lana, que han evolucionado en entornos de clima frío, desarrollando características específicas para sobrevivir en tales condiciones (Verdoljak, 2017).

La adaptabilidad de las razas de ovinos de pelo a climas cálidos sugiere un prometedor potencial de producción. Razas como la Dorper y la Santa Inés son ejemplos destacados de ovinos de pelo que pueden prosperar incluso cuando las temperaturas superan los 40°C. Esta capacidad de soportar temperaturas extremas y condiciones variables posiciona a estas razas como opciones viables y productivas para la ganadería ovina en el norte del país (Verdoljak, 2017).

La crianza de ganado ovino representa una de las principales actividades de la ganadería en nuestro país. En particular, la cría de ovinos de pelo reviste gran importancia, ya que es una práctica común entre los pequeños productores del ámbito rural. Este tipo de ovino es un animal doméstico, rumiante, dócil y de manejo sencillo. Los ovinos tropicales ofrecen diversos productos como cuero, piel, carne, leche y estiércol, este último utilizado como abono orgánico en la agricultura. A nivel mundial, la población de ovinos tropicales asciende a aproximadamente 110 millones de ejemplares, distribuidos en las regiones tropicales de África, Asia y América. De esta población, 90 millones residen en el África tropical, 15 millones en América tropical y 5 millones en Asia (Depaz, 2013).

Raza	Propósito productivo	Origen
Merino	Carne y lana	España
Leicester	Lana Larga	Gran Bretaña
Lincoln	Lana	Gran Bretaña
Dorset	Carne y leche	Gran Bretaña
Dorper	Carne	Sudáfrica
Hampshare	Carne	Gran Bretaña

Suffolk	Carne	Gran Bretaña
Friesian del este	Leche	Holanda - Alemania
Corriedale	Carne y lana	Australia
Katahdin	Carne	Estados Unidos
Santa Inés	Carne	Brasil
Pelibuey	Carne	África del Norte

Cuadro 1: Razas ovinas clasificadas por su propósito productivo. Fuente: Rojas (2019).

6.11. Raza Dorper

El desarrollo de la raza Dorper comenzó en Sudáfrica mediante la selección y cruce de la Dorset Horn, una raza inglesa productora de carne, con la raza Persa de Cabeza Negra, originaria de Asia central y ampliamente predominante en África central y Sudáfrica. Esta raza de ovinos de pelo es reconocida por su destacada capacidad de convertir el forraje en carne. Sus características, como la rapidez en el crecimiento, la excelente conformación, el rendimiento de la canal, la rusticidad y la adaptabilidad a diversos ambientes, la posicionan como una de las más demandadas para cruces. Las hembras de esta raza destacan por su larga vida productiva, capacidad de parir en otoño, facilidad de parto, y resistencia a condiciones climáticas extremas, lo que las hace altamente adaptables a diferentes regiones. Los ejemplares de esta raza pueden presentar cabezas negras o ser completamente blancos (White Dorper) (Verdoljak, 2017).



Figura 4: Ovinos raza Dorper. Fuente: Verdoljak (2007).

6.12. Características de la raza Dorper

6.12.1. Aspecto general

Los animales deben presentar una simetría y proporciones adecuadas. Un temperamento calmado, combinado con un aspecto vigoroso, es lo deseable. La acumulación excesiva de grasa en cualquier parte del cuerpo es considerada indeseable. El animal debe sentirse firme y musculoso al tacto. Es recomendable eliminar los animales que sean demasiado pequeños o excesivamente grandes; un peso y talla apropiados para su edad son lo ideal. Los machos maduros alcanzan un peso de entre 113 y 136 kg, mientras que las hembras pesan entre 90 y 102 kg (Jongitud, 2012).

6.12.2. Cabeza

El animal debe tener una cabeza fuerte y alargada, con ojos grandes y bien espaciados, que no sean prominentes. La nariz debe ser amplia y robusta, y la boca debe presentar una apariencia sólida con mandíbulas profundas. La frente debe ser recta, sin concavidades. Las orejas deben tener un tamaño proporcional a la cabeza. Se aceptan tocones o cuernos pequeños, aunque los cuernos grandes, aunque permitidos, no son preferibles.

6.12.3. Cuello y hombros

El cuello debe ser de proporciones moderadas, con suficiente masa muscular y ancho, bien conectado a los hombros, que deben ser firmes, anchos y robustos. El pecho debe ser profundo y amplio, pero no debe sobresalir excesivamente. Las extremidades anteriores deben ser fuertes, rectas y bien posicionadas con aplomos correctos, y las pezuñas no deben estar demasiado abiertas.

6.12.4. Cuerpo

La estructura ideal debe ser larga y profunda, con un costillar amplio y un lomo largo y recto. La línea dorsal debe mantenerse recta, evitando cualquier forma de hundimiento o "ensillamiento", aunque se permite una ligera profundidad detrás de los hombros.

6.13. Raza Katahdin

Esta raza se originó a fines de los años 50 en el estado de Maine, Estados Unidos, a partir de un pequeño número de ovejas de pelo importadas desde el Caribe. Los cruzamientos iniciales involucraron ovejas de las Islas Vírgenes con varias razas británicas, especialmente la Suffolk. Después de casi 20 años de selección, se estableció un rebaño de ovejas con características deseables, denominado Katahdin, en honor al Monte Katahdin ubicado en Maine. A mediados de la década de 1970, se incorporó la raza Wiltshire Horn para aumentar el tamaño y mejorar la calidad de los animales para consumo. En 1986, se formó una organización de criadores conocida como Katahdin Hair Sheep International. (Avilés ,2018).

Las ovejas Katahdin son animales robustos, versátiles y de fácil manejo, que producen corderos con alto rendimiento cárnico y bajo contenido graso. Son capaces de adaptarse a diversos sistemas de manejo. Además, las ovejas destacan por su excelente instinto maternal y facilidad para parir, con corderos que nacen vigorosos y sin complicaciones (Avilés, 2018).

6.14. Características de la raza Katahdin

6.14.1. Aspecto general

Se trata de una raza de tamaño mediano, con una conformación muscular destacada que supera al resto de las razas tropicales de ovinos de pelo. Tiene una apariencia alerta y una cabeza levantada que denota vivacidad. Una hembra madura en buenas condiciones puede pesar entre 60 y 70 kg, mientras que un carnero maduro puede alcanzar un peso de entre 120 y 130 kg (Jonguitud, 2012).

6.14.2. Cabeza

Ambos sexos son acornes, y se permiten ligeros tocones únicamente en los machos. Las orejas son de grosor medio y longitud moderada, con un implante lateral.

6.14.3. Cuello

El cuello es fuerte, de longitud media, y ancho en la base de los hombros. En los machos adultos, presenta una melena de pelo.

6.14.4. Hombros

El cuello se integra con el tronco de manera fluida, con las puntas de los hombros siendo anchas y situadas a un nivel ligeramente elevado en la parte posterior.

6.14.5. Pecho

El pecho es amplio y profundo, con una conformación armónica. Puede presentar una crin en el pecho, aunque esta característica no es esencial.

6.14.6. Piernas y patas

Las patas deben tener una buena masa muscular, con una grupa recta y aplomos rectos. Se debe prestar especial atención a los miembros posteriores, evitando corvejones metidos o cascorvos. El hueso debe ser fuerte, y las pezuñas pueden ser claras, bicolors o negras.

6.14.7. Color

La capa puede presentar cualquier color en tonos canelo, blanco o pinto, ya sea uniforme o manchado. No se aceptan manchas negras, excepto lunares, ni coloraciones tipo Blackbelly.



Figura 5: Ovinos Raza Katahdin. Fuente: Jonguitud (2012).

6.15. Raza BlackBelly

El ovino BlackBelly, originario de las zonas tropicales de la isla de Barbados, es una raza de ovejas sin lana que se ha adaptado a diferentes climas a lo largo del país, desde regiones tropicales hasta áreas templadas. Presentan un pelaje rojo en la parte superior del cuerpo y negro en la parte inferior y en los lados de la cara. Este ovino se distingue por su alta prolificidad, con una tasa de natalidad del 160% al 190%, y por su notable habilidad materna, permitiendo a las hembras criar dos o tres corderos. Además, son resistentes a parásitos y enfermedades. Los animales de esta raza son de tamaño medio, con un peso promedio de 40 a 45 kg en las hembras y de 60 a 80 kg en los machos. (Depaz, 2013)



Figura 6: Raza BlackBelly .Fuente: Depaz (2013).

6.16. Raza santa Inés

Originaria del desierto brasileño, la raza Santa Inés es una de las más destacadas en la producción de carne de cordero en Brasil y Colombia, y ha ganado popularidad especialmente en los climas tropicales. En los últimos años, su cría se ha expandido a las provincias de Misiones, Chaco, Corrientes y Formosa, aunque con una difusión limitada. Cuando se cría en pastos nativos, esta raza puede alcanzar los 38 kilos a los 360 días. Los corderos pesan en promedio 3,5 kilos al nacer, 19 kilos a los 112 días (destete) y 25 kilos a los 196 días. La tasa de mortalidad durante el destete es mínima. Los carneros adultos pueden llegar rápidamente a los 85 kilos, y en algunos casos, a los 100 kilos. La raza Santa Inés se caracteriza por su bajo contenido de

grasa y su piel de altísima calidad. Es rústica y precoz, adaptable a cualquier sistema de cría y pasto. Destaca por su excelente desempeño en la producción de carne y por sus cualidades maternas, que permiten producir corderos con un rendimiento sobresaliente tanto en confinamiento como en pastoreo, y con una mayor resistencia a los parásitos gastrointestinales (Yáñez y Fernández, 2017) .De acuerdo con Verdoljak,(2017) en otro estudio realizado coincide también que es originaria del noreste de Brasil, la raza Santa Inés fue desarrollada mediante el cruce de ovejas nativas deslanadas, principalmente de origen africano, con carneros de diversas razas, entre ellas la Bergamacia. Estos animales son deslanados, de coloración variada, de tamaño medio y no presentan estacionalidad reproductiva. Considerada la raza de pelo más relevante en la producción de carne de cordero en Brasil, la Santa Inés se ha difundido rápidamente, especialmente en los climas tropicales del país, donde las razas laneras tienen dificultades para adaptarse. Su éxito en la cría se ha extendido a otros países, como Venezuela, Colombia y Paraguay, gracias a su excelente desempeño como raza cárnica, destacadas cualidades maternas y alta resistencia a los parásitos gastrointestinales.



