



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

**DESARROLLO DE MODELOS DE PREDICCIÓN PARA
DETERMINAR LOS EFECTOS DE VARIABLES DE CRECIMIENTO
SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL
DE OVINOS EN SISTEMA INTENSIVO EN EL VALLE DE TOLUCA,
MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA

RICARDO ANTONIO CALDERÓN RAMÍREZ

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, agosto de 2022.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

**DESARROLLO DE MODELOS DE PREDICCIÓN PARA
DETERMINAR LOS EFECTOS DE VARIABLES DE CRECIMIENTO
SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL
DE OVINOS EN SISTEMA INTENSIVO EN EL VALLE DE TOLUCA,
MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA

RICARDO ANTONIO CALDERÓN RAMÍREZ

COMITÉ DE TUTORES:

**Dr. José Luis Bórquez Gastelum
Director de tesis**

**Dr. Ignacio Arturo Domínguez Vara
Co Director de tesis**

**Dr. Daniel Trujillo Gutiérrez
Asesor de tesis**

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, agosto de 2022

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

CONTENIDO

I.	ÍNDICES.....	ix
	CUADROS.....	ix
	FIGURAS.....	xi
II.	RESUMEN.....	xiii
III.	ABSTRACT.....	xv
IV.	INTRODUCCIÓN.....	17
V.	CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.....	20
	5.1. REVISIÓN DE LITERATURA.....	20
	5.1.1. Situación actual de la producción de ovinos.....	20
	5.1.2. Factores que determinan la calidad de la canal.....	20
	5.1.2.1. Factores extrínsecos.....	21
	5.1.2.1.1. Sistema de producción y alimentación.....	21
	5.1.2.1.2. Transporte y manejo.....	22
	5.1.2.1.3. Aturdimiento.....	23
	5.1.2.1.4. Muerte por desangrado.....	24
	5.1.2.2. Factores intrínsecos.....	25
	5.1.2.2.1. Raza.....	25
	5.1.2.2.2. Sexo.....	26
	5.1.2.2.3. Edad.....	26
	5.1.2.2.4. Genes.....	27
	5.1.2.2.5. Fibras musculares.....	28
	5.1.3. Parámetros de calidad para evaluar la carne ovina.....	29
	5.1.3.1. Fisicoquímicos.....	29
	5.1.3.1.1. pH.....	29

5.1.3.1.2. Textura	29
5.1.3.1.3. Capacidad de retención de agua	29
5.1.3.1.4. Conductividad	30
5.1.3.1.5. Porcentaje de grasa	30
5.1.3.2. Organolépticas.....	30
5.1.3.2.1. Color	30
5.1.3.2.2. Olor.....	31
5.1.3.2.3. Sabor	31
5.1.3.2.4. Terneza	32
5.1.3.2.5. Jugosidad	32
5.1.4. Esquemas de clasificación de canales	32
5.1.5. Utilización de los modelos matemáticos para la estimación de parámetros en la producción de carne de rumiante	41
5.1.5.1. Regresión lineal simple	41
5.1.5.2. Regresión lineal múltiple	42
5.1.5.3. Regresión cuantílica	43
5.1.5.4. Factores que pueden intervenir en el análisis de regresión	44
5.1.5.4.1. Multicolinealidad	44
5.1.5.4.2. Autocorrelación	45
5.1.5.4.3. Heterocedasticidad	46
5.1.5.5. Análisis de componentes principales	48
5.1.5.6. Correlación canónica	49
5.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	52
5.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	53
5.4. HIPÓTESIS.....	53

5.5. JUSTIFICACIÓN.....	53
5.6. OBJETIVOS.....	54
5.6.1. Objetivo general.....	54
5.6.2. Objetivos específicos.....	54
VI. CAPÍTULO 2. COMPARACIÓN DE MODELOS DE REGRESIÓN SOBRE LA PREDICCIÓN DE VARIABLES DE LA CANAL DE OVINOS DEL VALLE DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO.....	55
6.1. Resumen.....	55
6.2. Abstract.....	56
6.3. Introducción.....	57
6.4. Materiales y métodos.....	58
6.5. Análisis estadístico.....	59
6.5.1 Procedimiento de regresión lineal múltiple en SAS.....	60
6.5.2 Análisis de componentes principales.....	61
6.6. Resultados y discusión.....	62
6.6.1. Regresión lineal múltiple.....	68
6.6.2. Análisis de componentes principales.....	79
2.6.3. Análisis de componentes principales de las variables postmortem.....	85
6.7. Conclusiones.....	94
VII. CAPÍTULO 3. REGRESIÓN CUANTÍLICA Y CORRELACIÓN CANONICA NO LINEAL SOBRE LA PREDICCIÓN DE VARIABLES DE LA CANAL DE OVINOS DEL VALLE DE TOLUCA, MÉXICO.....	96
7.1. Resumen.....	96
7.2. Abstract.....	97
7.3. Introducción.....	97
7.4. Materiales y métodos.....	98

7.5. Análisis estadístico	99
7.5.1 Regresión cuantílica	99
7.5.2 Correlación canónica no lineal	100
7.6. Resultados y discusión	101
7.6.1 Regresión cuantílica	101
7.6.2. Correlaciones canónicas no lineales	107
7.7. Conclusiones	113
VIII. LITERATURA CITADA	115
IX. ANEXOS.....	130
Anexo 1. Gráficos de caja donde se aprecia la distribución de las observaciones para las variables independientes.....	130
Anexo 2. Gráficos de caja donde se aprecia la distribución de las observaciones para las variables dependientes	131
Anexo 3. Diferencias en el valor beta y ajuste de las observaciones de las variables antemortem para variables postmortem.....	133
Anexo 4. Regresión cuantílica A) PCC, B) PCF, C) LC, D) AG, E) PT, F) IC G) PG, y H) AP.	151
Anexo 5. Participación en Reuniones nacionales de investigación INIFAP 2021.	153
Anexo 6. Acuse de recepción de artículo.	157

I. ÍNDICES

CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de canales de ovino de acuerdo con el sistema USDA. ...	35
Cuadro 2. Clasificación de la conformación de canales de ovino (USDA).	36
Cuadro 3. Clasificación de canales de ovino, sistema mexicano.	40
Cuadro 4. Tipos de transformación de datos y su efecto sobre la distribución.	47
Cuadro 5. Descripción de las características de la canal de ovinos del valle de Toluca, México.	62
Cuadro 6. Valores de las correlaciones entre las variables dependientes y variables independientes de ovinos bajo sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.	66
Cuadro 7. Ecuaciones desarrolladas a partir de variables antemortem para predecir el rendimiento y características de la canal de ovinos bajo sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.	70
Cuadro 8. Ecuaciones desarrolladas para predecir el rendimiento y características de la canal, con variables estandarizadas, de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.	72
Cuadro 9. Diagnóstico de colinealidad de modelos de regresión para variables dependientes de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.	74
Cuadro 10. Diagnóstico de colinealidad de modelos de regresión con variables estandarizadas de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.	76
Cuadro 11. Análisis de componentes principales, Peso, Eficiencia e incremento de peso, a partir de variables productivas de crecimiento de ovinos en engorda intensiva faenados en establecimientos de matanza del Valle de Toluca, México.	83
Cuadro 12. Análisis de componentes principales para predecir las características de la canal a partir de variables productivas de crecimiento de ovinos en engorda intensiva faenados en establecimientos de matanza del valle de Toluca, México.	88

Cuadro 13. Pruebas de evaluación de la correlación de las variables y de homogeneidad de las varianzas para la implementación de análisis factorial.	90
Cuadro 14. Ecuaciones de predicción de componentes principales para variables post mortem de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.	91
Cuadro 15. Ecuaciones de predicción de componentes principales expresadas en variables originales post mortem para ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.	93
Cuadro 16. Ecuaciones de regresión cuantílica desarrolladas para predecir variables post mortem de características de la canal de ovinos en engorda intensiva faenados en establecimientos de matanza del valle de Toluca, México.	104
Cuadro 17. Correlaciones Canónicas para predecir variables post mortem de características de la canal de ovinos en engorda intensiva faenados en establecimientos de matanza del valle de Toluca, México.	108
Cuadro 18. Ponderaciones de las cargas de las componentes obtenidas a partir de variables antemortem y postmortem de ovinos en engorda intensiva faenados en establecimientos de matanza del valle de Toluca, México.	109

FIGURAS

Figura 1. Puntos de aplicación y dirección del pistolete para conseguir el aturdimiento en ovinos sin cuernos (A) y con cuernos (B).....	24
Figura 2. A. Puntos de aplicación de electrodos para conseguir el aturdimiento en ovinos. B. Punto de aplicación del arma de fuego para dar muerte de emergencia a ovinos.	25
Figura 3. Escala de clasificación SEUROP para la conformación de las canales de ovino.	33
Figura 4. Estado de engrasamiento de canales de ovino (escala SEUROP).....	34
Figura 5. Patrón fotográfico para la evaluación de la conformación en canales de ovino en México.	39
Figura 6. Gráfica de la recta de regresión. El intercepto es el valor esperado de la respuesta cuando el predictor $X = 0$. La pendiente del parámetro β_1 proporciona el cambio en el valor esperado cuando el predictor X aumenta 1 unidad.....	42
Figura 7. Relación entre las características productivas y la composición de la canal de ovinos ingresados a matanza y faena en establecimientos del valle de Toluca, México.....	65
Figura 8. Clústeres jerárquicos sobre componentes principales de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.....	81
Figura 9. Contribución de las variables ante mortem a la varianza explicada por los componentes principales de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.	82
Figura 10. Contribución de las variables post mortem a la varianza explicada por los componentes principales de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.....	87
Figura 11. Saturaciones de los componentes obtenidos a partir de las correlaciones canónicas no lineales.	110
Figura 12. Puntuaciones de los objetos para las variables antemortem y postmortem.	111

Figura 13. Centroides de las variables dependientes e independientes, en la cual se representa gráficamente la relación y contribución a la explicación de la varianza. 112

II. RESUMEN

La competitividad del sector productivo ovino depende de la estandarización de la oferta de carne, en cuanto a calidad se refiere, para ello es importante implementar herramientas que permiten estimar las características y composición de las canales a partir del comportamiento productivo, como son los modelos de predicción. En esta investigación se emplearon los datos de 580 ovinos machos de seis genotipos, Suffolk, Hampshire, Katahdin, Rambouillet, Dorper y Dorset, producidos bajo condiciones similares en sistema intensivo y alimentados con dietas altas en concentrado. Esta base fue analizada y depurada, con el objetivo de que la información fuera homogénea respecto a las variables, lo que resultó en 175 observaciones. Se obtuvieron los estadísticos descriptivos para observar las distribuciones, momentos y sesgo de las variables, se realizaron los análisis de correlación, regresión lineal múltiple, regresión sobre componentes principales, regresión cuantílica y correlaciones canónicas no lineales. Lo que permitió obtener ecuaciones de predicción para las características de la canal, a partir de peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF), ganancia diaria de peso (GDP), ganancia de peso total (GPT), consumo de materia seca (CMS), eficiencia alimenticia (EF), conversión alimenticia (CA) y peso al sacrificio (PS). La regresión lineal múltiple logró predecir peso de la canal caliente (PCC) ($R^2=0.55$), peso de la canal fría (PCF) ($R^2=0.76$), perímetro de grupa (PG) ($R^2=0.46$), ancho de grupa (AG) ($R^2=0.45$), profundidad de tórax (PT) ($R^2=0.66$) e índice de compacidad (IC) ($R^2=0.56$); a través de la regresión sobre componentes principales se obtuvieron las ecuaciones para PCC ($R^2=0.58$), PCF ($R^2=0.77$), PG ($R^2=0.53$), PT ($R^2=0.67$) e IC ($R^2=0.60$); la regresión cuantílica permitió estimar 8 modelos con pseudo $R^2 \geq 0.21$, de 3 variables relacionadas con el peso (PCC, PCF e IC) y 5 con morfometría (LC, PG, AG, AP y PT); por último la correlación canónica permitió agrupar en dos dimensiones a las variables y observar gráficamente que a mayor ganancia de peso total durante la crianza y engorda de los ovinos, mayor PT tendrá la canal; así mismo, PVF, PCC, PCF y PS están altamente correlacionadas; por último, los animales con adecuado PVI pueden presentar una elevada GDP lo cual se traducirá en la posible presentación de canales con buen ACH. Se

concluye que: a) los distintos métodos de estimación permitieron ajustar ecuaciones para variables de rendimiento de la canal en términos de pesos posteriores a la matanza, y calidad de la canal, ambos relacionados con la CONFS y Geng; b) el método de regresión lineal múltiple mostró que las variables ante mortem y postmortem presentan distinto grado de autocorrelación, dependencia y multicolinealidad; c) el método de regresión de componentes principales combinado con el método mínimos cuadrados parciales aumentaron el coeficiente de determinación de las variables de PCC, PCF, PG, PT e IC, d) el método de regresión cuantílica evidencio distinto grado de ajuste entre cuartiles para todas las variables, siendo significativo e importante en PCC, PCF, PT e IC; y d) se observó fuerte correlación canónica entre variables antemortem y postmortem, donde PVF y PS son las variables antemortem de mayor importancia, mientras que dentro del grupo de variables postmortem fueron PCC y PT para la primera dimensión de la correlación canónica. Finalmente, para la segunda dimensión de la correlación canónica, las variables de mayor importancia fueron PVI, GDP para las variables antemortem, mientras que ACH y PT para variables postmortem.

Palabras clave: Ovinos, Engorda Intensiva, Crecimiento, Características de Canales, Modelos de Predicción.

III. ABSTRACT

The competitiveness of the lamb meat sector depends on the standardization of the supply quality, therefore the importance of implementing tools such as prediction models that allow estimating the carcass characteristics and composition based on productive variables. The research population was 580 of Suffolk, Hampshire, Katahdin, Rambouillet, Dorper and Dorset sheep, under similar conditions in an intensive system and fed with diets high in concentrate. The data was analyzed and refined, with the objective of having homogeneous information, which resulted in 175 observations. Descriptive statistics were obtained to observe the distributions, moments and bias of the variables, correlation analysis, multiple linear regression, regression on principal components, quantile regression and non-linear canonical correlations were performed. This resulted in obtaining prediction equations for carcass characteristics, based on initial live weight (Pvini), final live weight (Pfin), daily weight gain (GDP), total weight gain (GPT), dry matter intake (CMS), feed efficiency (EF), feed conversion ratio (CA) and slaughter weight (PS). Multiple linear regression was able to predict hot carcass weight (PCC) ($R^2=0.55$), cold carcass weight (PCF) ($R^2=0.76$), rump circumference (PG) ($R^2=0.46$), rump width (AG) ($R^2=0.45$), thorax depth (PT) ($R^2=0.66$) and compactness index (IC) ($R^2=0.56$); through regression on principal components, the equations for PCC ($R^2=0.58$), PCF ($R^2=0.77$), PG ($R^2=0.53$), PT ($R^2=0.67$) and IC ($R^2=0.60$) were obtained; quantile regression allowed estimation of 8 models with pseudo $R^2 \geq 0.21$, of 3 weight variables (PCC, PCF and IC) and 5 morphometric (LC, PG, AG, AP and PT); finally, the canonical correlation allowed grouping the variables in two dimensions and graphically observing that the greater the total weight gain during the rearing and fattening of sheep, the greater the PT of the carcass. Also PVF, PCC, PCF and PS are highly correlated. Finally, animals with adequate PVI can present a high GDP, which will translate into possible good ACH in carcasses. It is concluded that: (a) the different estimation methods allowed adjusting equations for carcass yield variables in terms of post-mortem weights, and carcass quality, both related to CONF5 and Geng; (b) the multiple linear regression showed that ante-mortem and post-mortem variables present different

degree of autocorrelation, dependence and multicollinearity; c) the principal component regression analysis combined with partial least squares increased the coefficient of determination of the PCC, PCF, PG, PT and IC; d) the quantile regression showed different degrees of adjustment between quartiles for all variables, being significant and important in PCC, PCF, PT and IC; and d) a strong canonical correlation was observed between antemortem and postmortem variables, where PVF and PS are the most important antemortem variables, while for the group of postmortem variables were PCC and PT for the first dimension of the canonical correlation. Finally, for the second dimension of the canonical correlation, the most relevant variables were PVI, GDP for antemortem, while ACH and PT for postmortem.