Figura 7: Raza santa Inés. Fuente: Verdoljak (2017).

6.17. Raza Pelibuey

La oveja Pelibuey es considerada la raza de pelo más destacada en México, ingresando al país entre 1930 y 1940 desde Cuba, sin recibir material genético nuevo desde entonces. Inicialmente distribuida en las regiones tropicales,

actualmente se ha extendido por todo el país. Aunque no se caracteriza por su alta productividad, su valor biológico reside en su notable adaptabilidad a diversos entornos y climas, además de su capacidad para reproducirse durante todo el año. Esta adaptabilidad a un amplio rango de ambientes ha contribuido al desarrollo de respuestas adaptativas específicas que forman parte de su acervo genético. Sin embargo, en años recientes, la Pelibuey ha sido cruzada indiscriminadamente con otras razas especializadas en la producción de carne para aumentar su productividad, lo cual ha puesto en peligro la diversidad genética original de la raza. Prácticas como la inseminación artificial y el flujo intenso de material genético entre rebaños han exacerbado este problema. (Aguilar, 2017).

De igual manera Depaz, (2013) menciona, que Las hembras adultas de la oveja Pelibuey pueden llegar a pesar entre 35 kg y 50 kg, mientras que los machos alcanzan un peso de 50 kg a 90 kg. Las crías llegan a pesar entre 12 kg y 18 kg al destete, a los 90 días de edad. La raza tiene una tasa de prolificidad del 120 % al 140 %, Esta raza, ampliamente difundida en el trópico peruano, se caracteriza por su tamaño mediano y su color que varía desde canela pálido hasta rojo. Es una raza materna, utilizada como base para cruzamientos y producción de corderos para sacrificio. Los animales son rústicos, prolíficos y cuentan con un ciclo reproductivo abierto.



Figura 8: Raza Pelibuey. Fuente: Depaz (2013).

6.18. Coeficientes de correlación

El coeficiente de correlación es una medida estadística que indica la relación lineal entre dos variables. Este coeficiente describe dos aspectos principales de esa

relación: la dirección o el sentido en que se mueven las variables, y la fuerza o cercanía de dicha relación (Lahura, 2003).

Es relevante señalar que el coeficiente de correlación solo es útil cuando la relación entre dos variables es de tipo lineal. Si la relación fuera no lineal, el coeficiente solo indicaría la falta de una relación lineal, pero no la inexistencia de una relación en general. Por esta razón, el coeficiente de correlación se suele definir de manera más amplia como una herramienta estadística que mide el grado de asociación lineal entre dos variables (Lahura, 2003).

Por otra parte La correlación es una forma de medir la relación lineal entre dos variables cuantitativas continuas (x , y). Para saber si dos variables están correlacionadas, se puede analizar si varían conjuntamente. Básicamente, la correlación es un índice que refleja el grado de asociación lineal entre las variables, y se representa con el valor r , que oscila entre -1 y $+1$. Un valor de -1 indica una correlación negativa perfecta, mientras que $+1$ indica una correlación positiva perfecta. Si r es 0 , significa que no existe relación lineal entre las variables. Una correlación positiva implica que ambas variables cambian en la misma dirección, mientras que una correlación negativa indica que lo hacen en direcciones opuestas (Vinuesa, 2016).

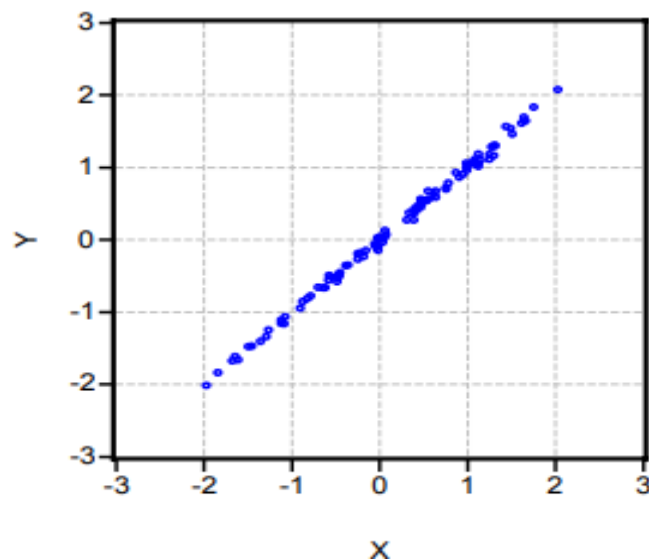


Figura 9: Relación lineal positiva. Fuente: Lahura (2003).

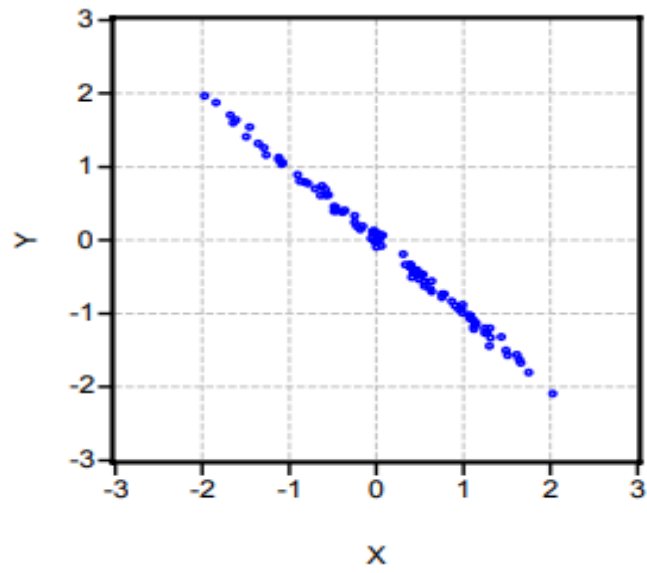


Figura 10: Relación lineal negativa. Fuente: Lahura (2003).

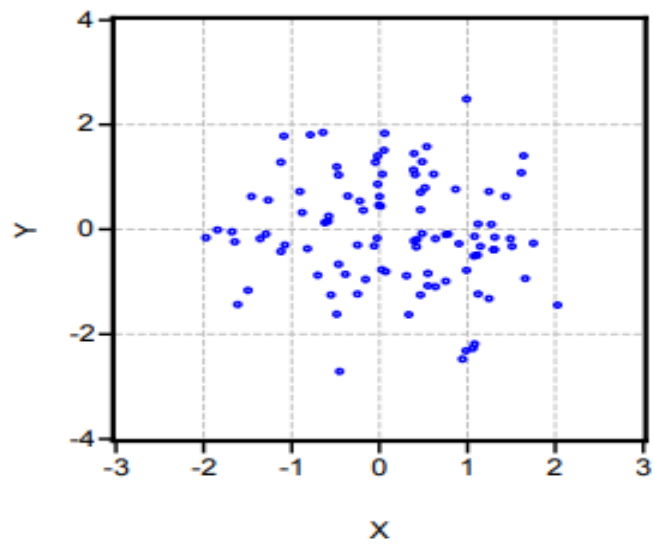


Figura 11: Relación lineal nula. Fuente: Lahura (2003).

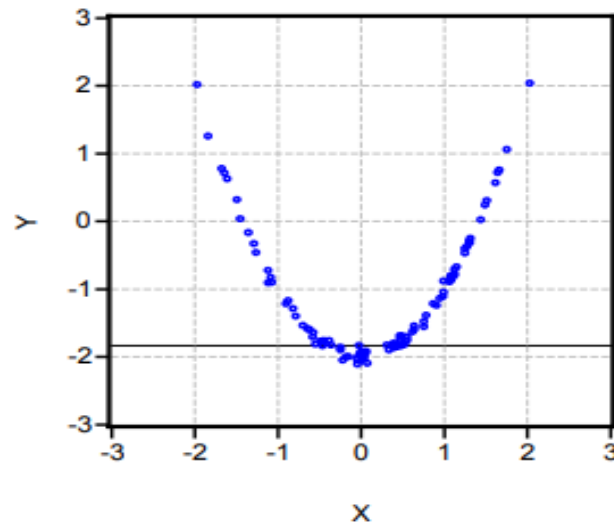


Figura 12: Relación no lineal. Fuente Lahura (2003).

6.19. Modelos matemáticos

Los modelos de crecimiento como Gompertz, Logístico, Richards, Bertalanffy y Brody son ampliamente utilizados para describir el desarrollo de plantas, animales y órganos. Estos modelos generalmente incluyen tres parámetros con significado biológico y un parámetro adicional definido como una constante matemática (Noguera et al., 2008).

Modelo	Número de parámetros	Expresión matemática
Brody	3	$y_t = A (1 - B \exp(-K t))$
Gompertz	3	$y_t = A \exp(-B \exp(-K t))$
Logístico	3	$y_t = A / (1 + B \exp(-K t))$
Von Bertalanffy	3	$y_t = A (1 - B \exp(-K t))^3$

Cuadro 2: Descripción matemática de los modelos de crecimiento. Fuente: Noguera et al. (2008).

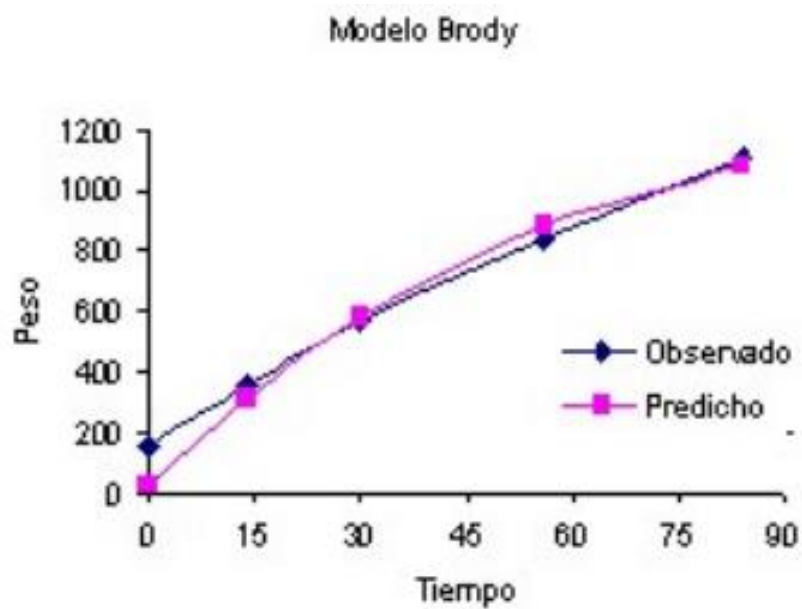


Figura 13: Curva de crecimiento observadas y predichas por los modelos para animales machos, modelo Brody. Fuente: Noguera et al. (2008).

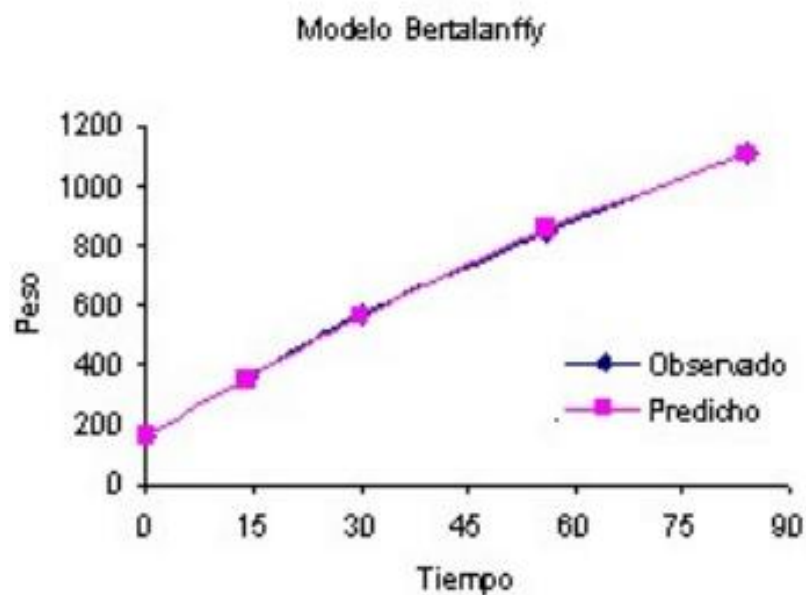


Figura 14: Curva de crecimiento observadas y predichas por los modelos para animales machos, modelo Bertalanffy. Fuente: Noguera et al. (2008).

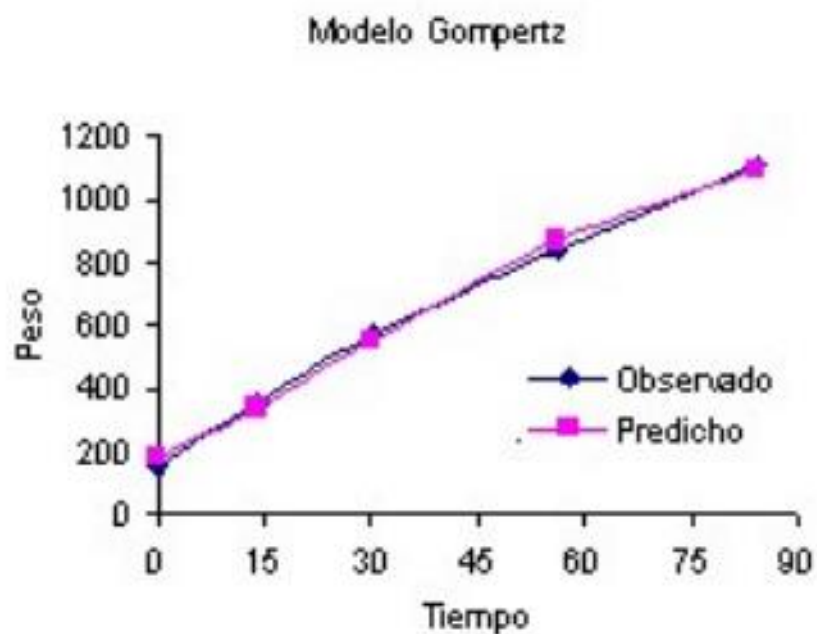


Figura 15: Curva de crecimiento observadas y predichas por los modelos para animales machos, modelo Gompertz. Fuente: Noguera et al. (2008).

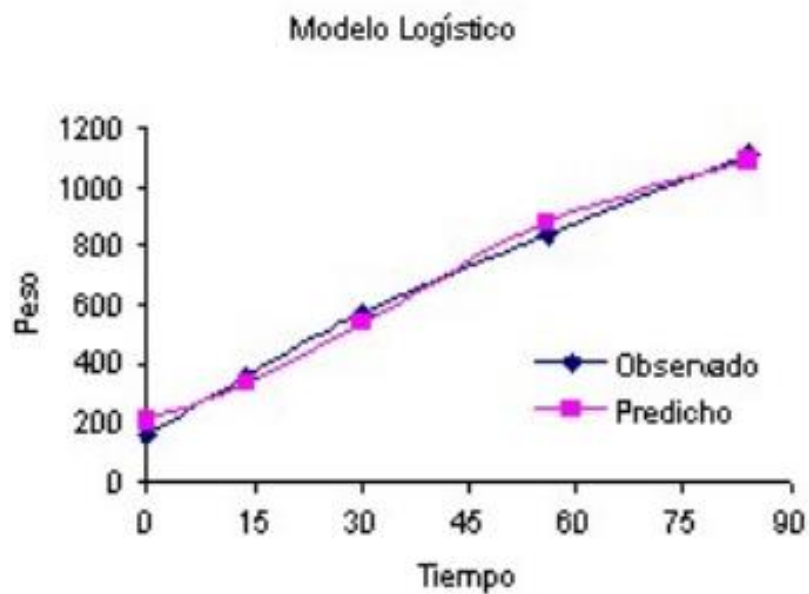


Figura 16: Curva de crecimiento observadas y predichas por los modelos para animales machos, modelo Logístico. Fuente: Noguera et al. (2008).

6.20. Modelo Gompertz.

El modelo Gompertz se caracteriza por proporcionar información crucial en el estudio de situaciones o fenómenos de crecimiento poblacional, o de cualquier tipo, en contextos con recursos limitados. Este modelo es aplicable tanto a escenarios donde el crecimiento máximo puede ser muy reducido como a aquellos donde puede ser considerable. Similar al modelo logístico, que también representa un entorno con limitaciones, el Gompertz se describe mediante una curva sigmoidea, o en forma de "S". Gráficamente, este modelo exhibe tres fases distintas: el crecimiento exponencial, la interacción con el entorno y el equilibrio (Ulloa et al., 2016).

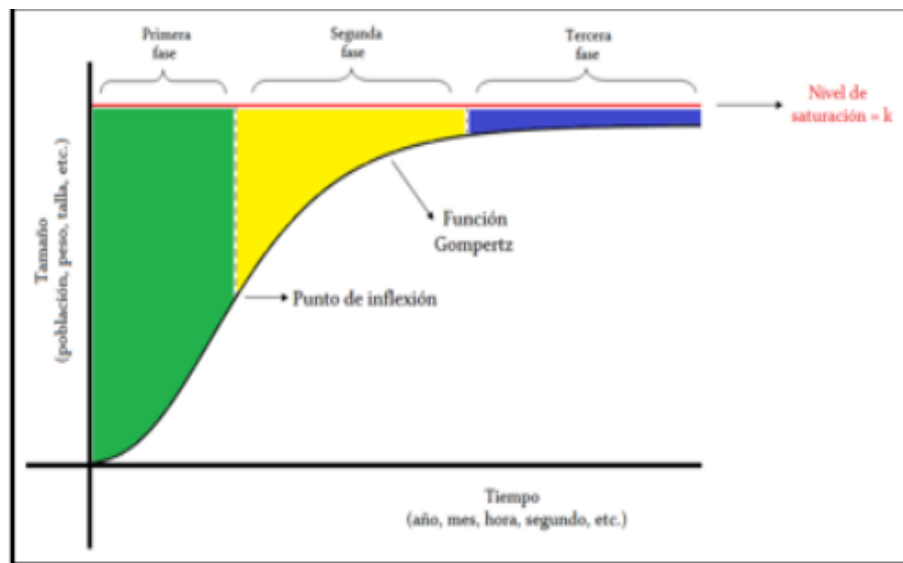


Figura 17: Fases del modelo Gompertz. Fuente: Ulloa et al. (2016).

6.21. Modelo Logístico

La función logística, o curva logística, es una función matemática que se utiliza en varios modelos para estudiar el crecimiento de poblaciones, la propagación de enfermedades epidémicas y la difusión en redes sociales. Uno de los patrones de crecimiento más simples que se observa en poblaciones naturales se llama crecimiento logístico y se representa con una curva en forma de S, también conocida como curva sigmoidea. Similar al crecimiento exponencial, al principio el crecimiento de la población es lento, seguido por una fase de rápido crecimiento.

Luego, cuando la población se acerca a la capacidad máxima del ambiente, la tasa de crecimiento disminuye y finalmente se estabiliza, aunque pueden ocurrir algunas fluctuaciones alrededor de esta capacidad máxima (Ulloa et al., 2010).