Key words: Sheep, Intensive Fattening, Growth, Carcass Characteristics, Prediction Models.

IV. INTRODUCCIÓN

La producción de carne de ovino es una de las actividades pecuarias más redituables en las diversas zonas del territorio nacional, debido a la amplia tradición en su consumo, precio de venta competitivo e integración de diversos nichos de mercado (Díaz *et al.*, 2018). La ovinocultura, como actividad pecuaria se realiza en sistemas de producción intensivo, mixto y extensivo (Pérez *et al.*, 2011). El primero es el de mayor rentabilidad, al adquirir la capacidad de generar ganancias y sostenerse en el mercado a través de una mayor eficiencia reproductiva, menor mortalidad, mayor peso al destete, mejor conversión y máxima eficiencia alimenticia. Algunas variables que intervienen son: técnicas modernas de producción, comercialización y transformación, así como organización de productores y condiciones dictadas por las políticas gubernamentales. Los indicadores de rentabilidad y competitividad, comparados con el sistema de pastoreo, demuestran que la ganancia neta es casi 50% mayor, la rentabilidad es trescientas veces superior y la relación beneficio costo es duplicada (Díaz *et al.*, 2018).

En México la ovinocultura cuenta con un inventario de 8.72 millones de cabezas y más de 50 mil unidades de producción pecuaria, en las que se producen más de 65,845 t de carne (SIAP, 2021); lo que representa 1% del total de la producción de carne de todas las especies, a nivel nacional. Sin embargo, a pesar de mostrar un crecimiento continuo a través de los años, no es suficiente para abastecer la necesidad de consumo de 0.54 kg de carne ovina por habitante por año (OECD, 2019). Las canales empleadas para la elaboración de barbacoa, de acuerdo con diversos estudios de mercado, son magras de acuerdo a la preferencia de los consumidores mexicanos, estableciendo un peso promedio de la canal de 20.3 kg, con una amplia variabilidad en el rendimiento (Arteaga, 2003). Para la elaboración del platillo típico barbacoa, los transformadores buscan, preferentemente, animales criollos, de rango de peso de 38 a 45 kg (Rojas, 2020), alimentados sólo con forraje y de cualquier edad; pero la oferta de animales con estas características no es suficiente para cubrir la demanda, por lo tanto, 43% de la

carne proviene de canales congeladas importadas de países como Nueva Zelanda, Estados Unidos y Australia (SIAP, 2020). Por lo antes mencionado, la industria cárnica ovina requiere diversificar el mercado, adaptando tecnologías que permitan la soberanía alimentaria, el crecimiento y rentabilidad del sector productivo, no sólo como animales disponibles para barbacoa, sino mediante el impulso a otros nichos de mercado como la elaboración de cortes finos, a través de profesionistas que conozcan, empleen y difundan:

- Esquemas de clasificación de canales que permitan dar valor agregado.
- Ventajas del sacrificio en rastros TIF (inocuidad de productos, aprovechamiento de subproductos, acceso a otros mercados).
- Alternativas alimenticias que permitan la obtención de animales con mejor conformación (Espejel *et al.*, 2015).

Las características de calidad de la canal son muy importantes para conseguir los objetivos mencionados, por lo cual los parámetros de grasa subcutánea, área del ojo de la chuleta y grado de rendimiento de la canal, son los mejores predictores de evaluación de la canal (Costa, 1998). Es decir, estas variables ayudarán a encontrar canales anchas y gruesas en relación a su longitud, que presentan, a nivel de la cintura pelviana y torácica, una hipertrofia muscular marcada, con masas musculares densas y redondeadas, y perfiles inferiores de la pierna en forma de “V”, sus masas musculares de la nalga alcanzan tal desarrollo que las piernas parecen relativamente atrofiadas, con grupa ancha, corta y espesa en todas sus dimensiones, la región renal es ancha y cuadrada, el dorso da el aspecto de una tabla ancha y espesa, la espalda es muy voluminosa con escápulas bien separadas y sumergidas en las masas musculares, el cuello es corto, ancho y espeso (Partida *et al.*, 2017).

A nivel nacional, ya se cuenta con estudios en los que se ha recopilado información de variables productivas de razas ovinas puras (Blackbelly, Leicester, Cheviot, Charollais, Columbia, Dorper, Dorset, Hampshire, Katahdin, Merino, Pelibuey, Rambouillet, Romney Mars, PolypaLIMINARy, Romanov, Southdown, Suffolk y Texel, y sus cruas), con promedios de peso a la matanza de 44.16 ± 5.21

kg, peso promedio de la canal 22.35 ± 3.33 kg, y rendimiento de la canal $50.55 \pm 2.09\%$; no obstante, hay una amplia diversidad de tamaños y tasas de crecimiento de las razas en mención, lo que irremediablemente afecta la morfometría y engrasamiento de las canales (Partida *et al.*, 2013).

La morfometría de las canales contempla diversas variables de importancia en la industria cárnica. En razas especializadas como Charollais, Dorset y Texel, son la longitud de la canal, 63.3 ± 0.5 cm, longitud de la pierna 33.8 ± 0.5 cm, perímetro de la grupa 67.93 ± 0.5 cm, ancho de grupa, ancho del tórax, perímetro del tórax, profundidad interna del tórax, índice de compacidad de la canal, 0.4 ± 0.02 , grasa subcutánea 5.26 ± 0.55 mm, y la más importante el ojo de la chuleta 18.76 ± 0.5 cm², correlacionado con la proporción total de músculo (carne) (López *et al.*, 2016). Por lo tanto, la gran variabilidad de razas ovinas, sistemas de producción y métodos de estimación del rendimiento, provoca resultados dispares en el rendimiento productivo y las características de la canal; lo anterior, impacta negativamente en la competitividad de la ovinocultura del Estado de México, específicamente en los eslabones de la cadena de producción productor-acopiador (Trejo *et al.*, 2011). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación consistió en predecir, mediante el diseño y análisis de modelos, regresión lineal, correlaciones canónicas y componentes principales, el rendimiento productivo y las características de la canal, a partir de indicadores e índices productivos ante mortem de corderos alimentados en corral, lo que representa una herramienta para la estimación y estandarización de la producción pecuaria.

V. CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

5.1. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1.1. Situación actual de la producción de ovinos

A nivel mundial, el inventario de cabezas ovinas consta aproximadamente de 1.1 billones de cabezas, lo que representa una producción anual de carne de 9,885,475 t. Bajo ese contexto, en el 2020 México ocupó el lugar 34 a nivel mundial, por abajo de países como Nueva Zelanda, Australia y China, con una producción de 458,462 t, 689,718 t y 2,746,787 t de carne, respectivamente (FAOSTAT, 2020). Referente a importaciones, México adquirió entre 43.5 y 50% de la carne requerida para consumo nacional, es decir, aproximadamente 50,000 t se compraron a Nueva Zelanda, Australia y Estados Unidos (SIAP, 2020). La publicación de FAOSTAT (2020) indicó que México importó canales ovinas en el siguiente orden: Nueva Zelanda, Australia y Estados Unidos, y por último de Chile. Respecto al Estado de México, en 2021 el volumen acumulado de producción de carne de ovino en canal fue de 9,184 t, lo cual correspondió a 13.9% de la producción nacional (SIAP, 2021), esta cifra colocó a la entidad mexiquense como el primer productor nacional. Es importante mencionar que aproximadamente 95% de la carne fue comercializada para elaboración de barbacoa (López, 2018), mientras que el resto fue destinado para elaborar otros productos con valor agregado como mixiotes, cordero al pastor o griego, cordero lechal, birria de borrego, borrego al ataúd y cortes finos (chamorro, osobuco, rack francés, rack corte americano, costillar y lomo). Los municipios del Estado de México con mayor producción de carne de ovino fueron Juchitepec 456.217 t, San José del Rincón 380.405 t y Acambay de Ruiz Castañeda con 382.258 t. Respecto al peso de la canal, Amanalco de Becerra tuvo el primer lugar con un peso promedio de 24.38 kg, seguido por Ixtapan del oro 24.19 kg y Donato Guerra 24.09 kg (SIAP, 2021).

5.1.2. Factores que determinan la calidad de la canal

El término “calidad”, se refiere a la constitución o propiedades que un producto posee y que determinan la preferencia del consumidor (Hernández *et al.*, 2013). Por lo tanto, la calidad de la carne es un parámetro multifactorial que depende de

la perspectiva y los objetivos del eslabón de la cadena de producción (de Lima *et al.*, 2016). Carne de calidad se refiere a que posee ciertas características físicas, químicas (pH, textura, capacidad de retención de agua, conductividad, porcentaje de grasa, contenido de ácidos grasos) y organolépticas (color, olor, sabor, terneza, jugosidad), que son buscadas por los consumidores, y determinadas por diversos factores que intervienen directa o indirectamente en el proceso de producción y transformación, estos pueden ser divididos en dos clases: extrínsecos e intrínsecos (Partida *et al.*, 2017).

5.1.2.1. Factores extrínsecos

Los factores extrínsecos son aquellos relacionados con el entorno, comúnmente asociados con el bienestar animal. Se consideran desde las características del sistema de producción, tipo de alimentación que reciben los animales durante el periodo de finalización, transporte al matadero, manejo y duración del tiempo de espera previo a la matanza y faenado. Estos factores tienen efecto directo sobre el peso vivo y rendimiento en canal, fundamentalmente por actividad física y estrés, además de eliminar orina y excremento (Partida *et al.*, 2017).

5.1.2.1.1. Sistema de producción y alimentación

El sistema de producción y alimentación incide sobre la ganancia diaria de peso, edad al sacrificio, peso y rendimiento de la canal. La cantidad de concentrado y forraje en la dieta influyen en la conformación y composición de la canal, porcentaje y color de la grasa, color, terneza y jugosidad de la carne. La carne de un animal alimentado en un sistema intensivo, con alto nivel de concentrado, tiende a presentar mejor conformación de la canal y calidad de carne más consistente. En cambio, la carne de animales en pastoreo es más oscura, posee menor terneza, tiene un sabor característico debido al contenido de ácidos grasos ramificados, además la grasa de la canal contiene mayor cantidad de pigmentos amarillos, lo cual no siempre es bien recibido por el consumidor, sin embargo, posee una mayor vida de anaquel debido al elevado nivel de antioxidantes (Webb *et al.*, 2013).

5.1.2.1.2. Transporte y manejo

El estrés previo a la matanza, principalmente en el embarque y transporte, puede afectar el metabolismo muscular y en consecuencia la calidad de la carne. Para el caso de ovinos, puede presentarse la anomalía conocida como corte oscuro (DFD, por sus siglas en inglés dark, firm and dry), asociada a valores altos de pH y disminución en el glucógeno muscular, ocasionado por catecolaminas y actividad enzimática de proteasas calcio-dependientes, catepsinas y glucuronidasas (Hernández *et al.*, 2013); esta carne se caracteriza por su color oscuro, con poca liberación de agua y consistencia firme, difícil de conservar en anaquel (Horcada *et al.*, 2010). Cuando los corderos son expuestos a algún agente estresante, el pH del músculo desciende poco durante la primera hora después del desangrado; en este proceso, se lleva a cabo un descenso del glucógeno almacenado y se presenta una mayor actividad del adenosín monofosfato cíclico en el sarcolema que rodea a la fibra muscular, lo que no permite que los valores de pH desciendan más allá de 6.5 a 6.8, y 24 h después permanezcan de 6.3 a 6.5, confiriendo características no deseables a la carne (Young *et al.*, 2005; Hui *et al.*, 2006). Con el objetivo de minimizar el estrés en los animales, el gobierno mexicano, a través de la Norma Oficial Mexicana 051-ZOO-1995 “Trato humanitario en movilización de animales”, estableció requisitos para su transporte, de los cuales, específicamente para ovinos, deben ser contemplados los siguientes:

- i. Grupos no homogéneos deben dividirse en lotes.
- ii. El manejo, comprendido por acopio, arreo, enjaulado, embarque, traslado y desembarque, deben realizarse con calma y precaución, sin brusquedad, no sujetarlos de la lana o pelo, evitando golpes y exceso de gritos.
- iii. Utilizar los transportes diseñados para la movilización, con mínimo 1.1 m de altura.
- iv. Respetar el periodo de transporte, máximo 18 horas sin descanso y bebida de agua.

- v. El tiempo de descanso deberá tener una duración de por lo menos 2 h, proporcionando agua y alimento, con el vehículo estacionado, y con la sombra adecuada.
- vi. Corderos y cabritos deben recibir agua y alimento cada 8 h.

Además, a través de la NOM-033-SAG/ZOO-2014 sobre métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres, se establecieron las siguientes disposiciones para ovinos:

5.1.2.1.3. Aturdimiento

- i. El aturdimiento mecánico deberá ser a través de un pistolete de perno cautivo, fijando el sitio de disparo dependiendo de la ausencia o no de cuernos. Para el primer caso, corresponde en medio de dos líneas imaginarias que van de la parte superior de la oreja a la parte inferior de la oreja opuesta. Para animales con cuernos, deberá colocarse el pistolete en la parte media sobre el hueso occipital con dirección a la laringe (Figura 1).
- ii. No se puede realizar la matanza si presentan signos que indiquen que hubo una falla durante el aturdimiento.
- iii. En caso de comprobarse que el disparo no haya sido efectivo, deberá darse un segundo disparo inmediatamente antes de la matanza.
- iv. Podrá realizarse un electro aturdimiento a través de electrodos de acero inoxidable, con dientes atraumáticos, uno debajo de cada oreja, la zona debe estar previamente humedecida, y deberá durar de 4 a 10 segundos con un amperaje de 1.0 a 1.25 A, dependiendo del peso y condición física del animal (Figura 2).

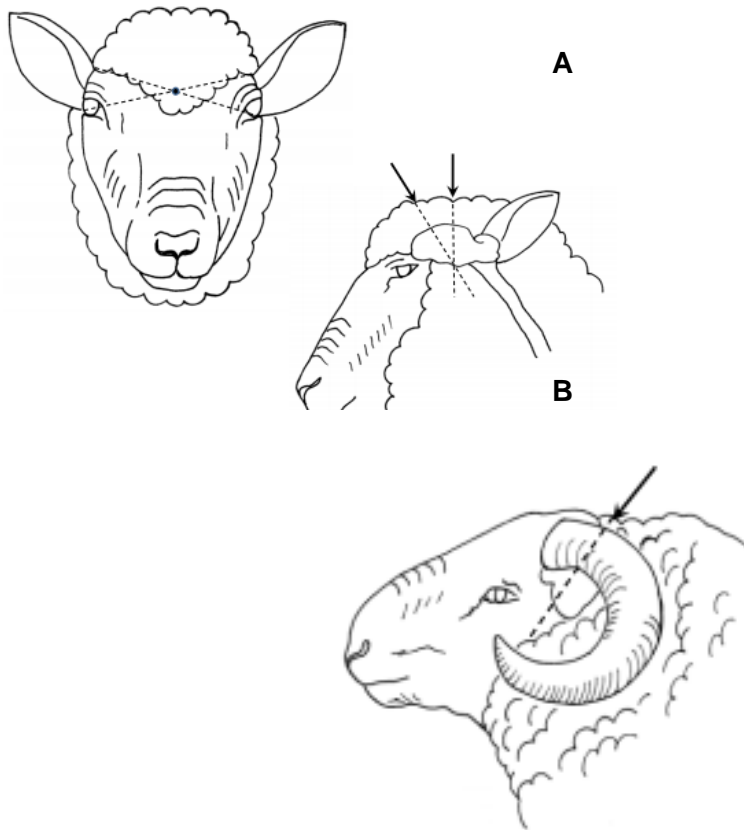


Figura 1. Puntos de aplicación y dirección del pistolete para conseguir el aturdimiento en ovinos sin cuernos (A) y con cuernos (B) (NOM-033-SAG/ZOO-2014).