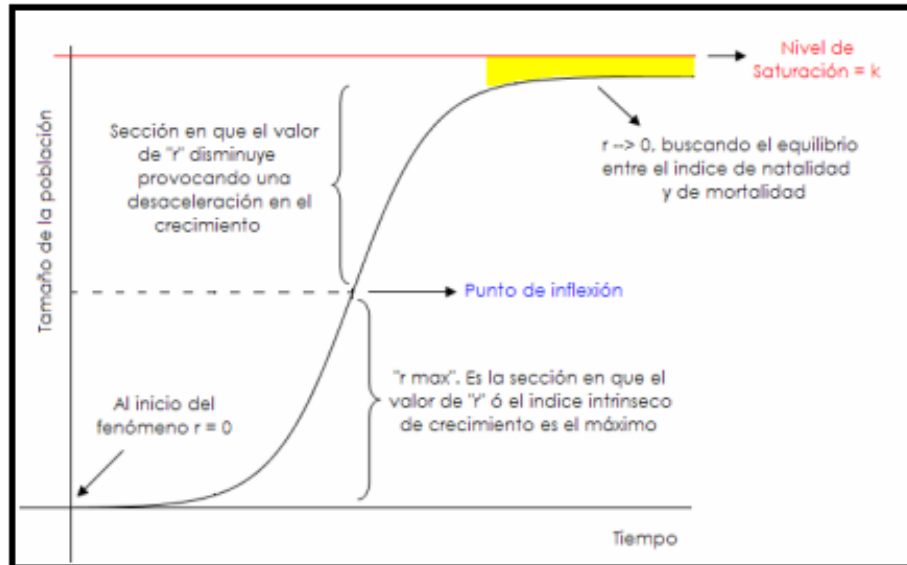


Figura 18: el efecto del parámetro “r” a lo largo de la función logística. Fuente: Ulloa et al., (2010).

6.22. Modelo Brody

La ecuación diferencial de Brody establece que la tasa de crecimiento en peso es proporcional a la cantidad de crecimiento que aún falta para alcanzar el peso máximo. Al integrar esta ecuación, se obtiene el modelo de Brody (Trinidad, 2014).

$$P(t) = A (1 - B e^{\{-Kt\}})$$

Dónde: “ $P(t)$ ”: representa el peso del animal en un momento específico t , “ A ”: Es el peso máximo que el animal alcanzará cuando t se acerca al infinito, “ B ”: es un parámetro que se utiliza para ajustar el modelo cuando $t=0$, representando una proporción del peso máximo A y “ K ”: es el índice de madurez que indica la velocidad con la que el animal crece hacia su peso máximo. Un valor alto de K indica un crecimiento rápido (explosivo), mientras que un valor bajo de K sugiere un crecimiento más lento (retardado) (Trinidad, 2014).

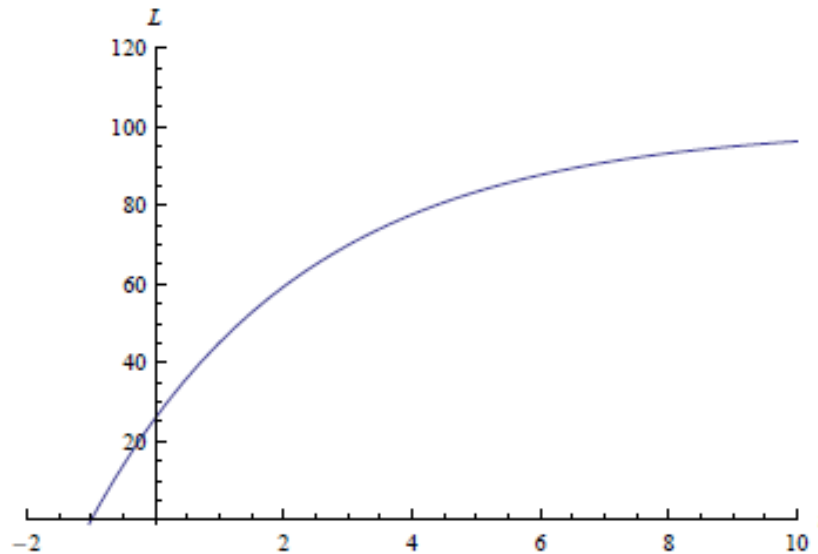


Figura 19: Curva Brody con $A=10$, $B=0.5$, $K=0.09$. Fuente Trinidad (2014).

6.23. Modelo Bertalanffy

Según Trinidad (2014), el desarrollo de muchos organismos, como peces, crustáceos o moluscos, ya sea en tamaño o en peso, se puede representar gráficamente en relación con la edad. Generalmente, esta gráfica muestra una curva que, después de cierto tiempo, va perdiendo inclinación hasta que casi se estabiliza en un punto máximo. Una ecuación que describe bien este patrón es la que propuso von Bertalanffy.

$$L(t) = A \left(1 - e^{\{-K(t - t_0)\}} \right)$$

Dónde: " $L(t)$ ": es la longitud del organismo en un momento dado (t), " A ": Es la longitud máxima que el organismo puede alcanzar (también llamada asíntota máxima), " K ": Es un parámetro que indica la rapidez con la que la longitud del organismo se aproxima a su valor máximo, " T ": Es el tiempo y " t_0 ": Es el tiempo teórico en el cual la longitud del organismo sería cero (Trinidad, 2014).

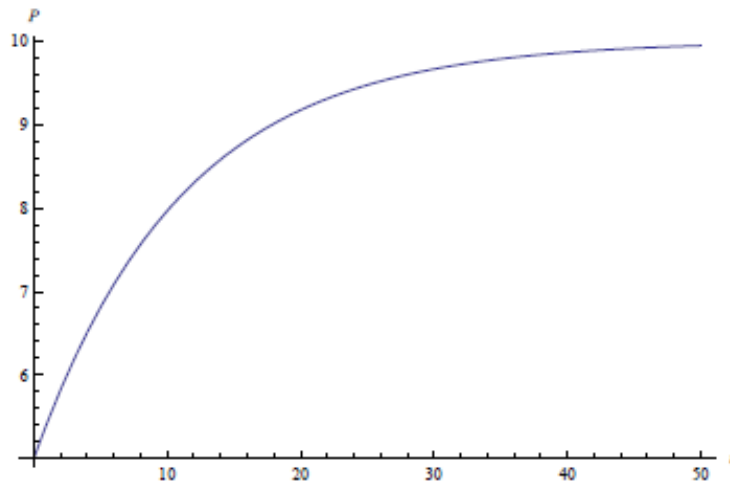


Figura 20: Curva del modelo Bertalanffy con $A = 100$, $K = 0.3$, $t_0 = -1$. Fuente: Trinidad (2014).

6.24. Modelo Richards

El modelo de crecimiento dada por Richards incluye solo cuatro parámetros y se expresa mediante la siguiente función (Trinidad, 2014).

$$y(t) = A(1 \pm Be^{\{-Kt\}}) \frac{1}{1 - M}$$

Dónde: “ $Y(t)$ ”: Representa el crecimiento del organismo en un momento dado t , “ A ”: Es el crecimiento máximo que el organismo puede alcanzar asintóticamente, es decir, cuando t tiende al infinito, “ K ”: es un parámetro que indica la velocidad con la que el crecimiento se aproxima a su máximo, “ B ”: es un parámetro de ajuste que depende de la condición inicial cuando $t=0$ y “ M ”: es el parámetro de alometría, que influye en la forma de la curva de crecimiento (Trinidad, 2014).

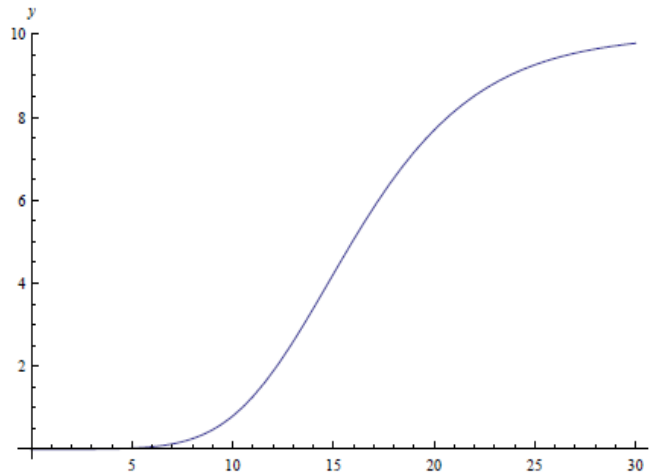


Figura: 21: Curva de Richards con $A=10$, $B=8$, $K=0.25$, $M=1.2$. Fuente Trinidad (2014).

6.25. Modelos no lineales en la evaluación de diferentes razas

Se realizó un estudio sobre corderos de siete razas ovinas populares en el sur de África, criados en sistemas comerciales desde el nacimiento hasta la madurez, para monitorear su crecimiento. Las razas incluidas fueron Dohne Merino, Dormer, Dorper, Meatmaster, Merino Sudafricano y Dorper Blanco. Se gestionaron rebaños de 25 ovejas por raza, los cuales fueron pastoreados para el análisis. Para ajustar los modelos de crecimiento seleccionados a las curvas de crecimiento individuales de los corderos de cada una de las razas, se utilizaron las funciones de Brody, Gompertz, Logística y Von Bertalanffy, los modelos que mejor explicaron el crecimiento fueron el Gompertz, Logístico y Von Bertalanffy son adecuados para modelar el crecimiento de los diferentes tipos de razas estudiadas, y pueden aplicarse con una precisión razonable (Merwe et al., 2019). En otro estudio se encontró que en la India cuenta con una población ovina de 65.06 millones, situándose en el tercer lugar a nivel mundial, la oveja Madgyal es una raza autóctona que se encuentra predominantemente en los tahsils de Jat y Atpadi, en el distrito de Sangli, en el estado de Maharashtra. Esta raza es principalmente apreciada por su carne y se caracteriza por tener una lana muy gruesa, en esta situación no se había encontrado un modelo no lineal la cual describa su crecimiento en este caso se hizo y se evaluó con los siguientes modelos Brody, Von Bertalanffy,