5.1.2.1.4. Muerte por desangrado

Posterior al aturdimiento, la matanza se realiza con un corte de yugulares y carótidas, en un lapso no mayor a 20 segundos posteriores al electroaturdimiento, y 30 segundos posteriores al aturdimiento con pistola.

El sacrificio de emergencia se realizará en casos de animales enfermos o caídos, y se llevará a cabo mediante arma de fuego (Figura 2).

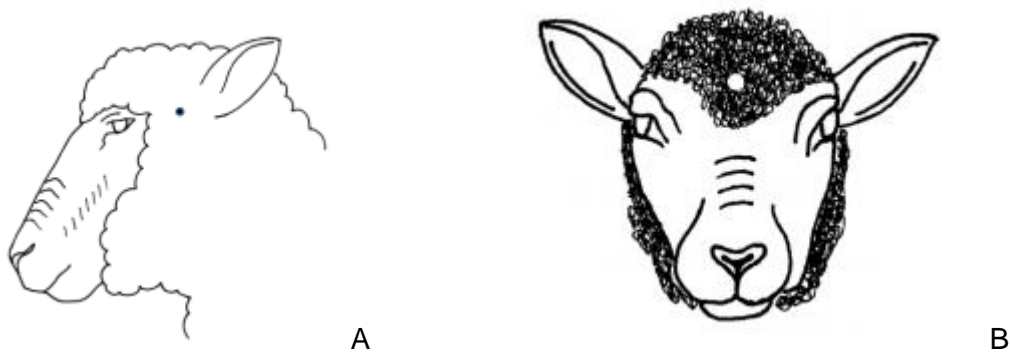


Figura 2. A. Puntos de aplicación de electrodos para conseguir el aturdimiento en ovinos. B. Punto de aplicación del arma de fuego para dar muerte de emergencia a ovinos (NOM-033-SAG/ZOO-2014).

5.1.2.2. Factores intrínsecos

Los factores intrínsecos son aquellos que están relacionados con los animales, es decir, la raza, sexo, edad, características genéticas y tipo de fibras musculares.

5.1.2.2.1. Raza

Se convierte en un factor intrínseco importante cuando se comparan las características y composición de las canales de diferentes razas. La adopción de herramientas de mejoramiento genético se traduce en aumento de fibras musculares y cambios en la composición química de la carne, lo que genera un incremento en la ternura y añade fracciones de nitrógeno adicional a la proteína verdadera (Bünger *et al.*, 2009). Además, la raza influye sobre el depósito de grasa intramuscular (relacionado con la actividad de enzimas lipogénicas como la λ -desaturasa, la cual puede influir sobre la cantidad y composición de los ácidos grasos depositados) (Vacca *et al.*, 2008), la jugosidad (relacionada directamente con el grado de marmoleo), el valor de pH postmortem (indirectamente influye sobre el color y capacidad de retención de agua) (Hernández *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2011), la ternura (determinada por el grado de musculatura, la edad y acción del complejo enzimático calpaína-calpastatina) (Thompson *et al.*, 2006).

5.1.2.2.2. Sexo

El sexo del animal principalmente tiene efecto sobre la cantidad de grasa de la carne. La carne de corderas hembras contiene más lípidos, pH más bajo y es menos tierna que la de corderos machos enteros (Santos *et al.*, 2007). Respecto al descenso de pH postmortem, se ha observado que desciende más rápido en hembras por el menor contenido de glucógeno (McGeehin *et al.*, 2001), pero a mayor contenido de glucógeno, mayor concentración de ácido láctico y menor valor de pH, por lo tanto, si hay menor nivel de glucógeno, el pH debería descender más lento. De igual manera, la terneza de la carne varía si son animales enteros o castrados. La fuerza de corte y el valor del índice de la fragmentación miofibrilar en el músculo *Longissimus dorsi*, aumenta o disminuye, respectivamente, si son corderos castrados o enteros (Lage *et al.*, 2009).

Las diferencias en la pérdida por cocción y la fuerza de corte están influenciadas por la cantidad de grasa intramuscular (Okeudo y Moss, 2008). Así mismo, la cantidad de tejido adiposo en los músculos influye sobre la cantidad de agua perdida (Koochmaraie y Geesink, 2006). La cantidad de colágeno en la carne es mayor en machos enteros comparado con machos castrados (Gökdal *et al.*, 2010). Las concentraciones de ácidos grasos también varían de acuerdo con el sexo, encontrando más ácidos grasos poliinsaturados en machos enteros, y más ácidos grasos saturados en la carne de hembras (Tejeda *et al.*, 2008).

5.1.2.2.3. Edad

La curva de crecimiento en el ovino es sigmoidea, con un periodo de depósito acelerado de tejido magro en la pubertad y una estabilización de la proteogénesis e incremento en el depósito de grasa en la madurez. La proteogénesis está mediada por hormonas de crecimiento, que incrementan la hipertrofia de las fibras musculares. En cambio, la concentración sanguínea de hormonas sexuales está relacionada con el incremento en el depósito de grasa (Gerrard y Grant, 2006). Las características de la canal asociadas a la edad, necesariamente abarcan el grado de engrasamiento y el aspecto fisicoquímico de la carne (Barkawi *et al.*, 2009), a mayor edad, aumenta la cantidad de pigmentos, mioglobina (Juárez *et al.*,

2009), fuerza de corte (Silva Sobrinho *et al.*, 2005), textura fibrosa (Tejeda *et al.*, 2008), jugosidad (Juárez *et al.*, 2009), capacidad de retención de agua y pérdida por cocción (Russo *et al.*, 2003), ácidos grasos saturados en tejido adiposo y ácido linoleico conjugado (Wood *et al.*, 2008).

5.1.2.2.4. Genes

Los genes conocidos que afectan las características de la canal son el Callipyge, Carwell, rib eye muscling (REM) y doble musculatura (Cockett *et al.*, 2005). El gen Callipyge produce 32.30% más musculatura en corderos, sin embargo, no se expresa al momento del nacimiento, por lo que no predispone a distocias. La carne de estos corderos es sumamente dura, con poco marmoleo (Goodson *et al.*, 2001). De acuerdo con Koohmaraie y Geesink (2006) y Kemp *et al.* (2010), la dureza es atribuida a los altos niveles de calpastatina, que inhiben el sistema de calpaína (enzimas responsables de la proteólisis postmortem). La carne presenta un descenso significativo en la fragmentación miofibrilar, indicativo de un descenso en la degradación proteínica (Hopkins *et al.*, 2011).

La fuerza de corte en animales con expresión del gen Callipyge es de 5.4 KgF, mientras que en animales normales es de 2.9 KgF (Abdulkhaliq *et al.*, 2007), atribuido a los altos niveles de calpastatina (Koohmaraie y Geesink, 2006; Kemp *et al.*, 2010). De acuerdo con Warner *et al.* (2010), además de la hipertrofia muscular, hay otros cambios en el músculo de ovinos Callipyge, los cuales consisten en el aumento de fibras musculares glucolíticas, lo que reduce el metabolismo oxidativo y esto predispone a un repentino descenso de pH, traduciéndose en mayor pérdida en la cocción.

Respecto al fenotipo Carwell, mutación documentada en ovinos de la raza Dorset en Australia, se detectó un aumento de 8 a 10% del ojo de la chuleta en canales de pesos similares. Además, se registran cambios en la musculatura por un aumento en el depósito de proteína y un aumento de 35% en la dureza (Warner *et al.*, 2010). En cuanto a otras características, Hopkins *et al.* (2007) mencionaron que no hay incremento en la fuerza de corte de los músculos *Longissimus* o *Semimembranosus*, cambio en pH, modificación de color o cualquier otro efecto.

La miostatina controla la proliferación de fibras musculares durante la transcripción de grupos de genes responsables de la diferenciación de mioblastos y fibroblastos y su subsecuente agregación al miotubo (McFarlane *et al.*, 2005). Una mutación en el gen miostatina (GDF8) origina una inhibición de la transcripción, lo que resulta en aumento de la musculatura en borregos de distintas razas como la Texel (Clop *et al.*, 2006); además, Kijas *et al.* (2007) y Masri *et al.* (2011) reportaron haber hallado influencia sobre músculo y grasa de ovinos. La mutación g+ 6723GNA incrementa el porcentaje de fibras glucolíticas, pero no afecta la fuerza de corte, produce una reducción en la grasa intramuscular y jugosidad, lo que se traduce en una menor calidad sensorial en general (Kijas *et al.*, 2007; Hopkins *et al.*, 2011); Masri *et al.* (2011) también observaron una reducción de la grasa intramuscular en músculo *Longissimus*. Referente al genotipo de doble musculatura, Raes *et al.* (2003) mencionaron que en bovinos Belgian, la carne posee mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, atribuido a una menor concentración de lípidos en músculo y una mayor proporción de fosfolípidos comparado con el total de lípidos.

5.1.2.2.5. Fibras musculares

Las fibras dependen del tipo de cadena de miosina (ligera o pesada), responsable de la contracción miofibrilar, lo que tiene efecto sobre la composición enzimática de la fibra, su capacidad de amortiguamiento y biología (Gerrard y Grant, 2006; Bünger *et al.*, 2009). Para el caso de ovinos hay tres tipos de fibras que afectan el color de la carne, rojas, intermedias y blancas, con proporciones de 15, 31 y 54%, respectivamente (Gerrard y Grant, 2006). La variación de las fibras puede causar alteraciones en las características fisicoquímicas del músculo (Tschirhart-Hoelscher *et al.*, 2006). Hay correlación negativa entre la cantidad de fibras blancas y pH final del músculo; un pH elevado corresponde a una baja contracción muscular, mientras que un valor bajo de pH está relacionado a una mayor contracción muscular (Thompson *et al.*, 2006; Tschirhart-Hoelscher *et al.*, 2006; Ryu *et al.*, 2006). Asimismo, la pérdida de agua en músculo varía de acuerdo con la velocidad de contracción; los músculos con más fibras blancas poseen mayor

cantidad de agua en comparación con las proteínas, esta proporción afecta la habilidad de retención de agua, los músculos con velocidad de contracción rápida tienen menor capacidad para retener agua y mayor cantidad de pérdida durante la cocción (Lee *et al.*, 2010).

5.1.3. Parámetros de calidad para evaluar la carne ovina

5.1.3.1. Fisicoquímicos

5.1.3.1.1. pH

El valor de pH del músculo, medido a 24 horas después de la matanza, y la velocidad de caída de este durante su transformación a carne, afectan las características organolépticas y tecnológicas de la carne (Zimerman, 2007). Este valor está determinado por el tipo de fibras musculares, es decir, a mayor cantidad de fibras blancas el pH desciende a 5.5, mientras que si predominan fibras rojas el pH no bajará de 6.3 (Ordoñez, 1998). La actividad física previa a la matanza también tiene efecto sobre el pH, animales que realizaron mayor trabajo o fueron sometidos a estrés, presentarán un pH más elevado (Zimerman, 2007), debido al agotamiento de las reservas de glucógeno, el cual, al no estar presente durante el sacrificio en cantidades suficientes para transformarse en ácido láctico, ocasiona una acidificación insuficiente, es decir, un pH mayor a 6 (Hellen *et al.*, 2011).

5.1.3.1.2. Textura

La textura es el conjunto de sensaciones percibidas durante la masticación y deglución del alimento, resultado de la densidad, dureza, plasticidad, elasticidad, consistencia y tamaño de partículas (Tejeda *et al.*, 2006).

5.1.3.1.3. Capacidad de retención de agua

Este parámetro mide la habilidad del músculo para retener agua libre por capilaridad y fuerza de tensión. Se relaciona directamente con la jugosidad, es decir, cuanta más capacidad de retención de agua (CRA) tiene la carne, más

jugosa es (Offer y Tricrick, 1983). De acuerdo con Lawrie y Ledward (2006) la evaluación de la CRA debe realizarse a partir de los parámetros de apariencia, jugosidad, terneza y sabor. Durante el enfriamiento de la carne, puede perderse hasta 5% de su CRA por evaporación. De igual manera, Ouali *et al.* (2013) mencionaron que durante la fase post-rigor de maduración, en la que se produce una destrucción de la arquitectura muscular, se produce una acidificación progresiva de la carne que determina un descenso en la carga eléctrica de las proteínas e induce a un aumento en su hidrofobicidad, lo que produce una reducción en su CRA.

5.1.3.1.4. Conductividad

La conductividad es el parámetro de medición basado en la modificación del intercambio del líquido intracelular muscular debido a las lesiones en el sistema de membranas durante la glucólisis post mortem. Feldhusen *et al.* (1987) indicaron un valor óptimo de 4.8 mS/cm y 9.8 mS/cm como un parámetro que predice anomalías.

5.1.3.1.5. Porcentaje de grasa

La cantidad de grasa es uno de los parámetros que emplean todos los sistemas de clasificación de canales. La grasa actúa como protector evitando pérdidas y favorece la terneza de la carne. Es necesaria una mínima capa de grasa para determinar que una canal es de calidad (Sañudo, 2006). Los tipos de engrasamiento deseados serán tratados en el apartado de esquemas de clasificación de canales.

5.1.3.2. Organolépticas

5.1.3.2.1. Color

El color es un factor de alta importancia para el consumidor. Varía de acuerdo con el contenido y estado de la mioglobina, otorgándole el color rojo brillante característico al entrar en contacto con el oxígeno y convertirse en oximioglobina.

En ausencia de oxígeno, se convierte en deoximioglobina, lo que se traduce en un color rojo oscuro o púrpura en la carne. Si la carne pasa mucho tiempo en contacto con el oxígeno se forma metamioglobina, lo que da un aspecto marrón (Geay *et al.*, 2001). El pH determina el grado de asociación de la mioglobina con el oxígeno, a menor pH mayor grado de asociación entre estos. Como se mencionó previamente, la edad del animal y la grasa intramuscular, tienen influencia sobre el color; los animales viejos presentan mayor cantidad de mioglobina, lo que da un color más oscuro a la carne (Bidner *et al.*, 1986). El tipo de sistema de producción, para el caso de pastoreo, provoca que se depositen carotenoides en la grasa, lo que ocasiona un color amarillo de este tejido (Schaake *et al.*, 1993).

5.1.3.2.2. Olor

El olor de la carne está determinado por los ácidos grasos volátiles 2-metil pirazina, 3-etil-1,4-hexadieno, 4-ácido metil octanoico, 4-ácido metil nonanoico, 5-hidroxicanoico lactona, 5-hidroxicanoico lactona y ácido tetradecanoico (Young *et al.*, 1997). Durante la cocción de la carne, la reacción de compuestos solubles en agua del tejido adiposo y la presencia de carbonilos solubles en grasa da el aroma “flavor” característico de la carne de ovino (Hofstrand y Jacobsen 1960; Hornstein y Crowe 1963; Jacobsen y Koehler, 1963; citados por Channon *et al.*, 2003).

5.1.3.2.3. Sabor

De acuerdo con Heymann *et al.* (1993) el sabor es la interpretación psicológica de una respuesta fisiológica a un estímulo físico. En la percepción del sabor intervienen los sentidos del olfato, gusto y la quemestesis (capacidad sensorial de la piel de la nariz y mucosas nasales a diversos elementos) (Laing y Jinks, 1996). El sexo es uno de los factores determinantes, ya que el ácido esteárico, mayormente presente en los machos castrados, puede provocar un sabor pegajoso en la grasa (Wood, 1984). La dieta es otro factor, ya que determina la composición de ácidos grasos presentes en la carne, la variabilidad en la

proporción de ácidos grasos saturados y poliinsaturados afectará la composición y suavidad de la grasa (Field *et al.*, 1983; Wood, 1984).

5.1.3.2.4. Terneza

La terneza determina la aceptación por parte del consumidor. Se refiere a la facilidad de corte durante la masticación. Es un parámetro multifactorial inherente al animal y a su manejo pre y post matanza y faena. Las fibras musculares, tipo y cantidad de tejido conectivo, así como la cantidad de grasa, son los factores inherentes al animal. El pH también influye sobre la terneza de manera inversamente proporcional, es decir, a menor pH mayor es la terneza, en cambio si el pH está arriba de 6.3 la terneza disminuye y facilita la putrefacción (Depretis y Santini, 2005). Un aumento en la cantidad y una disminución en la solubilidad del colágeno se relacionan con la madurez biológica de los animales, disminuyendo la terneza. La grasa intramuscular tiene un rol importante en la fuerza de corte, Geay *et al.* (2001) afirmaron que más de 6% de grasa favorece la terneza.

5.1.3.2.5. Jugosidad

La jugosidad es un parámetro relacionado con la sequedad de la carne durante la masticación. Hay dos componentes que la determinan, la impresión de la humedad durante el consumo por la liberación del jugo de la carne y el efecto que se mantiene durante un tiempo debido al efecto estimulante de la grasa sobre la salivación (Lawrie, 2006).

5.1.4. Esquemas de clasificación de canales

Existen diversos esquemas de clasificación de canales en el mundo. Para la Unión Europea y Reino Unido se implementa el sistema conocido como EUROP, establecido en el Reglamento (UE) No. 1308/2013 del Parlamento Europeo (2013), la cual clasifica con las siglas SEUROP de acuerdo con la conformación y en escala numérica (1 – 5) la cantidad de grasa, representado por las Figuras 4 y 5, respectivamente.

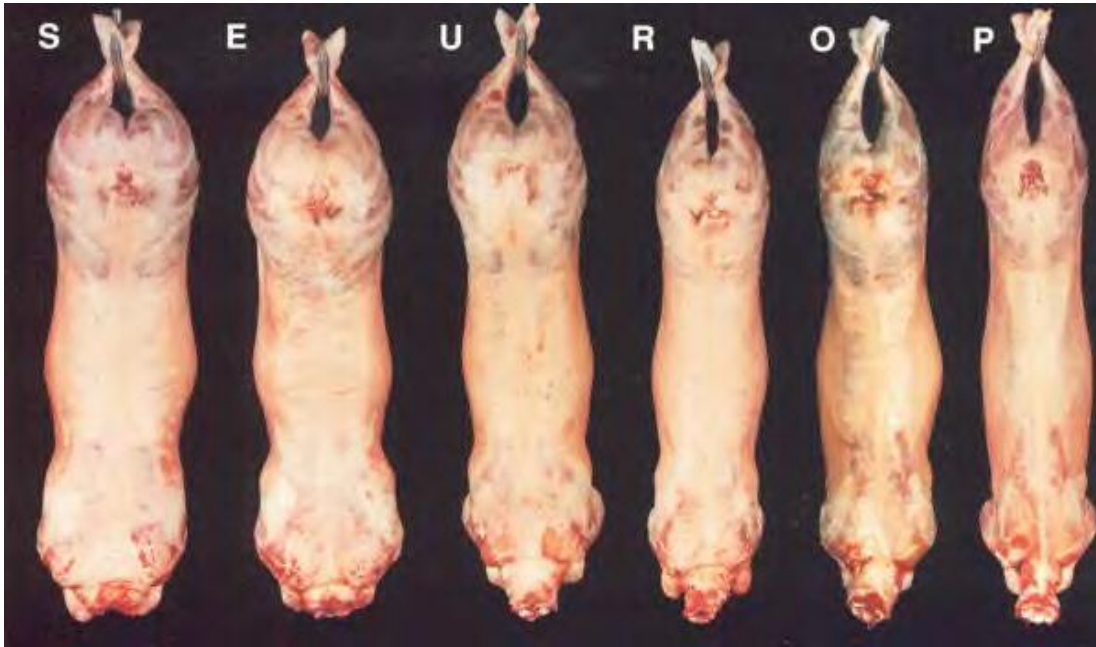


Figura 3. Escala de clasificación SEUROP para la conformación de las canales de ovino.

Superior (S), para perfiles extremadamente convexos; desarrollo muscular excepcional con dobles músculos.

Excelente (E), para perfiles convexos a superconvexos, con desarrollo muscular excepcional,

Muy buena (U), para perfiles convexos en conjunto, con un fuerte desarrollo muscular,

Buena (R), Perfiles rectilíneos en conjunto, con un buen desarrollo muscular.

Suficiente (O), para perfiles rectilíneos a cóncavos, con un desarrollo muscular medio.

Insuficiente (P), todos los perfiles cóncavos a muy cóncavos, con escaso desarrollo muscular (Yeomans, 2009).

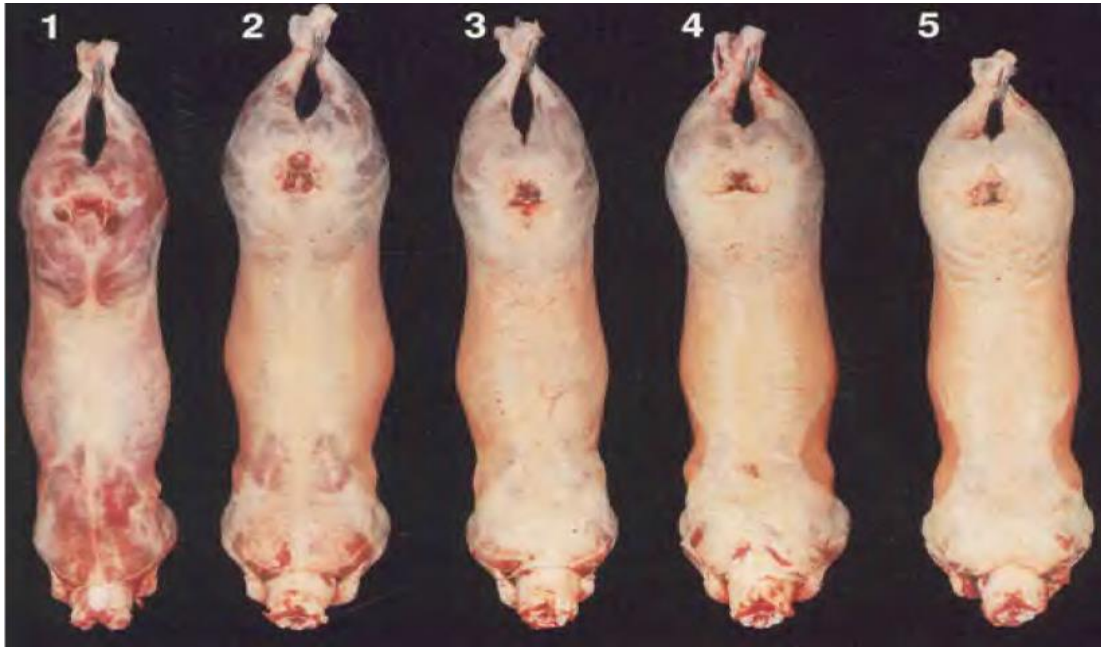


Figura 4. Estado de engrasamiento de canales de ovino (escala SEUROP).

Débil (1), cobertura de grasa inexistente o muy débil.

Ligero (2), ligera cobertura de grasa, músculos casi siempre aparentes.

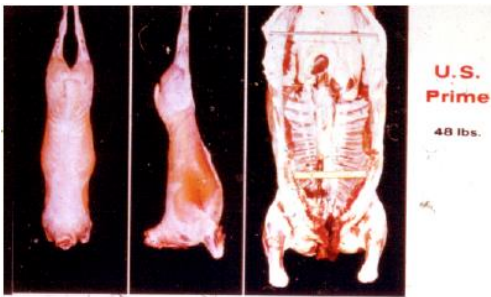
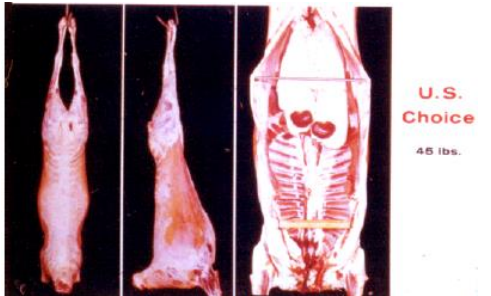
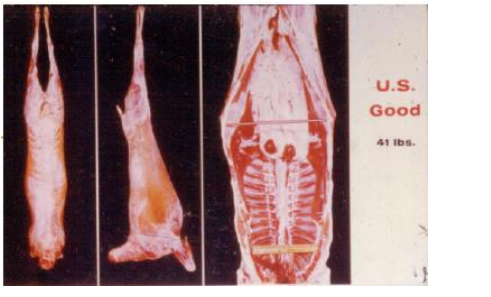
Medio (3), músculos, excepto cadera y paletilla, casi siempre cubiertos, escasos acúmulos de grasa en el interior de la cavidad torácica.

Alto (4), músculos cubiertos de grasa, pero aun parcialmente visibles a nivel de la cadera y paletilla, algunos acúmulos pronunciados de grasa en el interior de la cavidad torácica.

Muy alto (5), toda la canal cubierta de grasa, acúmulos importantes en el interior de la cavidad torácica (Yeomans, 2009).

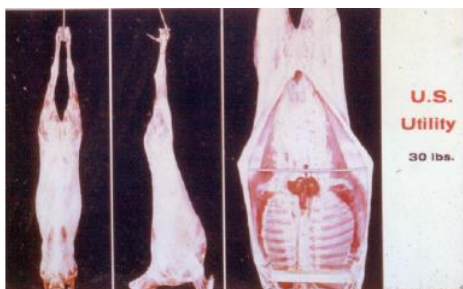
Otro esquema de clasificación de gran relevancia es el implementado por los Estados Unidos de América, a través del United States Department of Agriculture (USDA), que emplea los grados de calidad Prime, Choice, Good y Utility, de acuerdo con lo establecido en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de canales de ovino de acuerdo con el sistema USDA.

Grado	Características
<p>Prime</p> 	<p>Mínimos requisitos en general</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Canales densamente musculosas en general. 2. Son moderadamente amplias y gruesas en relación con el largo. 3. Poseen piernas moderadamente rechonchas y completas. 4. Espaldas moderadamente largas y gruesas. 5. Hombros moderadamente gruesos y completos.
<p>Choice</p> 	<p>Canales en general.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Musculatura más gruesa en general. 2. Tienden a ser ligeramente más amplias y gruesas, en relación al largo. 3. Tienden a ser más rechonchas y de piernas completas. 4. Espalda ligeramente amplia y gruesa. 5. Hombros ligeramente gruesos y completos.
<p>Good</p> 	<p>Canales en general.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Canales ligeramente delgadas en general. 2. Moderadamente angostas en relación al largo. 3. Poseen piernas ligeramente delgadas y afiladas.

4. Espalda y hombros ligeramente angostos y delgados.

Utility



Características de la canal inferiores a las especificadas para el grado “Good”.

USDA (United States Standards for Grades of Lamb, Yearling Mutton, and Mutton Carcasses, 1992).

Respecto a la conformación, los Estados Unidos de América clasifican las canales ovinas de acuerdo con el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de la conformación de canales de ovino (USDA).

Escala	Descripción
Conformación grado 1	<p>Canales próximas a grado 2.</p> <p>Tiene una delgada capa de grasa externa sobre la espalda y lomo, y ligeros depósitos de grasa en los flancos. Normalmente hay una delgada capa de grasa sobre los hombros y la parte externa de los miembros. Músculos visibles en casi toda la canal.</p> <p>Canales grado 1 con exceso de grasa deberán ser ajustadas a un grosor 0.15 pulgadas (0.381 cm). Canales con distribución normal de grasa y peso de 55 libras (24.9 kg) deberá tener un grosor de grasa de 0.75 pulgadas (1.9 cm) y una que pese 75 libras (34 kg) deberá tener un grosor de 0.85 pulgadas (2.159 cm).</p>
Conformación grado 2	<p>Canales próximas a grado 3.</p> <p>Tiene una moderada capa gruesa de grasa sobre la espalda y lomo, y los músculos de la espalda no son</p>

	<p>visibles. Normalmente hay una delgada capa de grasa sobre los hombros y la parte externa de los miembros. Músculos apenas visibles.</p> <p>Canales grado 2 con exceso de grasa deberán ser ajustadas a un grosor 0.25 pulgadas (0.635 cm). Canales con distribución normal de grasa y peso de 55 libras (24.9 kg) deberá tener un grosor de grasa de 0.90 pulgadas (2.286 cm) y una que pese 75 libras (34 kg) deberá tener un grosor de 0.85 pulgadas (2.54 cm).</p>
Conformación grado 3	<p>Canales próximas a grado 4.</p> <p>Tiene una moderada gruesa capa de grasa sobre la espalda. Normalmente los hombros están cubiertos de grasa y los miembros están casi cubiertos, los músculos de los miembros posteriores son apenas visibles.</p> <p>Canales grado 3 con exceso de grasa deberán ser ajustadas a un grosor 0.35 pulgadas (0.889 cm). Canales con distribución normal de grasa y peso de 55 libras (24.9 kg) deberán tener un grosor de grasa de 1.05 pulgadas (2.667 cm) y una que pese 75 libras (34 kg) deberá tener un grosor de 1.15 pulgadas (2.921 cm).</p>
Conformación grado 4	<p>Canales próximas a grado 5.</p> <p>Está cubierta de grasa. Normalmente la espalda está cubierta de una capa gruesa de grasa y ligeramente una capa gruesa en hombros y miembros. Canales grado 4 con exceso de grasa deberán ser ajustadas a un grosor 0.45 pulgadas (1.143 cm). Canales con distribución normal de grasa y peso de 55 libras (24.9 kg) deberán tener un grosor de grasa de 1.2 pulgadas (3.048 cm) y una que pese 75 libras (34 kg) deberá tener un grosor de 1.3 pulgadas (3.302 cm).</p>
Conformación	<p>Canales grado 5 deberán ser ajustadas a un grosor 0.45</p>

grado 5 pulgadas (1.143 cm). La capa externa de grasa que cubre la mayoría de las partes de la canal es usualmente mayor que la descrita para el grado 4.

USDA (United States Standards for Grades of Lamb, Yearling Mutton, and Mutton Carcasses, 1992).

En lo que respecta a la clasificación de canales de ovino en México, y que es de relevancia para esta investigación, se cuenta con el sistema implementado en la NMX- FF-106-SCFI-2006 Productos Pecuarios – carne de ovino en canal, en la que se establecen diferentes maneras para determinar la calidad de la carne. Comenzando con la conformación, la cual se evalúa visualmente conforme a un patrón fotográfico de acuerdo con el contorno (Figura 5), se clasifica en **Excelente, Buena y Deficiente**. La clasificación **Excelente** está caracterizada por canales con músculos gruesos y amplios en comparación con la longitud de esta; amplio llenado de las piernas y cuartos delanteros. Para el caso de **Buena**, las canales poseen músculos moderados en comparación con la longitud de esta; piernas y cuartos delanteros moderadamente delgados. Por último, las canales dentro de la clasificación **Deficiente**, tienen músculos delgados en comparación con la longitud de la misma; piernas y cuartos delanteros son delgados y cóncavos (NMX-FF-106-scfi-2006).



Figura 5. Patrón fotográfico para la evaluación de la conformación en canales de ovino en México (NMX-FF-106-scfi-2006).

Además, el sistema clasifica las canales de acuerdo con las especificaciones de los animales, basándose en peso en pie al sacrificio, peso en canal, grasa de cobertura y edad. La Norma Mexicana contempla a los siguientes tipos de animales:

Lechal. Hasta 12 kg de peso vivo, 6 kg de peso en canal, grasa perirrenal abundante y hasta 45 días de edad.

Liviano. Hasta 38 kg de peso vivo, hasta 18 kg de peso en canal, 1 a 110 mm de grasa de cobertura y que cuenten aún con sus dientes temporales.

Pesado. Más de 38 kg de peso vivo, más de 18 kg de peso en canal, 3 a 15 mm de grasa de cobertura y que cuenten con sus dientes temporales.