Richards, Logistic y Gompertz, entre los modelos empleados para ajustar la curva de crecimiento, para los modelos de ovejas Madgyal, Brody y Richards mostraron un ajuste superior en comparación con otros modelos. Sin embargo, el modelo de Brody destacó por su mayor precisión, siendo el más adecuado para describir la curva de crecimiento de los animales estudiados. Estos hallazgos pueden ser de gran utilidad para la selección y sacrificio óptimos de ovejas Madgyal en la granja (Nimase et al., 2018). En México, el Organismo de la Unidad Nacional de Criadores de Ovinos (UNO) agrupa a los productores de ovinos de raza pura y especializada. Esta organización coordina programas de mejora genética en razas ovinas utilizando datos genealógicos, registros y controles de producción basados en los criterios de selección y objetivos específicos de cada raza. Las variables de crecimiento, como el peso vivo de los animales, se registran en cinco puntos o edades. Estos datos se utilizan para generar una distribución de puntos a lo largo del tiempo, lo que permite el análisis y la caracterización de patrones de crecimiento mediante modelos matemáticos no lineales (NLM). Estos modelos emplean interpretaciones biológicas para resumir la variación en el peso vivo a lo largo del tiempo, utilizando un pequeño número de parámetros e indicadores de crecimiento, aquí se evaluaron cuatro especies las cuales fueron el Blackbelly, Pelibuey, Dorper y Katahdin y 3 razas de lana Suffolk, Hampshire y Rambouillet, la cual en ellos se evaluaron 6 modelos que fueron los siguientes Verhulst, Logístico, Gompertz, Brody, Von Bertalanffy y Mitscherlich esto con la finalidad de buscar e interpretar mejor su crecimiento, Para las razas Hampshire, Pelibuey y Suffolk, se empleó un modelo no lineal basado en el modelo de von Bertalanffy, que produjo una curva sigmoide. En cambio, para las razas Katahdin, Blackbelly, Dorper y Rambouillet, se utilizó un modelo no lineal basado en el modelo de Brody, el cual resultó en curvas de crecimiento con una tasa de crecimiento continua y sin punto de inflexión, cada raza es diferente modelo ya que cada uno lo describe o se ajusta diferente (Domínguez et al., 2019). De igual manera se realizó una evaluación del crecimiento de ovinos Criollos y de la cruce F1 Santa Inés por Criollo en una granja ubicada en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia), utilizando el modelo no lineal de Brody, se recopilaron datos de peso de 40 animales, de los cuales 15 eran Criollos

y 25 Santa Inés por Criollo, desde el nacimiento hasta los seis meses de edad. Para la estimación de los parámetros del modelo, se ajustó utilizando el procedimiento NLIN del software Statistical Analysis Software (SAS). Según los resultados obtenidos, los machos en las poblaciones ovinas estudiadas mostraron una mayor precocidad en comparación con las hembras, lo cual se atribuye al dimorfismo sexual. Asimismo, se constató que los ovinos Criollos alcanzaron un menor peso adulto en comparación con los F1 Santa Inés por Criollo, lo que se explica por los efectos de la heterosis en los animales cruzados (Vergara et al., 2017). Por otro lado se realizó una evaluación también en idoneidad de los modelos Cuadrático, Cúbico, Gompertz y Funciones Logísticas para las curvas de crecimiento de corderos Konya Merino. Se analizaron datos de 162 corderos Konya Merino nacidos en 2002, de los cuales 57 eran machos y 105 hembras. Las ovejas se mantuvieron en la granja del Instituto de Investigación Agrícola Bahri Dağdaş, ubicada en la provincia de Konya, en el centro de Turquía. Esta provincia cuenta con aproximadamente 1,6 millones de cabezas de ganado ovino, lo que representa el 6% de la población ovina de Turquía. Los modelos Cuadrático y Gompertz demostraron ser los más adecuados para describir el crecimiento de los corderos Konya Merino, ya que presentaron mayores valores de R^2 , menor error cuadrático medio (MSPE) y ausencia de autocorrelación. Estos modelos son útiles para predecir el peso vivo en etapas posteriores utilizando datos tempranos de peso parcial. No obstante, se requieren estudios adicionales para analizar las características de la curva de crecimiento hasta la edad adulta, así como otros aspectos como la composición de la canal y la calidad de la carne en las ovejas Konya Merino (Keskin et al., 2009). En otras investigaciones realizadas Fatemeh Hojjati y Navid Ghavi Hosseini-Zadeh (2018) Para analizar las curvas de crecimiento de las ovejas Mehraban en Irán, se aplicaron cinco modelos matemáticos no lineales. Las ecuaciones utilizadas incluyeron Brody, Exponencial Negativa, Logística, Gompertz y Von Bertalanffy, los datos analizados fueron proporcionados por la Organización Agrícola de la provincia de Hamedan y consistieron en 35,414 registros de peso de corderos, recogidos desde el nacimiento hasta los 365 días de edad, durante el período de 1991 a 2011. Cada uno de los modelos se ajustó de

manera individual a los registros de peso corporal de corderos machos y hembras, tanto individuales como gemelos, utilizando los procedimientos NLIN y MODEL de SAS, se seleccionó un único modelo para representar la curva de crecimiento, el modelo de Brody demostró ser el más adecuado tanto para hembras como para machos, así como para todos los corderos en general, debido a sus valores inferiores de RMSE, AIC y BIC en comparación con otros modelos. Por lo tanto, la función de Brody se destacó como la mejor entre los distintos modelos matemáticos evaluado. De igual se estimó la curva de crecimiento en una población de ovinos criollos del departamento de Córdoba, Colombia, utilizando el modelo de Brody, con el propósito de caracterizar el crecimiento de estos animales bajo condiciones de pastoreo. En otro estudio Se registraron un total de 695 corderos Barbarine de cola gruesa, nacidos en dos rebaños entre 1995 y 1997, para mediciones de crecimiento y de grasa en la cola, siguiendo el protocolo estándar de registro de crecimiento, los rasgos evaluados incluyen el peso corporal (BW), utilizando para ello una curva de crecimiento seleccionada entre los modelos de Brody, Logístico, Gompertz y Bertalanffy. Todas las funciones (Brody, Logística, Gompertz y Bertalanffy) mostraron un ajuste cercano a las mediciones de peso corporal y de grasa en la cola de los corderos Barbarine durante el período de registro (hasta 120 días), siendo la función de Bertalanffy la que proporcionó una estimación más precisa del valor asintótico (tamaño adulto) para las medidas de peso (Mohamed Ben Hamoudaa y Naziha Atti, 2011). Otro estudio realizado indica que el crecimiento, entendido como las variaciones en el peso corporal a lo largo del tiempo, es un rasgo de gran importancia económica en ovejas, ya que influye directamente en la producción de carne. Se estimaron los parámetros de la curva de crecimiento desde el nacimiento hasta los 12 meses de edad en ovejas Sonadi. Para ello, se recopilieron datos de 56 ovejas Sonadi, compuestas por 28 machos y 28 hembras nacidas en 2016 y criadas en el Mega Sheep Seed Project, Vallabh Nagar, Udaipur. Se emplearon modelos de crecimiento no lineal, incluyendo Gompertz, Brody, Exponencial Negativa, Logístico y Von Bertalanffy, para estimar los parámetros de la curva de crecimiento. Los resultados mostraron que el modelo de Brody es el más adecuado para generar la curva de crecimiento, dado su mayor R^2 y menores

valores (Gautam et al., 2018). En otro estudio se analizaron 43,441 registros de peso-edad, correspondientes a 21,361 registros de corderos machos y 22,060 registros de corderas, sobre un total de 6,899 corderos descendientes de 235 toros y 2,842 madres. Los datos fueron recolectados entre 1991 y 2015 en la estación de cría de ovejas Kordi, ubicada en Shirvan, en la provincia de Khorasan del Norte, al noreste de Irán. Para el análisis se emplearon cinco modelos no lineales: Brody, Exponencial Negativa, von Bertalanffy, Logístico y Gompertz, por lo tanto en este caso el modelo Brody presentó el AIC y MSE más bajos, así como el R^2 más alto, entre los modelos evaluados tanto para corderos Kordi machos como hembras. Por lo tanto, se determinó que el modelo Brody es el más adecuado para describir la curva de crecimiento en ovejas Kordi (Mohammadi et al., 2019). En otra investigación se evaluaron las funciones de Brody, von Bertalanffy, Richards, Logística y Gompertz para describir el crecimiento en ovejas mestizas Dorper × Morada Nova (DMN), Dorper × Rabo Largo (DRL) y Dorper × Santa Inês (DSI). Tras identificar el modelo con el mejor ajuste, se calculó la tasa de crecimiento absoluta y se analizó la influencia de las características ambientales y genéticas en los parámetros de la curva de crecimiento. El estudio se basó en datos de 156 animales F1 (36 DMN, 61 DRL y 59 DSI), los cuales fueron pesados trimestralmente desde el nacimiento hasta los 210 días de edad. Las funciones de Gompertz y Logística mostraron el mejor ajuste, con un rendimiento ligeramente superior del modelo Logístico (Malhado et al., 2009). En los municipios de Montería y San Pelayo, Colombia, se realizó un estudio utilizando 77 ovinos Santa Inês x Criollo, nacidos de partos únicos entre noviembre de 2013 y abril de 2014. La información provino de bases de datos de cada sistema de producción, registrándose el peso de los animales quincenalmente desde el nacimiento hasta los seis meses de edad. Se identificó el modelo que mejor describiera el crecimiento de ovinos Santa Inês x Criollo en dos poblaciones del Departamento de Córdoba, Colombia, y se evaluó el efecto del sexo y la finca sobre los parámetros estimados. Se evaluaron los modelos de Brody, Logístico, Gompertz y von Bertalanffy, con estimaciones de parámetros obtenidas mediante el procedimiento NLIN de SAS. Para determinar la curva más adecuada para describir el crecimiento de las poblaciones estudiadas, se utilizaron

el criterio de información de Akaike (AIC), el criterio de información bayesiano (BIC), el coeficiente de determinación (R^2) y el porcentaje de curvas convergentes (PCC). El modelo von Bertalanffy presentó el mejor ajuste, con diferencias mínimas en los criterios de selección respecto a los modelos Gompertz y Logístico. Debido a su menor AIC y BIC, un PCC del 100% y un R^2 muy similar a los otros modelos, se seleccionó el modelo von Bertalanffy como el más adecuado. (Simanca et al., 2016). Por su parte Vergara et al. (2017). En Colombia, existe una gran variedad de ovinos conocidos como ovinos criollos, que resultan del cruce de diferentes razas desde la época de la colonización y que se han adaptado a diversas regiones del país, en este estudio, se determinó la curva de crecimiento de dos poblaciones de ovinos criollos del trópico mediante el uso del modelo no lineal Gompertz, se utilizaron 55 animales, cada uno con 13 pesajes, pertenecientes a dos sistemas de producción en el departamento de Córdoba, Colombia, el modelo se ajustó utilizando el procedimiento NLIN del software Statistical Analysis Software (SAS) para estimar los parámetros correspondientes, el modelo de Gompertz permitió describir adecuadamente el crecimiento de los ovinos criollos en condiciones de pastoreo en esta región.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. LOCALIZACION Y UBICACIÓN

La investigación se realizó en una unidad de producción comercial localizada en el municipio de Timucuy, a 30 kilómetros de la ciudad de Mérida, Yucatán (20°58' N, 89°36' O). La zona presenta un clima cálido subhúmedo, con una precipitación anual promedio de 902 mm, concentrada principalmente en la temporada de verano. La temperatura media anual es de 26°C y la humedad relativa alcanza un promedio del 80%.

7.2. ANIMALES EVALUADOS

La fase experimental incluyó 367 corderos recién destetados, seleccionados con base en registros productivos y genealógicos. Se conformaron tres grupos genéticos homogéneos (Pelibuey, Dorper x Pelibuey y Katahdin x Pelibuey), siendo 115 del grupo genético Dorper, 106 del Katahdin y 146 del grupo genético del Pelibuey. Tras el destete a los 42 días de edad, los corderos fueron sometidos a un sistema de engorda intensiva en jaulas elevadas, alimentados con una dieta comercial balanceada al 16 % de proteína cruda y acceso libre a agua. Se registraron los días de engorda, la edad al sacrificio y la ganancia diaria de peso durante el periodo de finalización.

7.3. MODELOS NO LINEALES UTILIZADOS

Los modelos no lineales actualmente en la ganadería son muy influyentes ya que nos permiten saber ciertos rasgos como el crecimiento del animal, reproducción y nutrición e conversión alimenticia, al implementar estos modelos que son de tipo sigmoidea nos permiten predecir la pubertad y la madurez sexual, entre los modelos que se utilizó para este estudio son el Gompertz, Brody, Logístico y el Von Bertalanffy que son las comunes y han demostrado cierta precisión a la hora de predecir los resultados. Los modelos de crecimiento como Gompertz, Logístico, Richards, Bertalanffy y Brody son ampliamente utilizados para describir el desarrollo de plantas, animales y órganos. Estos modelos generalmente incluyen tres

parámetros con significado biológico y un parámetro adicional definido como una constante matemática (Noguera et al., 2008).

7.4. UTILIZACION DE LA APLICACIÓN STATGRAPHICS

Para analizar los resultados del estudio de las razas Dorper, Katahdin y Pelibuey se utilizó la aplicación de STATGRAPHICS para evaluar el peso y la edad del ovino, la cual nos permitió que los resultados sean más acertados y con menos error a la hora de interpretarlos.

7.5. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Para seleccionar el mejor modelo también se necesitaron tomar ciertos parámetros las cuales ayudaron a decidir cuál modelo describe mejor la curva de crecimiento del ovino, este estudio realizado con las 3 razas de ovinos y los 4 modelos no lineales que fueron el Brody, Gompertz, Dorper y el Von Bertalanffy se tomaron en cuenta 2 parámetros las cuales fueron el coeficiente de determinación (R^2) y el error estándar para su selección de cada raza.

8. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos mediante el programa estadístico se presentan en el Cuadro tres. Los cuatro modelos evaluados que fueron el Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico y el Brody y para tomar en cuenta el mejor resultado abarcándolo en general, los datos que se tomaron en cuenta fueron el R cuadrada y el error estándar, a base de estos se sacó el mejor modelo el cual fue en este caso el modelo Logístico ya que presentó un coeficiente de determinación más alto (92.3987) y un error estándar más bajo (5.24464) siendo el mejor modelo para los tres grupos genéticos evaluadas (Katahdin, Dorper y Pelibuey), asimismo Describiendo mejor la curva de crecimiento.

Cuadro 3: Resultados de las tres grupos genéticos en general con los modelos Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico y Brody.

Modelos	A	B	C	R cuadrada	Error estándar
Von Bertalanffy	93.511	0.770698	0.00666292	92.4266	5.34074
Gompertz	76.3475	3.76669	0.0103873	92.619	5.27245
Logístico	61.3576	18.6598	0.0212267	92.6426	5.26403
Brody	607.643	1.00174	0.000401777	90.8995	5.85448

En el Cuadro cuatro se presentan los resultados observados en la raza Dorper con los cuatro modelos Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico y Brody. Para elegir el mejor modelo se consideró la R cuadrada y el error estándar. Para esta raza, el modelo que mejor describe la curva de crecimiento fue el modelo Gompertz, ya que presentó un R cuadrada más alta y un error estándar más bajo en comparación con los demás modelos evaluados. De esta manera se seleccionó como el modelo que mejor describe el crecimiento de ovinos de pelo de la raza Dorper.

Cuadro 4: Resultados del grupo genético Dorper con los modelos Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico y Brody.

Modelos	A	B	C	R cuadrada	Error estándar
Von Bertalanffy	87.0861	0.779913	0.00707663	92.0105	5.37689
Gompertz	73.0232	3.81703	0.0107392	92.2629	5.29127
Logístico	59.9862	18.9267	0.0214514	92.3987	5.24464
Brody	123.719	1.01754	0.00231266	89.0355	6.29893

En el Cuadro cinco se evaluó el grupo genético del Katahdin con los cuatro modelos Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico y Brody, para elegir al mejor modelo se tomaron en cuenta la R cuadrada y el error estándar las cuales fueron esenciales para su elección del mejor modelo, al revisar los resultados que fueron arrojados nos dio como resultado final el modelo logístico la cual obtuvo un R cuadrada más alta (92.6426) y un error estándar más bajo (5.26403) a diferencia de los demás modelos haciéndolo como el mejor modelo para describir la curva de crecimiento del grupo genético del Katahdin.

Cuadro 5: Resultados del grupo genético del Katahdin con los modelos Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico y Brody.

Modelos	A	B	C	R cuadrada	Error estándar
Von Bertalanffy	71.4797	0.867632	0.0101172	94.3987	4.75304
Gompertz	66.0634	4.19774	0.0135493	94.8607	4.55282
Logístico	58.6857	21.5637	0.024737	95.4381	4.28943
Brody	304.45	1.00226	0.000867289	92.216	5.60308

Para el Cuadro seis se realizó el estudio del grupo genético del Pelibuey con los respectivos modelos Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico y Brody. Para la selección del mejor modelo se tomaron en cuenta la R cuadrada y el error estándar ya que son importantes durante la selección de modelos de crecimiento. Entre los cuatro modelos evaluados, el que mejor describió la curva de crecimiento del grupo genético del Pelibuey fue el Gompertz debido a que mostró un R cuadrada más alta. Siendo más efectiva (92.5028) y un error estándar bajo (4.88773) por lo que permitió describir la curva de crecimiento de forma más acertada.

Cuadro 6: Resultados del grupo genético del Pelibuey con los modelos Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico y Brody

Modelos	A	B	C	R cuadrada	Error estándar
Von Bertalanffy	111.868	0.762949	0.00517678	92.3703	4.93074
Gompertz	83.8148	3.70436	0.00869189	92.5028	4.88773
Logístico	63.2918	17.8653	0.0187066	92.416	4.91594
Brody	127.457	1.0176	0.00206084	88.6249	6.02055

La Figura 22 se representa la curva de crecimiento del modelo Gompertz con los tres grupos genéticos Dorper, Katahdin y Pelibuey. Se observó un crecimiento más alto para la raza Pelibuey en comparación con la raza Katahdin y Dorper, las cuales muestran una deceleración en cuanto a su crecimiento de forma prematura, cuando se comparan con la raza Pelibuey.

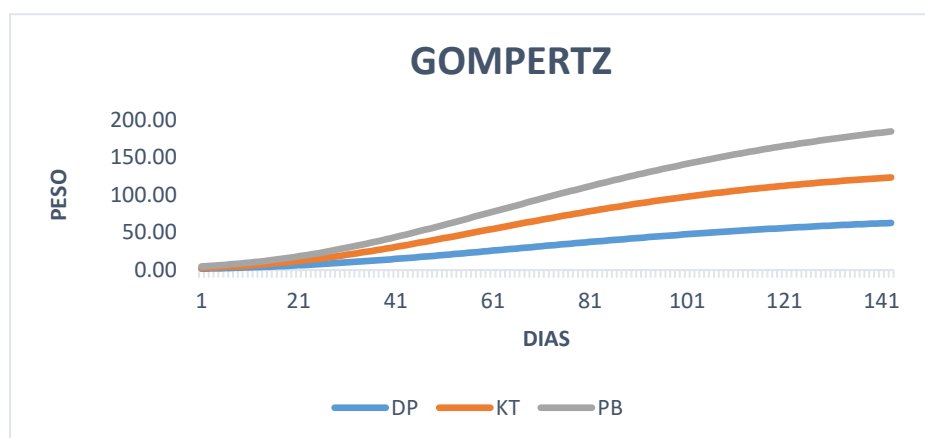


Figura 22: Curva de crecimiento en ovinos de los grupos genéticos Dorper, Katahdin y Pelibuey.

La Figura 23 representa las curvas de crecimiento de los ovinos de pelo de los grupos genéticos Dorper, Katahdin y Pelibuey usando el modelo Logístico. Este modelo muestra con claridad una curva creciente con los datos gráficos, el modelo Logístico permite interpretar los datos con un crecimiento notorio a base de su peso y edad.