Primal. De 5 a 15 mm de grasa de cobertura y que tengan de 1 a 4 incisivos permanentes.

Adulto. De 5 a 15 mm de grasa de cobertura y que tengan de 5 a 8 incisivos permanentes.

Una vez especificado lo anterior, las canales se clasifican de acuerdo con el Cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de canales de ovino, sistema mexicano.

Grado	Conformación	Tipo de Animal	Grasa (mm)
MÉXICO	Excelente	Lechal	
EXTRA (MEX		Liviano	1 a 3
EXT)		Pesado	3 a 6
MÉXICO 1	Excelente	Livianos	4 a 6
		Pesados	7 a 10
		Primal	5 a 10
	Buena	Livianos	1 a 3
		Pesados	3 a 6
México 2	Excelente/Buena/Deficiente	Livianos	7 a 10
		Pesados	11 a 15
	Excelente / Buena	Primal	11 a 15
	Excelente	Adulto	5 a 15
	Buena	Primal	5 a 10
	Deficiente	Livianos	1 a 6
		Pesados	3 a 10

La grasa se mide por medio de una regla de acero inoxidable, insertándola perpendicularmente sobre la doceava costilla, a 11 cm de la línea media de la canal (NMX- FF-106-SCFI-2006).

Las canales que no cumplen con los grados de calidad son catalogadas como “Fuera de clasificación”.

5.1.5. Utilización de los modelos matemáticos para la estimación de parámetros en la producción de carne de rumiante

Diferentes modelos de predicción han sido empleados para predecir la composición y calidad de la canal, dentro de los cuales destacan regresión lineal, análisis de componentes principales, regresión inversa partida, regresión cuantílica, máquinas de vectores soporte, modelo de predicción de cresta, mínimos cuadrados parciales, regresión aparentemente no relacionada y correlaciones canónicas, sin embargo, es importante conocer la metodología y limitaciones de cada herramienta, para obtener la adecuada medición del efecto de las variables (Ellies *et al.*, 2020).

5.1.5.1. Regresión lineal simple

La regresión lineal simple consiste en generar un modelo de regresión que permita explicar la relación lineal que existe entre dos variables. A la variable dependiente o respuesta se le identifica como Y, y a la variable predictora o independiente como X. El modelo de regresión lineal simple se describe de acuerdo con la ecuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \epsilon$$

Siendo β_0 la ordenada en el origen, β_1 la pendiente y ϵ el error aleatorio. Este último representa la diferencia entre el valor ajustado por la recta y el valor real. Recoge el efecto de todas aquellas variables que influyen en Y pero que no se incluyen en el modelo como predictores. Al error aleatorio también se le conoce como residuo. En la gran mayoría de casos, los valores β_0 y β_1 poblacionales son desconocidos, por lo que, a partir de una muestra, se obtienen sus estimaciones $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$. Estas estimaciones se conocen como coeficientes de regresión, ya que toman aquellos valores que minimizan la suma de cuadrados residuales, dando lugar a la recta que pasa más cerca de todos los puntos (Sanford, 2014).

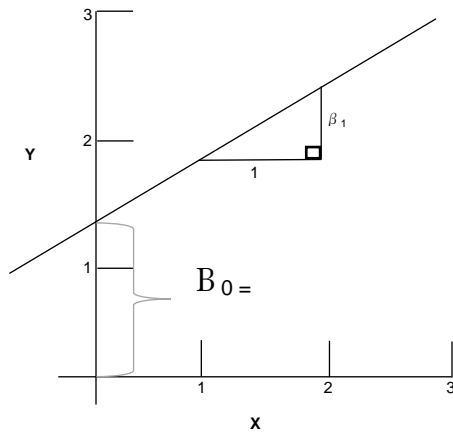


Figura 6. Gráfica de la recta de regresión. El intercepto es el valor esperado de la respuesta cuando el predictor $X = 0$. La pendiente del parámetro β_1 proporciona el cambio en el valor esperado cuando el predictor X aumenta 1 unidad (Sanford, 2014).

Una recta de regresión puede emplearse para diferentes propósitos y dependiendo de ellos es necesario satisfacer distintas condiciones. En caso de querer medir la relación lineal entre dos variables, la recta de regresión lo va a indicar de forma directa (correlación), es decir, cuántas unidades aumenta la respuesta Y por un aumento del predictor X , véase Figura 6. Sin embargo, en caso de querer predecir el valor de una variable en función de la otra, no solo se necesita calcular la recta, sino que además hay que asegurar que el modelo sea el indicado (Sanford, 2014).

5.1.5.2. Regresión lineal múltiple

El modelo de regresión lineal múltiple supone que la función de regresión que relaciona la variable dependiente con las variables independientes es lineal. Parte de $(K+1)$ variables cuantitativas, siendo Y la variable de respuesta y (X_1, X_2, \dots, X_k) las variables explicativas. Se trata de extender a las 'k' variables las técnicas de la regresión lineal simple. En esta línea, la variable Y se puede expresar mediante una función lineal de las variables (X_1, X_2, \dots, X_k) .

$$\text{Modelo: } Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \dots \beta_n X_n + e_i$$

Donde:

Y= variable dependiente

X₁= variable independiente 1

$Y_i \in N(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k, \sigma^2)$ independientes, (i =1,2, ... ,n)

$e_i \in N(0, \sigma^2)$ independientes, (i =1,2, ... ,n)

Las hipótesis comunes entre las regresiones lineal y múltiple son:

a) Normalidad: $e_i \in N(0, \sigma^2)$

b) Linealidad: $E(e_i) = 0$

c) Homocedasticidad: $Var(e_i) = \sigma^2$

d) Independencia: e_i son independientes (i =1,2, ... ,n)

Requisitos adicionales de la regresión múltiple:

a) $n > k+1$. El modelo depende de (k+2) parámetros. Para que la regresión tenga significado debe haber un número suficiente de datos.

b) Ninguna de las variables explicativas X es combinación lineal de las otras (Colinealidad). Si alguna de las X_i es combinación lineal exacta de alguna de las otras X_i el modelo puede simplificarse con menos variables explicativas. También hay que considerar si alguna de las X_i está fuertemente correlacionada con otras. (De la Fuente, 2011).

5.1.5.3. Regresión cuantílica

La regresión cuantílica, en contraste con la lineal, busca encontrar la relación entre el cuantil de la variable dependiente, condicionado a los valores de las variables independientes, de manera que:

$$VaRT(Y_i | X_{1i}, \dots, X_{ki}) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki}.$$

De acuerdo con lo establecido por Koenker y Bassett (1978) la representación matemática es:

$$\hat{\beta}_\tau = \underset{b}{\operatorname{argmin}} \left[\sum_{Y_i \geq X_i'b} \tau |Y_i - X_i'b| + \sum_{Y_i < X_i'b} (1-\tau) |Y_i - X_i'b| \right].$$

Donde la distribución de una variable dependiente (Y) ordenada respecto al efecto en relación con una serie de variables independientes (X). Busca minimizar las desviaciones absolutas con valores asimétricos por cuantil τ , $0 < \tau < 1$, de una muestra aleatoria $\{y_i : i = 1, \dots, \tau\}$ del proceso de regresión $\epsilon_i = Y_i - X_i'b$, donde $\{X_i : i = 1, \dots, \tau\}$ es una secuencia de K -vectores renglón y b es un vector de dimensión K que minimiza las desviaciones absolutas. A diferencia de lo que se sabe para los estimadores de los coeficientes de la regresión por mínimos cuadrados ordinarios que siguen una distribución del rango estudentizado, para los coeficientes de la regresión cuantílica no se conoce la distribución exacta de los estimadores. Aun así, bajo ciertas condiciones, se ha estudiado que $\sqrt{n}(\hat{\beta}_\tau - \beta_\tau)$ tiende a una distribución normal. Se suele decir que la función objetivo se corresponde con la suma n componentes, donde cada una de ellas puede expresarse como:

$$(Y_i - X_i'b) = (Y_i - X_i'b)I_{\{Y_i \geq X_i'b\}} + (\tau - 1)(Y_i - X_i'b)I_{\{Y_i < X_i'b\}} = (Y_i - X_i'b)(\tau - I_{\{Y_i < X_i'b\}}),$$

siendo $I_{\{ \cdot \}}$ una función indicadora que vale 1 si la condición del subíndice se cumple y 0 en caso contrario.

De acuerdo con Koenker y Machado (1999), la expresión para medir la bondad de ajuste en la regresión cuantílica se basa en la comparación de las funciones objetivo del modelo de regresión cuantílica estimado y del modelo restringido que sólo incluye el término independiente. La expresión de la medida de bondad es:

$$R^1(\tau) = 1 - V(\tau) / \tilde{V}(\tau)$$

5.1.5.4. Factores que pueden intervenir en el análisis de regresión

5.1.5.4.1. Multicolinealidad

Presente cuando las variables independientes exhiben una combinación lineal con otras, es decir, que una variable X_1 sea combinación lineal de una X_2 , ambas relacionadas con la expresión $X_1 = \beta_1 + \beta_2 X_2$, siendo β_1 y β_2 constantes, por lo que el coeficiente de correlación entre las variables será de 1.

Para esta investigación, al emplearse más de una variable dependiente para predecir una independiente, puede presentarse una combinación lineal de X_1 con otras X_2, \dots, X_i con $i > 2$, lo que indica que las variables están relacionadas con la expresión $X_1 = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i$, siendo β_1, \dots, β_i constantes y, por lo tanto, el coeficiente de correlación múltiple $R_{X_1|X_2, \dots, X_i}$ también será 1. De manera más usual, los coeficientes de correlación simple o múltiple entre las variables independientes no serán de 1, sin embargo, se presentarán valores cercanos (Gallego, 2009).

5.1.5.4.2. Autocorrelación

Se presenta cuando el error muestra correlaciones distintas de cero entre las distintas observaciones $E(\varepsilon_i \varepsilon_{i+j}) \neq 0$. Para el caso de regresión por mínimos cuadrados, la autocorrelación puede provocar que se estime con la σ^2 mínima, es decir, de manera ineficiente. Así mismo, si los errores están correlacionados positivamente, el cuadrado medio de los residuales puede subestimar mucho a σ^2 , en consecuencia, los errores estándar de los coeficientes de regresión pueden ser muy pequeños, por lo tanto, los intervalos de confianza son más cortos y las pruebas de hipótesis acerca de los coeficientes individuales de regresión pueden indicar que uno o más de los regresores contribuyen en forma significativa al modelo, pero en realidad no lo hacen. Por último, los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis basados en las distribuciones t y F ya no son adecuados (Montgomery *et al.*, 2006). La prueba de contraste de Durbin Watson sirve para verificar si existe correlación. Se adopta una escala de valores del 0 al 4, si el resultado está entre el 0 y el 2 se puede expresar como correlación positiva, si está entre 2 y 4 se interpreta como correlación negativa, y cercano a 2 indica poca autocorrelación de los residuos.

Se representa de la siguiente manera:

$$DW = \frac{\sum_{i=2}^n (u_i - u_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n u_i^2} \approx 2(1-\rho) \Rightarrow \begin{cases} DW \approx 2 & \text{si } \rho = 0 \\ DW \approx 0 & \text{si } \rho = 1 \\ DW \approx 4 & \text{si } \rho = -1 \end{cases}$$

5.1.5.4.3. Heterocedasticidad

Ocurre cuando la σ^2 del modelo no es constante para las observaciones, es decir, cuando hay datos atípicos o errores de especificación en el modelo.

$$VAR(\varepsilon_i|X) = \sigma_i^2 = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_n^2 \end{pmatrix}$$

Para validar la homogeneidad de las σ^2 , se pueden emplear las pruebas de Bartlett y Levene (Correa *et al.*, 2006). La primera requiere que la n en cada tratamiento sea mayor a 3 o mayores a 5, preferentemente. El estadístico de prueba se define como:

$$U = \frac{1}{C} \left[(N - k) \ln(s^2) - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \ln s_i^2 \right]$$

$$\text{donde: } C = 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left(\sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i - 1} - \frac{1}{N - k} \right)$$

Cuando la hipótesis nula es cierta, este estadístico se distribuye como X^2 con $k - 1$ grados de libertad. Sin embargo, requiere que la distribución de los datos sea aparentemente normal para tener un buen desempeño (Correa *et al.*, 2006). Su interpretación se definiría de la siguiente manera: El modelo es significativo cuando se puede aplicar el análisis factorial:

- Si Sig. (p-valor) < 0.05 aceptamos H_0 (hipótesis nula) > se puede aplicar el análisis factorial.
- Si Sig. (p-valor) > 0.05 rechazamos H_0 > no se puede aplicar el análisis factorial.

Respecto a la prueba de Levene, el estadístico se define como:

$$W = \frac{(N - k) \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2}{(k - 1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - \bar{Z}_i)^2}$$

Donde:

Z_{ij} puede tener una de las siguientes tres definiciones:

1. $Z_{ij} = X_{ij} - \bar{X}_i$, donde \bar{X}_i es la media del i -ésimo subgrupo.
 2. $Z_{ij} = X_{ij} - \acute{x}_i$ donde \acute{x}_i es la mediana del i -ésimo subgrupo.
 3. $Z_{ij} = X_{ij} - \bar{X}'_i$, donde \bar{X}'_i es la media recortada a 10 % del i -ésimo subgrupo.
- $\bar{Z}_{..}$ es la media global de Z_{ij} y \bar{Z}_i es la media del i -ésimo subgrupo de los Z_{ij}

Esta prueba se emplea para rechazar la hipótesis de que las σ^2 son iguales con un nivel de significancia α si $W > F_{\alpha, k-1, N-k}$ donde $F_{\alpha, k-1, N-k}$ es el valor crítico superior de la distribución F con $k-1$ grados de libertad en el numerador y $N-k$ grados de libertad en el denominador a un nivel de significancia α . Al emplear la prueba de Levene es menos probable que se rechace una verdadera hipótesis de igualdad de σ^2 en caso de que los valores no sean del todo normales (Correa *et al.*, 2006). En general, es muy importante que los datos analizados tengan una distribución normal, de lo contrario, deberán procesarse a través de la estandarización y normalización. Existen diversos métodos de transformación, los cuales son enumerados en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Tipos de transformación de datos y su efecto sobre la distribución.

Estandarización (afecta a la distribución)

Media de 0 y desviación típica de 1	Restar cada valor a la media y dividir por la desviación típica.
Media de 1	Dividir todos los valores por la media.
Desviación típica de 1	Dividir todos los valores por la desviación típica.
Normalización (no afecta a la distribución)	
Rango de -1 a 1	Dividir todos los valores por el rango de la variable.

Rango de 0 a 1	Restar a todos los valores el valor más pequeño y dividir por el rango de la variable.
Valor máximo de 1	Dividir todos los valores por el valor mayor de la distribución.

Chica *et al.* (2015).

5.1.5.5. Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales define a los componentes como las líneas que mejor se ajustan a sistemas de puntos en el espacio. Así, mientras que la idea tras la recta de regresión es la predicción, en el caso del análisis de componentes principales la idea clave es la asociación. Considerando la dimensionalidad de la solución factorial (cuantos factores y su relación con las variables o indicadores), es importante que se diferencie entre la identificación de un número de factores que simplifica el volumen de variables observadas, de la posibilidad de que dichos factores puedan o no estar correlacionados entre sí. En el caso del análisis de componentes principales los componentes (factores) siempre van a ser independientes (ortogonales) entre ellos (Chica *et al.*, 2015). Igual que las variables pueden expresarse como combinación lineal de los factores, los componentes son estimados empíricamente desde estas mismas variables observadas. La manera para estimar un componente j , (F_j) es:

$$F_j = W_{j11} + W_{j21} + \dots + W_{jnl}$$

Donde:

Las W son llamadas puntuaciones factoriales, y n expresa el número de variables o indicadores.

Los factores son el resultado de combinaciones lineales entre las variables observadas, y viceversa, es factible explicar la σ^2 de las variables mediante combinaciones lineales de los componentes o factores.