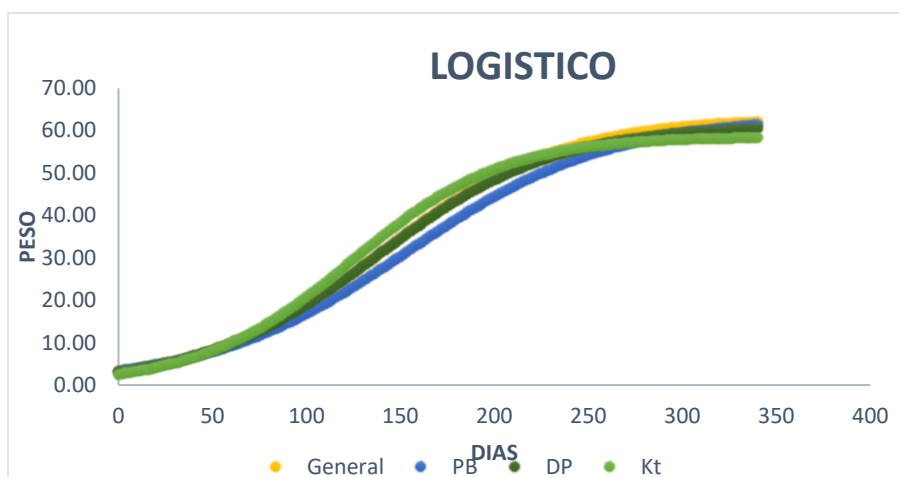


Figura 23: Curva de crecimiento en ovinos del grupo genético Dorper, Katahdin y Pelibuey.

La Figura 24 representa la curva de crecimiento del modelo Brody con las tres grupos genéticos evaluadas Dorper, Katahdin y Pelibuey, la cual no se percibe un claro crecimiento y tampoco se nota una aceleración constante.

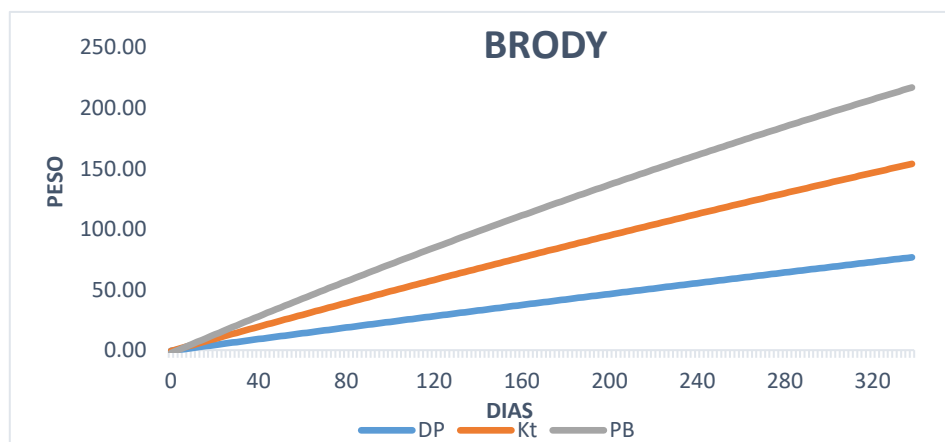


Figura 24: Curva de crecimiento en ovinos del grupo genético Dorper, Katahdin y Pelibuey.

En la Figura 25 se pueden observar las curvas de crecimiento de los grupos genéticos Dorper, Katahdin y Pelibuey mediante el modelo Von Bertalanffy. Este modelo al igual que el Brody no da la satisfacción necesaria para describir la curva de crecimiento de los grupos evaluados.

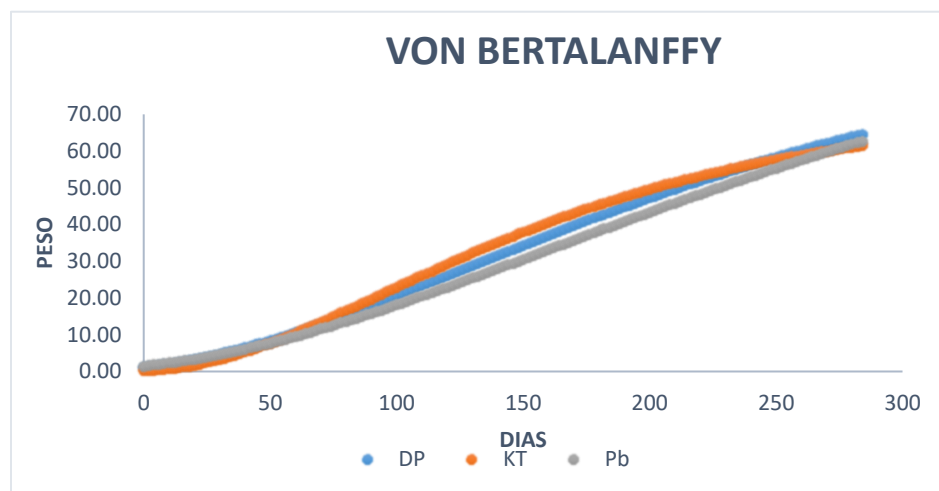


Figura 25: Curva de crecimiento en ovinos de los grupos genéticos Dorper, Katahdin y Pelibuey.

En este trabajo se seleccionaron dos modelos para los tres tipos de grupos genéticos las cuales fueron las adecuadas para las curvas de crecimiento. En todos los casos se observaron valores significativos, los coeficientes de determinación fueron superiores a los 92 y 94%.

Los modelos seleccionados fueron el Gompertz y el Logístico para los grupos genéticos Pelibuey, Katahdin y Dorper ya que describieron adecuadamente las curvas de crecimiento. Desde el punto de vista estadístico de acuerdo a los resultados obtenidos se pueden considerar aptos. Por lo tanto al tener un coeficiente de determinación más alta y un estándar de error más bajo fueron las mejores a diferencia de los demás, el Brody no tuvo un buen ajuste al igual que el modelo Von Bertalanffy y por lo tanto se descartaron.

En otro estudio realizado en Colombia donde se evaluaron los ovinos criollos se utilizó el modelo Gompertz para describir la curva de crecimiento la cual al final el modelo si lo describió correctamente y teniendo un resultado satisfactorio (Vergara

et al., 2017). En un estudio realizado en los departamentos de Córdoba y Cesar, Colombia se evaluaron los ovinos de pelo colombiano utilizando los modelos Gompertz, Von Bertalanffy, Brody y Logístico, para determinar el mejor modelo se consideró el porcentaje con la edad y el mejor modelo fue el Brody (Noriega et al., 2022). En otro estudio realizado con ovinos Santa Inés x Criollo para saber la mejor curva de crecimiento se optó por utilizar los siguientes modelos las cuales fueron el Logístico, Brody, Von Bertalanffy y Gompertz, al tomar la decisión para saber el mejor modelo que describa la curva de crecimiento intervinieron varios factores ya que había otro modelo que lo igualaba estos fueron los valores del AIC, BIC y PCC y base a estos se seleccionó el mejor siendo el Von Bertalanffy el que mejor se ajustó a la curva de crecimiento (Simanca et al., 2016). De igual manera, Lenis et al, (2022) mencionan que hay poca información acerca de las investigaciones acerca de los ovinos criollos con referencia a una alimentación con la caña , al querer saber sobre su efectividad con su peso del animal (con la caña) y también porque esta raza tiene diversas ventajas ,entre ellas se encuentra que tiene una alta fertilidad y una gran resistencia a enfermedades, al evaluarlos se utilizaron los siguientes modelos Gompertz, Logístico, Brody, Richards y Von Bertalanffy, la mejor curva y la que más se acercó fue el Richards ya que obtuvo mejores resultados.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El implementar la estadística en diferentes ramas ha permitido que los trabajos sean más eficientes, lo que ha permitido tomar buenas decisiones, las herramientas que la estadística nos brinda nos ha ayudado a explicar ciertos fenómenos en varios aspectos. La implementación de esta a la producción ovina ha permitido como ya se mencionó antes tomar las mejores decisiones ya que nos proporcionan información fiable como por ejemplo el saber qué tipo de raza es recomendable para seguir criando y cuales son para sacrificio y a base de ello es que podemos predecir y elegir la mejor opción.

En los demás trabajos que se revisaron y se consultaron la mayor parte seguía los pasos para poder llegar a elegir el mejor modelo que se ajusta a una raza, la mejor elección se seleccionaba a base de los mejores parámetros obtenidos del estudio y en varias de ellos son muy buenos los resultados recaudados.