En este tipo de análisis se debe considerar la comunalidad de las variables, es decir, el coeficiente de correlación múltiple al cuadrado entre una variable y las demás, debido a que es un buen indicador de la fuerza de asociación lineal. Al

principio, el valor de comunalidad de las variables es de 1, sin embargo, tras la extracción se determinará la comunalidad de cada variable en el contexto de la estructura factorial estimada. Aquellas variables con coeficientes de comunalidad baja serían buenas candidatas para ser eliminadas, en el proceso de optimizar la relación entre factores y variables, es decir, el primer componente principal es la combinación que da cuenta de la mayor cantidad de σ^2 total, el segundo componente principal da cuenta de la segunda mayor cantidad de σ^2 , y no está correlacionado con el primer componente estimado y así sucesivamente se van estimando componentes que van explicando cada vez partes más pequeñas de la σ^2 total, y que además no están correlacionados entre ellos (Chica *et al.*, 2015).

5.1.5.6. Correlación canónica

Es un análisis lineal de múltiples variables, empleado para σ^2 s métricas ya que permite la valoración de la relación entre las variables predictoras métrica y múltiples medidas dependientes. La expresión es:

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$$

Su objetivo es cuantificar la validez de la relación entre dos conjuntos de variables, es decir, identifica la estructura óptima o dimensionalidad de cada conjunto de variables, que maximiza la relación entre conjuntos de variables dependientes (VDs) e independientes (VIs), llamados valores teóricos canónicos. El análisis desarrolla varias funciones canónicas que maximizan la correlación entre combinaciones lineales, además, se obtiene un conjunto de ponderaciones para cada conjunto de variables, para que se presente la forma máxima de correlación entre valores teóricos. Las funciones lineales adicionales que maximizan la restante correlación son independientes de los conjuntos anteriores (Badii *et al.*, 2007). Para realizar el análisis se deberá efectuar una matriz de correlación, compuesta por correlaciones entre VDs (R_{yy}), correlaciones entre VIs (R_{xx}), y correlaciones entre VDs y VIs (R_{xy}).

$$R = R_{yy}^{-1} R_{yx} R_{xx}^{-1} R_{xy}$$

Para el análisis canónico se resuelve la ecuación anterior para eigenvalores y eigenvectores de la matriz R. Los eigenvalores consolidan la σ^2 de la matriz, redistribuyendo la σ^2 original en unas pocas variantes compuestas. Los eigenvectores, transformados a coeficientes, se usan para combinar las variables originales con las compuestas. Los eigenvalores están relacionados en la correlación canónica por la siguiente ecuación:

$$\lambda_i = r_{ci}^2$$

Esto es, cada valor de referencia es igual al cuadrado de la correlación canónica para cada par de variantes. La prueba de significancia utiliza la siguiente fórmula, y sigue una distribución de chi-cuadrada:

$$\chi^2 = -[N-1(k_x + k_y + 1/2)] \ln \Lambda_m$$

$$\Lambda_m = \prod_{i=1}^m (1-\lambda)$$

Donde:

N= número de casos

k_x = número de variables en el grupo de VI

k_y = número de variables en el grupo de VD

DF = $(k_x)(k_y)$

m = número de correlaciones canónicas

Se emplea la prueba de Bartlett de la lambda de Wilks para probar la significancia de una correlación canónica. La lambda varía de 0 a 1 y muestra la σ^2 del error, la σ^2 no contabilizada por las variables independientes. En caso de obtener el valor de 1.0, significa que las variables independientes no están contabilizando algún porcentaje de la σ^2 en la variable dependiente, y un 0 significa que las variables independientes están contabilizando toda la σ^2 . Para una lambda menor, una σ^2 mayor. $1-\Lambda$ será equivalente a R^2 . La prueba de chi cuadrada se usa para probar la significancia de lambda. Dos grupos de coeficientes canónicos son necesarios para obtener una correlación, es decir, la combinación con VDs y la combinación con VIs (Castillo *et al.*, 2007).

Ecuación para VDs:

$$B_y = (R_{yy}^{-1/2})' B^{\wedge}_y$$

Ecuación para VIs:

$$B_x = R_{xx}^{-1/2} R_{xy} B_y^*$$

Donde:

B_y = matriz normalizada de eigenvectores

R = matriz de correlaciones

Las dos matrices de coeficientes canónicos se utilizan para estimar el puntaje en las variantes canónicas:

$$X = Z_x B_x$$

$$Y = Z_y B_y$$

Los puntajes en las variantes canónicas (X , Y) son el producto de los puntajes de las variantes originales y los coeficientes canónicos usados para ponderarlas. La suma de los puntajes canónicos para cada variante es igual a cero. El llenado de las matrices (A) se realiza por la multiplicación de la matriz de las correlaciones entre variables con la matriz de coeficientes canónicos. Estas matrices A son usadas para interpretar las variantes canónicas.

$$A_x = R_{xx} B_x$$

$$A_y = R_{yy} B_y$$

La proporción de la σ^2 explicada es:

$$PV_{xc} = \sum_{i=1}^{K_x} \frac{a^2_{ixc}}{K_x} PV_{yc} = \sum_{i=1}^{K_y} \frac{a^2_{iyc}}{K_y}$$

Donde:

a = correlaciones llenas

k = número de variables en un grupo

(Castillo *et al.*, 2007).

5.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el contexto global de ovinocultura, y en particular, en la cadena de valor de la carne de ovino, estimar o predecir las características y rendimiento de la canal, así como la calidad instrumental y sensorial de su carne, es un tema de gran relevancia para consumidores, transformadores, productores, técnicos e investigadores, debido a que son parámetros base en la clasificación de canales en los diferentes esquemas desarrollados. Es por ello que, en los últimos años, diversas características ante mortem han sido analizadas con el objetivo de determinar su efecto en la canal y carne, previo a la matanza. En México, las canales de ovinos producidas provienen principalmente de animales criollos, sin embargo, cada vez más productores se interesan en desarrollar sistemas de producción intensivos más rentables, los cuales requieren de razas especializadas como Pelibuey, Ramboulliet, Romney Mars, Polypay, Romanov, Southdown, Suffolk, Texel y sus cruza, cuyo peso promedio a sacrificio es de 44.16 ± 5.21 kg, peso de la canal 22.35 ± 3.33 kg, con rendimiento de $50.55 \pm 2.09\%$.

La diversidad de tamaños y tasas de crecimiento de las razas en mención irremediablemente afectará la morfometría de la canal (longitud, longitud de pierna, perímetro de grupa, ancho y profundidad de tórax, índice de compacidad, grasa subcutánea y ojo de chueta), así como la conformación muscular y grado de engrasamiento (grasa de cobertura e intramuscular) de las canales. Por lo tanto, se precisa recabar y analizar información de ovinos producidos en sistema de engorda intensiva en corral, y faenados en establecimientos de matanza y obradores del Valle de Toluca, Estado de México, la cual será una destacada herramienta en el sistema de clasificación de canales y análisis de calidad de la carne, dentro de la cadena de valor de este subsector pecuario.

5.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿La influencia ante mortem que tienen las características raciales y productivas sobre el rendimiento y morfometría de la canal, en corderos finalizados en sistemas de producción con alimentación intensiva en el Valle de Toluca, México, puede estimarse a través del desarrollo de uno más modelos de predicción?

5.4. HIPÓTESIS

Las características ante mortem de tipo racial y productivas, de ovinos en engorda intensiva, tienen un efecto directo sobre el ajuste de modelos matemáticos para la predicción de las características, rendimiento, composición de la canal y calidad de la carne.

5.5. JUSTIFICACIÓN

En México, los ovinos, al igual que otras especies pecuarias, se comercializan principalmente en pie, por lo tanto, los productores y transformadores mantienen un elevado grado de incertidumbre sobre las características de la canal y atributos de la carne de ovinos faenados (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005). En el valle de Toluca, Estado de México, se crían y engordan distintas razas y cruzas de ovinos, en su mayoría para la producción de carne y elaboración de barbacoa. Sin embargo, actualmente, se observa una tendencia hacia el incremento de la producción y consumo de otros productos cárnicos como mixiotes, cordero asado y cortes finos. Este nicho de consumidores ha propiciado y motivado que productores y acopiadores se interesen por homogenizar, primero, las características de las canales (rendimiento, engrasamiento, conformación, etc.) y, segundo, los productos cárnicos “cortes primarios” y calidad de la carne, derivados de estas canales, en términos de características fisicoquímicas y atributos instrumentales y sensoriales. Por lo tanto, la presente investigación contribuirá al desarrollo de una herramienta de evaluación y estandarización de las características de la canal, para los diferentes

actores que intervienen en los eslabones de la cadena productiva ovina, fortaleciendo la industria productiva cárnica del Estado de México.

5.6. OBJETIVOS

5.6.1. Objetivo general

Ajustar uno o más modelos matemáticos para predecir las características de la canal y calidad de la carne de ovinos en sistemas de engorda intensiva a partir de información proveniente de la evaluación de variables productivas e intrínsecas de una base de datos de 575 registros, depurada y homogenizada para el análisis final de 175 registros de ovinos sacrificados y faenados en establecimientos del valle de Toluca, Estado de México.

5.6.2. Objetivos específicos

A partir de las variables antemortem y postmortem se ajustaron y estimaron modelos con procedimientos de:

- I. Análisis de regresión lineal múltiple
- II. Análisis de regresión cuantílica
- III. Análisis de componentes principales y regresión sobre las variables ortogonales
- IV. Análisis de correlación canónica no lineal

VI. CAPÍTULO 2. COMPARACIÓN DE MODELOS DE REGRESIÓN SOBRE LA PREDICCIÓN DE VARIABLES DE LA CANAL DE OVINOS DEL VALLE DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO.

6.1. Resumen

El sector agropecuario mexicano, para ser más competitivo, requiere estandarizar la oferta de carne de ovino, en cuanto a calidad se refiere, para ello es importante implementar herramientas que permiten estimar las características y composición de las canales a partir del comportamiento productivo, como son los modelos estadísticos de predicción, los cuales tienen la ventaja de no ser invasivos. El objetivo de este trabajo fue desarrollar estimar modelos lineales de predicción con dos métodos para obtener las características de la canal a partir de variables ante mortem de ovinos criados en sistemas intensivos del valle de Toluca, México. El primer método fue el de regresión lineal múltiple (RLM), que permitió obtener ecuaciones de predicción para PCC, PCF, PG, AG, PT e IC con coeficientes de determinación considerados adecuados ($R^2 \geq 0.42$), pero con distinto grado de autocorrelación y sesgo. Adicionalmente, se buscó mejorar esta situación con la estandarización de datos, sin embargo, los valores de R^2 disminuyeron. El segundo método empleado fue el de regresión lineal múltiple sobre componentes principales (CP), inicialmente, se agruparon variables independientes en tres componentes que explicaron 82.78% de la σ^2 con $KMO=0.53$, y se ajustaron cinco ecuaciones de predicción (PCC, PCF, PG, PT e IC) con un $R^2 \geq 0.37$. Respecto a los coeficientes de correlación entre las variables estudiadas, en general, resultaron con valores regulares ($r_{xy} 0.5 \leq 0.78$) pero significativos ($p < 0.05$). Además, se empleó el método de clústeres jerárquicos (método de Ward), sobre componentes principales, para clasificar las observaciones de acuerdo con la σ^2 explicada. El primer clúster se conformó de 73 observaciones caracterizado por Pv_{fin} , Pv_{fin} , PS y CA, que resultaron inferiores a las medias generales de los 3 grupos, respectivamente. El segundo clúster se conformó de 43 observaciones donde los ovinos se caracterizaron por tener mayores valores a las medias generales en GDP, CMS, Pv_{ini} y EF. El tercer

clúster clasificó 59 corderos con medias mayores en Pvini, Pvfin, PS y CA, pero menores en GDP y EF. La clasificación anterior evidenció tres grupos con distintas características genóticas y productivas de los ovinos faenados en el valle de Toluca. Se concluyó que con el método de regresión lineal múltiple se obtuvieron ecuaciones de predicción influenciadas por autocorrelación y sesgo de los datos. Mientras que, con el método de regresión sobre componentes principales combinado con el método PLS evitaron esta situación, y se mejoró el grado de ajuste de las ecuaciones de predicción. Finalmente, se observó que la ecuación de predicción para peso de la canal fría es la de mayor relevancia.

Palabras clave: Regresión lineal múltiple, regresión de componentes, clústeres jerárquicos, canal ovina.

6.2. Abstract

The Mexican agriculture sector needs the standardization of lamb's quality, therefore is essential the using of noninvasive methods like statistical models that allow to predict carcass characteristics and composition from productive performance. The aim of this study was to develop linear models to predict carcass composition using ante-mortem variables from Toluca valley sheeps produced under intensive system production. The first model was Multiple linear regression (MLR), which allowed to adjust 6 predictive equations with average R^2 coefficients ($R^2 \geq 0.45$). Trying to increase R^2 with standardized data didn't work, instead the values decreased. Principal component analysis (PCA) as the second predictive model option used independent variables to extract 3 components which explained 82.78% of the σ^2 with a KMO=0.53. Further, 5 predictive equations with high average R^2 coefficients ($R^2 \geq 0.53$) were obtained from principal components scores. The correlation coefficients expressed low ($r_{xy} \leq 0.5$) but significant values ($p < 0.05$). Hierarchical clustering (Ward method) was used over principal components to classify observations according to the variance explained. The first cluster included 73 observations with the dependent variables Pvfin, Pvini, PS and CA, and general means beneath the other ones. The second cluster had 43

observations consisting in sheeps with GDP, CMS, Pvini and EF with the highest means. The final cluster got 59 lambs with high means for Pvini, Pvfin, PS and CA, but lower values for GDP and EF. The conclusions were that MLR can be used to get predictive equations but will be influenced by autocorrelation and data bias. However, the PCA combined with partial least squares overcame this and allowed to get a better adjustment in the predictive equations. Finally, PCF equation is the most relevant for this research.

Key words: Multiple linear regression, principal component regression, hierarchical clustering, ovine carcass.

6.3. Introducción

La medición de las variables sobre características y rendimiento de la canal de ovinos posterior a la matanza, es una práctica recurrente para conocer si el sistema productivo permite desarrollar animales con características deseables para los transformadores y consumidores. Los análisis de σ^2 y correlación de las variables ante mortem son comúnmente usados para estimar el rendimiento, conformación y grado de engrasamiento de la canal, sin embargo, el uso de más variables productivas permite estimar una mayor cantidad de variables dependientes que se requieren para conocer mejor su calidad y asociarla con la calidad de la carne en términos de valuación instrumental y sensorial. En este estudio, se evaluaron y compararon dos modelos de predicción que emplean métodos lineales para la estimación de variables postmortem, a través de mínimos cuadrados ordinarios o extracción factorial para formar combinaciones lineales no correlacionadas.

El primero fue regresión lineal múltiple, el cual es catalogado como el método más común en la evaluación de características post mortem para las diferentes especies domésticas (Cadavez *et al.*, 2012), este emplea mínimos cuadrados ordinarios para minimizar el error en la predicción de la respuesta en la muestra de los datos y busca ecuaciones lineales de los predictores que explican la mayor

cantidad de σ^2 de cada respuesta (SAS Institute Inc., 2004). Así lo demostraron las investigaciones realizadas por Canaza *et al.* (2017) y Ríos *et al.* (2020), en las que trabajaron con ovinos de raza Corridale y Asblack, respectivamente, y llegaron a la conclusión que el peso vivo, como variable dependiente, puede ser estimado con medidas zoométricas.

El segundo método estadístico empleado fue la regresión sobre componentes principales, es decir, la implementación de ecuaciones de predicción posterior a la formación de combinaciones lineales de las variables de morfometría, rendimientos y peso de la canal. Estas combinaciones o agrupaciones permiten explicar e identificar por conjuntos de rasgos que permiten la estimación de variables post mortem (Pérez *et al.*, 2018), además identifica las direcciones más importantes de σ^2 en la matriz de datos multivariados (Kopuzlu *et al.*, 2011). De acuerdo con lo reportado por Alaiz y Parnell (2020), que tras emplear diversas herramientas de estimación determinaron que el análisis de componentes principales funciona con una precisión de 93% al predecir calidad de carne, sin embargo, requiere de una muestra representativa y condiciones similares para que funcione de manera adecuada. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue desarrollar y ajustar modelos de predicción que permitan obtener ecuaciones para estimar las características de la canal, a partir del rendimiento de variables productivas.

6.4. Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en instalaciones pertenecientes al Departamento de Nutrición Animal, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Universitario “El Cerrillo”, municipio de Toluca, Estado de México, durante el período de julio de 2019 a junio de 2021. A partir de una base de datos capturada en el Programa Microsoft Excel[®], estructurada con 575 registros de información sobre la respuesta productiva de corderos, machos enteros de seis genotipos, Suffolk, Hampshire, Katahdin, Rambouillet, Dorper y Dorset, producidos bajo

condiciones similares en sistema intensivo y alimentados con dietas altas en concentrado; la base de datos fue revisada exhaustivamente y depurada, y se obtuvo una $n = 175$ registros completos que cumplieron los supuestos de la regresión lineal.

La base de datos contempla las siguientes variables productivas ante mortem de crecimiento: Peso vivo inicial (PVini), Peso vivo final (PVfin), Peso al sacrificio (PS), Ganancia diaria de peso (GDP), Ganancia de peso total (GPT), Consumo de materia seca (CMS), Conversión alimentaria (CA) y Eficiencia alimentaria (EF); b) las variables post mortem de características de la canal fueron: peso de canal caliente (PCC), peso de canal fría (PCF), conformación de la canal NMX (Conf), conformación de la canal SEUROP (CONFS), rendimiento comercial de la canal (RC) (Boccard et al., 1955), rendimiento verdadero de la canal (RV), largo de canal (LC), perímetro de grupa (PG), ancho de grupa (AG), ancho mayor de tórax (AMT), profundidad de tórax (PT), longitud de pierna (LP), ancho de pierna (AP) (Inchausti y Tagle, 1970), área de ojo de chuleta (ACH) (Delfa y Gonzáles, 1995), profundidad de tórax (PT), índice de compacidad de la canal (IC) (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005), espesor de grasa subcutánea (Egras), grado de engrasamiento (Geng), grasa renal (Gren) (Delfa y Gonzáles, 1995).

6.5. Análisis estadístico

La información de la base de datos fue procesada para realizar varios procedimientos a través del programa estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2004). Inicialmente, se analizó la independencia o autocorrelación de los datos con la prueba de Durbin-Watson (DW), contrastando las hipótesis $\rho=0$ y $\rho\neq 0$. Asimismo, se evaluó la homocedasticidad de las σ^2 del modelo de regresión con la prueba de Levene. La normalidad de los datos se evaluó con la prueba Kolmogorov-Smirnov (H_0 : sí las características de los corderos son distribuidos $N [0, \sigma^2]$) y con la prueba de Shapiro-Wilk's W (H_0 : la población de los ovinos se distribuye normalmente). Las pruebas antes enunciadas fueron analizadas con las opciones de la sentencia `HOVTEST =Bartlett, Levene (type=abs), Levene (type=square)` y

BF (Brown y Forsythe, una modalidad de Levene), mientras que DW se calculó con el comando PROC GLM (SAS Institute Inc., 2004).

Posteriormente, a través del procedimiento PROC REG de SAS, se obtuvieron los estadísticos h_i ; RSTUDENT (residual estudentizado con la observación presente borrada), en el cual, los residuales fueron divididos por sus errores estándar: $r_i / \delta^{(i)} \sqrt{1-h_i}$; COVRATIO (influencia estándar de observación de covarianzas de las betas) y se midieron el cambio en la determinante de la matriz de covarianza de los estimados al eliminar la observación i th: $(\delta^{(i)} (X^{(i)}X^{(i)})^{-1}) / \det(\delta^2 (X'X)^{-1})$; DFFITS (influencia estándar de la observación del valor predicho), se utilizó como escala de medición del cambio en el valor predicho para la observación i th y se calculó eliminando la observación i th, un valor elevado indica que la observación influye sobre el espacio de X: $y^{\wedge}i - y^{\wedge}(i) / \delta(i) \sqrt{1-h(i)}$; DFBETAS (medición de los cambios en cada uno de los parámetros) se emplearon para medir la influencia de la observación i en cada uno de los coeficientes de regresión: $b_j - b(i)j / \delta(i) \sqrt{(X'X)^{-1}_{jj}}$, donde $(X'X)^{-1}_{jj}$ es el elemento (j,j) th de $(X'X)^{-1}$, altos valores indican observaciones que influyen la estimación de un parámetro determinado; el factor de inflación de la σ^2 se empleó para medir la inflación de las σ^2 debido a las colinealidades existentes entre las variables dependientes y tolerancia $(1-R^2)$, donde R^2 se obtuvo a partir de la regresión de la variable en todos los regresores del modelo, es decir, $1/VIF$.

Una vez realizados los análisis estadísticos anteriores, se emplearon los métodos de estandarización (establecer un valor para la media y la σ^2 de la variable) a través de puntuaciones Z y normalización (modifica los valores para re-expresarlos dentro de un nuevo rango de variabilidad) con rango de 0 a 1, de variables y datos. Posteriormente, el análisis y ajuste de los datos se hizo con dos técnicas:

6.5.1 Procedimiento de regresión lineal múltiple en SAS

Se estimaron los coeficientes de correlación (PROC CORR). Enseguida, se realizó el ajuste del modelo con el procedimiento PROC REG (SAS Institute Inc., 2004), con alfa de $(P \leq 0.05)$ para pruebas de hipótesis ($\beta_1=0$ y $\beta_1 \neq 0$), para cada predictor del modelo, límites de confianza para valores de predicción (\hat{y}_0 y μ_0) e intervalos

de confianza para $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$. Finalmente, se realizaron pruebas de coeficientes de regresión igual a cero en el modelo completo y reducido, así como pruebas de igualdad de coeficientes de regresión del modelo de regresión lineal múltiple (Chatterjee y Hadi, 2006); se utilizó el método STEPWISE para eliminar o incluir variables independientes al modelo (SAS Institute Inc., 2004). Se aceptó un $r^2 \geq 0.40$ para el modelo estimado.

6.5.2 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (ACP) se realizó en el programa SPSS ver. 26, con el método de reducción de dimensiones, análisis factorial y método de componentes principales (CP). Se retuvieron los componentes principales con auto valores (eigenvalue) ≥ 1 , y estadístico de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ≥ 0.50 . Adicionalmente, con la intención de evaluar el comportamiento de las variables postmortem, se obtuvieron componentes principales a través de la misma metodología, sin embargo, con rotación de la carga factorial con el método VARIMAX. Finalmente, los puntajes (scores) de los componentes principales se utilizaron para estimar las ecuaciones de predicción. Se empleó el método de clústeres jerárquicos (método de Ward) sobre componentes principales para clasificar las observaciones de acuerdo con la σ^2 explicada ($n=3$) de los datos de las variables antemortem (Nielsen, 2016).

Se expresó gráficamente a través de un dendograma y de un diagrama de dispersión (Figura 8) con FactoMineR (Le *et al.*, 2008) para R project versión 4.1.0. (R Core Team, 2021), utilizando agrupación en clústeres de particiones con algoritmo de k-medias. Por último, en la regresión con componentes principales se asignaron papeles asimétricos a conjuntos de variables estableciendo una relación funcional entre variables dependientes Y e independientes X, que permite realizar predicciones de las variables del conjunto Y a través de proyecciones ortogonales de las columnas de esa matriz, sobre el subespacio óptimo generado por las columnas de X, en el sentido de los mínimos cuadrados (Guerra, 2019). El modelo matemático fue:

$$Y=X\beta+e$$

Donde:

Y es el vector n-dimensional compuesto por las observaciones de la variable dependiente, X es matrix (n x p) cuyo (i, j)-ésimo elemento representa el valor de la j-ésima variable predictora en la i-ésima observación, β es vector p-dimensional de coeficientes de regresión a estimar y, e es un vector n-dimensional de errores aleatorios, i.i.d. $\sim N(0, \sigma^2 I_n)$. Para ajustar las ecuaciones de regresión se utilizó PROC PLS (SAS Institute Inc., 2004), colocando el método PCR (Regresión de Componentes Principales) con el número de factores ajustado a 3 ($P < 0.05$) y método de selección de variables. Así mismo, se empleó PROC REG con la opción PCOMIT (Omisión de Componentes Principales) ajustada a 5, equivalente a la cantidad de componentes ignorados para las 8 variables antemortem.

6.6. Resultados y discusión

Después de analizar y depurar la base de datos, los estadísticos descriptivos se muestran en el Cuadro 5. Se puede corroborar que la distribución de las observaciones permite su análisis, al contar con una asimetría cercana a 0 y coeficiente de curtosis cercano a la normalidad.

Cuadro 5. Descripción de las características de la canal de ovinos del valle de Toluca, México.

Variables	Rango	Mínimo	Máximo	μ	σ	Asimetría	Curtosis
Pvini, kg	29.50	14.00	43.50	26.28	6.04	0.20	-0.39
Pvfin, kg	32.90	30.00	62.90	44.16	5.93	0.57	0.61
GDP, kg	0.39	0.11	0.50	0.29	0.06	0.51	0.93
GPT, kg	22.00	7.00	29.00	16.94	5.06	0.13	-0.87
CMS, kg	1.49	0.71	2.20	1.33	0.21	0.07	1.53
CA, kg	3.74	3.26	7.00	4.82	0.77	0.56	-0.11
EF, %	0.27	0.11	0.38	0.21	0.04	0.77	1.66
PS, kg	30.90	30.50	61.40	43.39	4.89	0.98	1.87
PCC, kg	16.00	14.00	30.00	21.46	2.37	0.73	2.18

PCF, kg	15.44	12.30	27.74	20.25	2.44	0.45	1.04
CONFS ^a	4.00	1.00	4.00	1.74	0.78	0.41	-0.32
Conf ^b	2.00	1.00	3.00	1.98	0.49	-0.05	1.34
RC. %	19.29	35.10	54.39	46.70	2.88	-0.55	1.55
RV. %	21.17	39.25	60.42	48.54	2.78	0.30	2.99
LC, cm	18.00	57.00	75.00	65.74	3.68	0.14	-0.18
PG, cm	19.00	52.00	71.00	62.14	3.76	0.02	-0.07
AG, cm	10.50	17.00	27.50	21.35	1.78	0.24	0.28
AMT, cm	9.30	19.30	28.60	23.52	1.69	0.46	0.90
LP, cm	16.50	27.50	44.00	36.68	2.61	-0.12	0.54
AP, cm	17.00	31.00	48.00	38.30	3.84	0.20	-0.67
ACH, cm	21.10	8.90	30.00	19.81	3.38	-0.07	1.45
PT, cm	15.50	14.50	30.00	19.32	3.54	1.39	1.11
IC ^c	0.19	0.21	0.40	0.31	0.03	0.32	0.24
Egras, mm	5.40	1.00	6.40	2.81	0.88	0.57	2.46
Geng	4.00	1.00	5.00	2.35	0.86	0.00?	-0.46
Gren ^d	3.00	1.00	4.00	2.06	0.73	0.62	0.63

Pvini=Peso vivo inicial, Pvfin=Peso vivo final, GDP=Ganancia diaria de peso, GPT=Ganancia de peso total, CMS=Consumo de materia seca, CA=Conversión alimenticia, EF=Eficiencia alimenticia, PS=Peso a sacrificio, PCC= Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, RC= Rendimiento comercial, RV=Rendimiento verdadero, LC=Longitud de la canal, PG=Perímetro de la grupa, AG=Ancho de la grupa, AMT=Ancho mayor de tórax, LP=Longitud de pierna, AP=Ancho de pierna, ACH=Área de la chuleta, PT=Profundidad de tórax, IC=Índice de compacidad, Egras=Espesor de la grasa, Geng=Grado de engrasamiento, Gren= Grasa renal, CONFS=Conformación SEUROP, Conf=Conformación mexicana. ^aConformación SEUROP: 1= Insuficiente, 2= Suficiente, 3= Buena, 4= Muy buena, 5=Excelente, 6= Superior; ^bConformación NMX: 1=Deficiente 2=Buena 3=Excelente; ^cÍndice: con relación al peso y longitud de la canal fría; ^dEngrasamiento: 1= débil, 5=muy alto; ^eGrasa renal: 1= Riñones descubiertos, 4= Riñones totalmente cubiertos.

Las correlaciones entre las variables se muestran en el Cuadro 6. Los valores de los coeficientes de correlación de Pearson están representados gráficamente en la Figura 7. Se observó un valor alto del coeficiente de correlación entre las variables de rendimiento; las variables relacionadas a las características morfométricas de la canal tienen una correlación menor entre ellas. Los pesos finales y a la matanza tienen una relación positiva ($r_{xy} \geq 0.65$) con las variables de peso de la canal ($P < 0.01$), similar a lo reportado en ovinos Santa Inés por Batista *et al.* (2021), con correlaciones entre el peso a la matanza, índice de compacidad y perímetro torácico. La mayor correlación negativa ($r_{xy} = -0.77$) se observó entre las variables eficiencia y conversión alimenticia ($P < 0.01$).

Las variables de clasificación de la canal presentaron valores altos ($P < 0.01$) de asociación hasta $r_{xy} = 0.60$, similar a lo que encontraron Costa *et al.* (2020) en corderos de la raza Morada Nova, los cuales reportaron a grasa interna, rendimiento y área del ojo de la chuleta como los mayores coeficientes de correlación ($r_{xy} = 0.50$) entre variables morfométricas y características de la canal; sin embargo, las variables de conformación presentaron menor correlación ($r_{xy} = 0.55$) entre ellas. Por último, se observaron valores bajos en los coeficientes de algunas variables, pero significativos ($p \leq 0.05$).

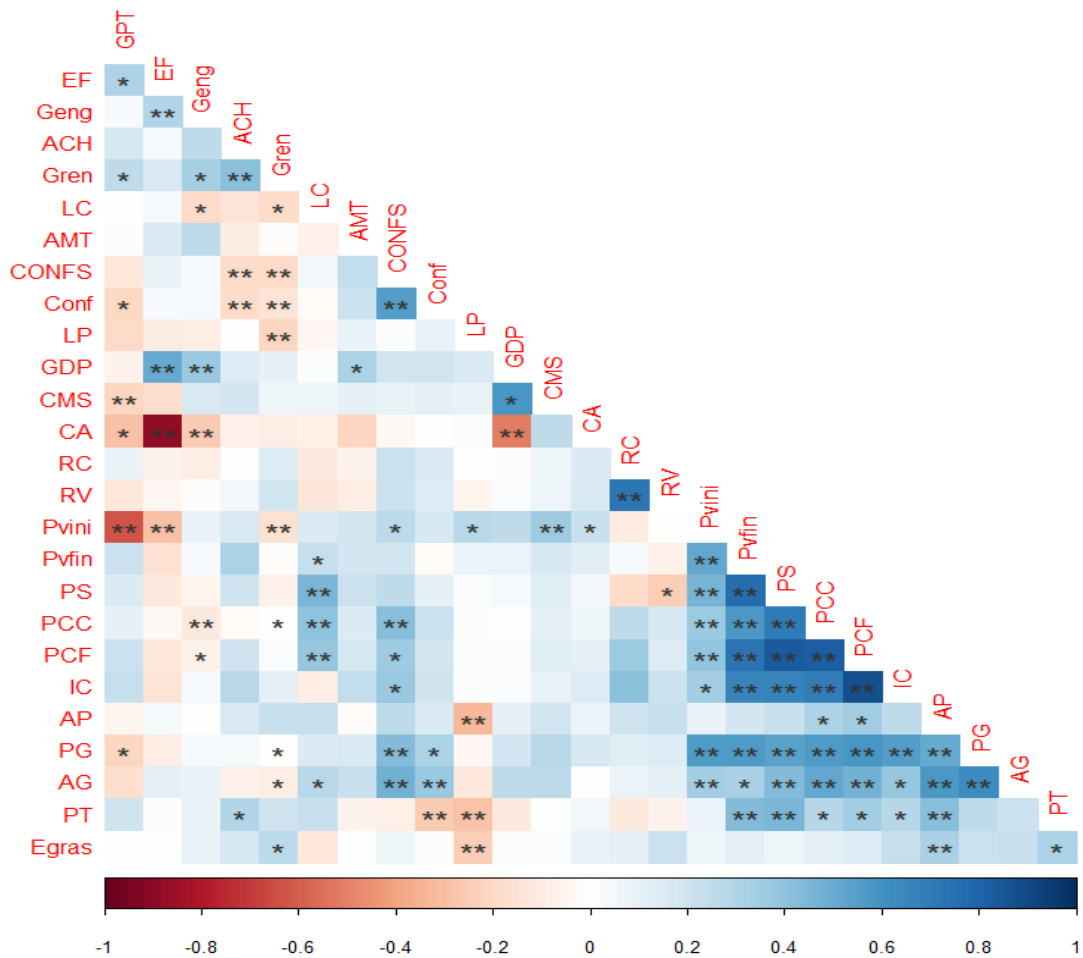


Figura 7. Relación entre las características productivas y la composición de la canal de ovinos ingresados a matanza y faena en establecimientos del valle de Toluca, México.