Podemos notar en este trabajo que un modelo se puede ajustar a varios grupos genéticos y se no solo se vio aquí si no en otras investigaciones donde el autor llegaba a esa conclusión en otras ocasiones una solo grupo genético llegaba a coincidir con varios modelos pero para saber el mejor se recurría a otros parámetros para seleccionar el de mejor ajuste, en este caso el Gompertz se ajustó bien a dos grupos genéticos las cuales fueron el Katahdin y el Pelibuey pero no hay que echar de menos al modelo Logístico el cual se ajustó mejor al grupo genético Dorper con un porcentaje del 92% y esto nos dice y nos ha entender su eficiencia a comparación de los demás , de esta manera podemos decir que la elección de un buen modelo no lineal nos da varias ventajas que en otras palabras nos ayuda a la elección como el mejor alimento y del mejoramiento genético donde en ese mercado es muy esencial la ayuda de las herramientas de la estadística para saber los mejores grupos genéticos y si bien elegimos mal también habrán consecuencias y por ende el acertar a una buena elección es de suma importancia.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agudelo Gómez A.Divier, Cerón Muñoz M.Mario F, & Restrepo Betancur Luis F. (2008). *Modelación de las funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal*.
- Aguilar-Martínez, Ubaldo, C., Berruecos-Villalobos, Manuel, J., Espinoza-Gutiérrez, Segura-Correa, B. ; Candelario, J., Valencia-Méndez, & Roldán-Roldán, J. ; (2017). ORIGEN, HISTORIA Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA OVEJA PELIBUEY EN MÉXICO. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20, 429–439. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93953814003>
- Amaya Jiménez, L. (2018). *CRITERIO DE AKAIKE PARA LA SELECCIÓN DE MODELOS CON TRANSFORMACIONES*.
- Avilés-Núñez Fabian Ezequiel. (2018). *Características del semen en diferentes razas de ovino, a principios de otoño*.
- Bavera, G., Bocco, O., Beguet, H., & Petryna, A. 2005. (2005). *CRECIMIENTO, DESARROLLO Y PRECOCIDAD*. www.produccion-animal.com.ar
- Castro Amanda. (2020). *Selección y ajuste de modelos no lineales: aplicaciones al crecimiento animal*.
- Cayuela Luis. (2010). *Modelos lineales generalizados (GLM)*.
- Cedeño, H., Ambulo, Y., Guerra, R., Grajales-Cedeño, J., Sánchez-Galán, E., & Pimentel, T. (2023). EFECTO DEL CRUZAMIENTO F1 EN LAS RESPUESTAS PRODUCTIVAS Y CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE CORDEROS (*Ovis aries*) PELIBUEY X DORPER Y PELIBUEY X KATAHDIN. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 6(1), 22–38. <https://doi.org/10.48204/j.ia.v6n1.a4515>
- Depaz-Hizo Benjamín. (2013). *Crianza de ovinos de pelo en el tropico*.
- Domínguez-Viveros, J., Alonso Rodríguez-Almeida, F., Núñez-Domínguez, R., Ramírez-Valverde, R., Ángel Ortega-Gutiérrez, J., & Ruiz-Flores, A. (2012). *ADJUSTMENT OF NONLINEAR MODELS AND ESTIMATION OF GROWTH PARAMETERS IN TROPICARNE CATTLE*.

- Domínguez-Viveros, J., Canul-Santos, E., Rodríguez-Almeida, F. A., Burrola-Barraza, M. E., Ortega-Gutiérrez, J. Á., & Castillo-Rangel, F. (2019a). Defining growth curves with nonlinear models in seven sheep breeds in Mexico. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 10(3), 664–675. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4804>
- Gautam, L., Kumar, V., & Nagda, H. (2018). Estimation of Growth Curve Parameters Using Non-Linear Growth Curve Models in Sonadi Sheep. *International Journal of Livestock Research*, 8(5), 104. <https://doi.org/10.5455/ijlr.20180131044656>
- Hamouda, M. Ben, & Atti, N. (2011). Comparison of growth curves of lamb fat tail measurements and their relationship with body weight in Babarine sheep. *Small Ruminant Research*, 95(2–3), 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.10.001>
- Hernández-Marín, Valencia-Posadas, M.; Ruíz-Nieto, J.E.; Mireles-Arriaga, A.I.; Cortez-Romero, & C.; Gallegos-Sánchez, J. (2017). *CONTRIBUCIÓN DE LA OVINOCULTURA AL SECTOR PECUARIO EN MÉXICO* (Vol. 10).
- Hojjati, F., & Hossein-Zadeh, N. G. (2018). Comparison of non-linear growth models to describe the growth curve of Mehraban sheep. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 499–504. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1348949>
- Jonguitud Sánchez, S. (2012). *IMPORTANCIA DE LAS RAZAS KATAHDIN Y DORPER EN LA GANADERIA OVINA DE PELO EN MÉXICO*.
- Keskin, I., Dag, B., Sariyel, V., & Gokmen, M. (2009). Estimation of growth curve parameters in Konya Merino sheep. In *South African Journal of Animal Science* (Vol. 39, Issue 2). Bathaei & Leroy. <http://www.sasas.co.za/sajas.asp>
- Lahura Erick. (2003). *EL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN Y CORRELACIONES ESPÚREAS*.
- Lenis-Valencia, C., Hernández-Herrera, D., & Noriega-Marquez, J. (2022). Estimación de la curva de crecimiento en ovinos de pelo colombiano mediante la utilización del modelo Richards. *Revista MVZ Cordoba*, 27(SpecialIssue). <https://doi.org/10.21897/RMVZ.2740>

- Lenis-Valencia, C. P., Molina, E. J., & Álvarez-Franco, L. A. (2022). Productivity and growth curves using non-linear models in a cross between ovino de pelo colombiano x Pelibuey. *Revista U.D.C.A Actualidad and Divulgación Científica*, 25(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n2.2022.1853>
- Malhado, C. H. M., Carneiro, P. L. S., Affonso, P. R. A. M., Souza, A. A. O., & Sarmento, J. L. R. (2009). Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Inês. *Small Ruminant Research*, 84(1–3), 16–21. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.04.006>
- Malhado, C. H. M., Ramos, A. A., Carneiro, P. L. S., Souza, J. C., Wechsler, F. S., Eler, J. P., Azevêdo, D. M. M. R., & Sereno, J. R. B. (2008). MODELOS NO LINEALES PARA DESCRIBIR EL CRECIMIENTO DE BUFALINOS DE LA RAZA MURRAH NONLINEAR MODELS TO DESCRIBE THE GROWTH OF THE BUFFALOES OF MURRAH BREED. In *Arch. Zootec* (Vol. 57, Issue 220).
- Mohammadi, Y., Mokhtari, M. S., Saghi, D. A., & Shahdadi, A. R. (2019). Modeling the growth curve in Kordi sheep: The comparison of non-linear models and estimation of genetic parameters for the growth curve traits. *Small Ruminant Research*, 177, 117–123. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.06.012>
- Montesinos Abelardo. (2011). *Estudio del IAC y BIC en la selección de modelos de vida con datos censurados*.
- Nimase, R. G., Kandalkar, Y. B., & Bangar, Y. C. (2018). Non-linear modeling for estimation of growth curve parameters in Madgyal sheep. *Non-Linear Modeling for Estimation of Growth Curve Parameters in Madgyal Sheep*, 6(2), 463–465. <http://dahd.nic.in/>
- Noguera, R. R. (2008). *Comparison of non-lineal models to describe growth curves in guinea pigs (Cavia Porcellus) from birth to slaughter age*. <https://www.researchgate.net/publication/292824498>
- Noriega-Márquez, J., Hernández-Herrera, D., Bustamante-Yáñez, M., Álvarez-Franco, L., Ariza-Botero, M., Palacios-Erazo, Y., & Vergara-Garay, O. (2022). Curvas de crecimiento en ovino de pelo colombiano en los departamentos de Córdoba y Cesar,

Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad and Divulgación Científica*, 25(2).
<https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n2.2022.1727>

Parés-Casanova, P. M., Caballero, M., & Perezgrovas, R. (2015). Comparison of non-linear models for describing growth curves according to sex in ovine Chiapas breed. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 26(3), 389–394.
<https://doi.org/10.15381/rivep.v26i3.11170>

Parés-Casanova P.M, & Caballero-Sala M. (2014). PATRONES DE CRECIMIENTO LINEALES Y NO LINEALES EN EL BORREGO DE CHIAPAS. In *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal AICA* (Vol. 4).

Pumará, P. Z. D. (2005). CRECIMIENTO Y DESARROLLO. In *Revista Hereford*, Bs. As (Vol. 71, Issue 641). www.produccion-animal.com.ar

Rincón Florez Juan Carlos, & Quintero Patiño Jhonatan Fernando. (2015). *Comparación de modelos no lineales para describir el crecimiento en ganado Blanco Orejinegro (BON)*.

Rojas Solano Jhon Deyvi. (2019). *Características productivas de los ovinos de pelo Colombiano (OPC) respecto a sus cruces con las razas Katahdin y Santa Inés*.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2024). *Detrás de la Ovinocultura: Una Mirada a la Crianza de Ovejas en México*. 1.

Simanca, J. C., Vergara Oscar, & Bustamante Moris. (2016). *Description of Growth in Sheep Santa Ines x Creole in Extensive Grazing in Two Populations from Cordoba, Colombia*.

Torres, verena; I. B. R. M. A. N. y L. S. (2012). *Criterios de bondad de ajuste en la selección de modelos no lineales en la descripción de comportamientos biológicos*.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193027579001>

Trinidad Adalberto. (2014). *Modelos de crecimiento en biología, su significado biológico y selección del modelo por su ajuste*.

Ulloa Ibarra José Trinidad, Armando, J., Carrillo, R., & Arrieta Vera Jaime L. (2016). *Una alternativa para el estudio del modelo Gompertz*.

Ulloa Ibarra Trinidad José, Carrillo Rodríguez, & Armando Jorge. (2010). *El modelo logístico: Una alternativa para el estudio del crecimiento poblacional de organismos*. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030310.html>

Ulloa Trinidad, Ortega Arcega, Rodríguez Gerónimo, & Benítez Aurelio. (2015). *Modelos Matemáticos no Lineales*.

Van der Merwe, D. A., Brand, T. S., & Hoffman, L. C. (2019). Application of growth models to different sheep breed types in South Africa. *Small Ruminant Research*, 178, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.08.002>

Verdoljak Juan Jose. (2017). *OVINOS DE PELO O DESLANADOS*. www.produccion-animal.com.ar

Vergara Oscar, Medina Hernán, Robles César, Simanca Juan, & Bustamante Moris. (2017). *DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE CRECIMIENTO EN OVINOS CRIOLLOS DE PELO, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL MODELO GOMPERTZ, EN EL TRÓPICO BAJO COLOMBIANO*.

Vergara-Garay, O. D., Hincapié-Gutiérrez, L. C., Vallejo-Romero, D. A., Simanca-Sotelo, J. C., & Bustamante-Yáñez, M. de J. (2017). Utilización del modelo Brody para describir el crecimiento de dos grupos raciales de ovinos en Córdoba, Colombia. *Veterinaria y Zootecnia*, 11(1), 01–12. <https://doi.org/10.17151/vetzo.2017.11.1.1>

Vinuesa Pablo. (2016). *Tema 8-Correlación: teoría y práctica*. <http://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/>

Yáñez Enrique; Fernández A. Juan. (2017). *RAZA DE OVEJAS SANTA INÉS*.