Pvini=Peso vivo inicial, Pvfin=Peso vivo final, GDP=Ganancia diaria de peso, GPT=Ganancia de peso total, CMS=Consumo de materia seca, CA=Conversión alimenticia, EFA=Eficiencia alimenticia, PS=Peso a sacrificio, PCC= Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, RC= Rendimiento comercial, RV=Rendimiento verdadero, LC=Longitud de la canal, PG=Perímetro de la grupa, AG=Ancho de la grupa, AMT=Ancho mayor de tórax, LP=Longitud de pierna, AP=Ancho de pierna, ACH=Área de la chuleta, PT=Profundidad de tórax, IC=Índice de compacidad, Egras=Espesor de la grasa, Geng=Grado de engrasamiento, Gren= Grasa renal, CONFS=Conformación SEUROP, Conf=Conformación mexicana.

Cuadro 6. Valores de las correlaciones entre las variables dependientes y variables independientes de ovinos bajo sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.

Post mortem	Ante mortem							
	Pvini	Pvfin	GDP	GPT	CMS	CA	EF	PS
PCC, kg	0.39**	0.65**	0.05	0.10	0.14	0.07	-0.03	0.74**
PCF, kg	0.39**	0.80**	0.05	0.23**	0.18*	0.07	-0.11	0.86**
CONFS	0.27**	0.24**	0.20**	-0.13	0.13	-0.03	0.10	0.27**
Conf	0.17*	-0.02	0.20**	-0.21**	0.13	-0.002	0.07	0.09
RC, %	-0.09	0.05	-0.03	0.15*	0.05	0.11	0.02	-0.12
RV, %	0.083	-0.02	0.09	-0.11	0.16*	0.13	-0.01	-0.17*
LC, cm	0.17*	0.26**	0.03	-0.01	0.11	-0.08	0.01	0.46**
PG, cm	0.57**	0.56**	0.20**	-0.22**	0.31**	0.18*	-0.15*	0.54**
AG, cm	0.34**	0.35**	0.29**	-0.19*	0.30**	-0.01	0.09	0.42**
AMT, cm	0.18*	0.27**	0.27**	0.09	0.15	-0.18*	0.19*	0.35**
LP, cm	0.26**	0.04	0.21**	-0.17*	0.15*	-0.005	-0.05	-0.06
AP, cm	0.09	0.24**	0.12	-0.05	0.22**	0.09	-0.03	0.26**
ACH, cm	0.22**	0.25**	0.22**	0.06	0.24**	-0.10	-0.04	0.21**
PT, cm	0.05	0.54**	-0.27**	0.19*	-0.01	0.29**	-0.27**	0.45**

IC	0.34**	.73**	0.05	.25**	0.15	0.11	-0.12	.70**
Egras, mm	0.06	0.16*	0.002	-0.001	0.07	0.09	-0.01	0.12
Geng	0.09	0.01	.36**	0.03	.20**	-.25**	.22**	-0.01
Gren	-0.16*	0.03	0.10	.26**	0.06	-0.10	0.06	-0.05

Pvini=Peso vivo inicial, Pvfin=Peso vivo final, GDP=Ganancia diaria de peso, GPT=Ganancia de peso total, CMS=Consumo de materia seca, CA=Conversión alimenticia, EFA=Eficiencia alimenticia, PS=Peso a sacrificio, PCC= Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, RC= Rendimiento comercial, RV=Rendimiento verdadero, LC=Longitud de la canal, PG=Perímetro de la grupa, AG=Ancho de la grupa, AMT=Ancho mayor de tórax, LP=Longitud de pierna, AP=Ancho de pierna, ACH=Área de la chuleta, PT=Profundidad de tórax, IC=Índice de compacidad, Egras=Espesor de la grasa, Geng=Grado de engrasamiento, Gren= Grasa renal, CONFSE=Conformación SEUROP, Conf=Conformación mexicana. Nivel de significancia: **P<0.01; *P<0.05

6.6.1. Regresión lineal múltiple

El Cuadro 7 enlista las ecuaciones de predicción de todas las variables, sin embargo, sólo las variables peso de la canal caliente, peso de la canal fría, perímetro de grupa, ancho de grupa, profundidad de tórax e índice de compacidad, mostraron coeficientes de determinación superiores a 0.45. Se puede corroborar el efecto entre variables con una relación natural, como es el caso de PCC, la cual emplea la variable independiente PS para lograr su estimación. El PCF puede ser estimado con P_{vfin} y GDP; esta variable es importante en la determinación del precio de venta de la canal, ya que se mide 24 h después de su ingreso a temperatura de refrigeración (0 a 4°C), y su merma por frío previo a la venta ($\mu=7.5\%$) es de alta relevancia (Mondragón *et al.*, 2014). El ajuste ($R^2=0.56$) del IC válida variables de crecimiento (P_{vfin} y PS), y su relación con PCF y variables morfométricas. Similar a esta investigación, para las variables dependientes de peso, Batista *et al.* (2021), reportaron peso a la matanza como variable predictora con $R^2=0.89$; además, al emplear el índice de compacidad y ancho del tórax, como variables dependientes, lograron ecuaciones relacionadas con peso, ganancia de músculo ($R^2>0.90$) y tejido adiposo ($R^2>0.70$).

El coeficiente de Durbin-Watson mostró valores cercanos a 2, lo que indica que hay una baja correlación entre las variables predictoras. Mientras que, el Cp de Mallows de perímetro de la grupa y ancho de pierna, son valores altos con base a la cantidad de predictores, lo que indica que son modelos con menor ajuste y sesgo en comparación con el resto (Cuadros 7 y 8). Costa *et al.* (2020), en condiciones similares a esta investigación, obtuvieron ecuaciones de predicción significativas ($R^2>0.50$; $P<0.01$) para las variables peso a matanza y peso vivo vacío, con un rango de Cp de Mallows de 6.1 a 6.3 para perímetro torácico, ancho de la grupa, ancho de tórax, ancho de pierna, entre otras; así mismo, se reportaron coeficientes de determinación similares a los de esta investigación para las variables peso de la canal caliente y peso de la canal fría ($R^2=0.80$), empleando largo corporal, ancho de tórax, perímetro de la grupa condición

corporal y altura a la cruz, como variables predictoras. Lo anterior indica que hay una explicación de la variabilidad en 64%.

El Cuadro 8 muestra que la estandarización de variables en general no aumenta el R^2 , no obstante, excluye el ancho de grupa. Diversos autores trabajaron con variables productivas y mediciones en animales vivos, Sowande y Sobola (2008), emplearon las variables altura a la cruz, longitud corporal, ancho de la cabeza, largo de la cabeza, circunferencia del lomo, longitud del cuarto trasero y ancho del cuarto trasero para la estimación de peso vivo ($R^2=0.95$) de ovinos enanos africanos occidentales ($n=210$); en ovinos pelibuey ($n=28$). Bautista *et al.* (2017), a través de las variables de condición corporal, rendimientos, profundidad de tórax, longitud de pelvis y circunferencia abdominal, predijeron pesos de la canal caliente ($R^2=0.89$) y fría ($R^2=0.92$), conformación muscular ($R^2=0.93$), grado de engrasamiento ($R^2=0.81$), rendimientos de hueso ($R^2=0.72$), órganos y vísceras ($R^2=0.67$). De igual manera, Costa *et al.* (2020) en ovinos raza Nova ($n=48$) buscaron la predicción de peso de matanza ($R^2=0.80$), peso vivo vacío ($R^2=0.77$), pesos de canal caliente ($R^2=0.80$) y fría ($R^2=0.80$), rendimientos de canal ($R^2=0.51$), con variables biométricas como longitud de canal, altura a la cruz, altura a la grupa, ancho de pierna, ancho de pecho, ancho de grupa, perímetro de la grupa, perímetro torácico, longitud de pierna y condición corporal; así mismo, la predicción de peso de corderos con la altura a la cruz, Aziz y Sharby (1993) citado por Assan *et al.* (2013); sin embargo, es importante considerar la medición de las variables de mayor relevancia en su contribución para encontrar el modelo de predicción que permita adaptarse a las variables dependientes.

Cuadro 7. Ecuaciones desarrolladas a partir de variables antemortem para predecir el rendimiento y características de la canal de ovinos bajo sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.

Variables postmortem	Intercepto	Pvini	Pvfin	GDP	GPT	CMS	CA	EF	PS	R²	C(P)	DW
PCC	5.91								0.36	0.55	9.22	1.72
PCF	1.67		0.11						0.32	0.76	4.59	1.72
CONFS	-0.45			2.22	-0.03				0.05	0.13	14.11	1.59
Conf	1.88			1.48	-0.019					0.08	18.39	1.68
RC	46.65		0.21		.09		0.48		-0.30	0.12	3.87	1.60
RV	50.63			0.17		2.09			-0.28	0.10	4.79	1.71
LC	50.59		-0.27						0.62	0.27	21.45	1.70
PG	48.53		0.42		-0.30					0.46	20.20	1.67
AG	10.25	-0.29	0.22	10.46	-0.38		0.51	12.15	0.17	0.45	7.510	1.70
AMT	16.57			6.83					.011	0.18	4.49	1.68
LP	36.38	0.29			0.17				-0.23	0.15	3.93	1.45
AP	25.91					3.33			0.18	0.10	52.95	0.96
ACH	11.05		0.13	10.81						0.10	15.15	0.76
PT	17.99	-1.03	1.07		-0.94			-13.10		0.66	4.53	1.42
IC	0.10		0.00						0.002	0.56	12.95	1.96
Egras	1.76		0.02							0.03	2.77	2.03
Geng	0.89			5.11						0.13	8.001	1.70

Gren	1.42	0.04	0.07	2.82	0.95
------	------	------	------	------	------

Pvini=Peso vivo inicial, Pvfin=Peso vivo final, GDP=Ganancia diaria de peso, GPT=Ganancia de peso total, CMS=Consumo de materia seca, CA=Conversión alimenticia, EF=Eficiencia alimenticia, PS=Peso a sacrificio, PCC= Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, RC= Rendimiento comercial, RV=Rendimiento verdadero, LC=Longitud de la canal, PG=Perímetro de la grupa, AG=Ancho de la grupa, AMT=Ancho mayor de tórax, LP=Longitud de pierna, AP=Ancho de pierna, ACH=Área de la chuleta, PT=Profundidad de tórax, IC=Índice de compacidad, Egras=Espesor de la grasa, Geng=Grado de engrasamiento, Gren= Grasa renal, CONFS=Conformación SEUROP, Conf=Conformación mexicana.

En investigaciones realizadas por (Mavule *et al.*, 2013; Bautista *et al.*, 2017) en las que se desarrollaron ecuaciones de predicción del PV mediante análisis de RLM, no se consideró a detalle las pruebas de multicolinealidad, y se desconoce si dicho ajuste estuvo o no influenciado por problemas de inflación de la σ^2 , autocorrelación e independencia entre variables. Además, en las investigaciones con reducido número de observaciones se carece de una muestra representativa de la población elegida al azar, por lo que son susceptibles de presentar sesgo, aun con valores de R^2 altos (Ngo *et al.*, 2015).

Cuadro 8. Ecuaciones desarrolladas para predecir el rendimiento y características de la canal, con variables estandarizadas, de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.

Variables	Intercepto	Pvini	Pvfin	GDP	GPT	CMS	CA	EF	PS	R²	C(P)	DW
postmortem												
PCC	0.24		0.29		-0.05				0.27	0.41	6.44	1.65
PCF	0.19		0.50						0.27	0.66	0.07	1.63
CONFS	1.35	0.89								0.05	11.29	1.57
Conf	1.97			-0.08	0.15					0.09	0.92	
RC	10.36		69.45	-0.08	0.15		5.49	26.81	-26.21	0.03	11.76	1.73
RV	10.36		69.45	-0.08	0.15		5.49	26.81	-26.21	0.43	11.76	1.73
LC	0.32								0.40	0.15	26.97	1.83
PG	0.24		0.65		0.07	-0.03				0.43	12.12	1.79
AG	0.17	0.21				-0.04		-0.06		0.23	32.25	1.51
AMT	0.38			-0.47					0.22	0.12	3.98	1.71
LP	0.21	0.13							-0.08	0.06	2.15	1.88
AP	0.32					-0.06			0.25	0.10	30.82	1.00
ACH	0.42		0.22	-0.03						0.10	12.21	0.78
PT	0.20	-1.40	1.70	0.06	0.24	-0.04				0.56	6.42	1.14
IC	0.20		0.62						0.16	0.53	12.63	1.95
Egras	0.18		0.23							0.06	6.82	1.69

Geng	2.34	-0.37	0.14	6.16	1.79
Gren	2.06	-0.24	0.07	2.64	0.94

Pvini=Peso vivo inicial, Pvfin=Peso vivo final, GDP=Ganancia diaria de peso, GPT=Ganancia de peso total, CMS=Consumo de materia seca, CA=Conversión alimenticia, EF=Eficiencia alimenticia, PS=Peso a sacrificio, PCC= Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, RC= Rendimiento comercial, RV=Rendimiento verdadero, LC=Longitud de la canal, PG=Perímetro de la grupa, AG=Ancho de la grupa, AMT=Ancho mayor de tórax, LP=Longitud de pierna, AP=Ancho de pierna, ACH=Área de la chuleta, PT=Profundidad de tórax, IC=Índice de compacidad, Egras=Espesor de la grasa, Geng=Grado de engrasamiento, Gren= Grasa renal, CONFS=Conformación SEUROP, Conf=Conformación mexicana.

Respecto al efecto de la tolerancia y factor de inflación de la σ^2 , las variables perímetro de grupa, ancho de grupa, área de chuleta y profundidad de tórax mostraron valores atribuibles a multicolinealidad (Tol<0.20 y VIF>5.0), lo cual se eliminó al estandarizar (Garson, 2014). Los valores de DFBETAS y DFFITS (Cuadros 9 y 10), con la estandarización disminuyeron los valores atípicos y se obtuvieron valores dentro del rango indicado (Freund *et al.*, 2006). La importancia de estos estadísticos radica en que sus valores elevados evidencian la influencia de las variables independientes sobre el experimento y cuánto pueden cambiar los coeficientes de regresión en unidades de regresión estándar si la observación i ésima es omitida, similar a lo mencionado por Zorrilla *et al.* (2013), que al predecir fuerza de corte reportaron valores menores a 1, lo que indicó que ninguna de las observaciones tuvo mayor influencia sobre los coeficientes de regresión. Por lo tanto, la dispersión de datos y presencia de valores atípicos no influyó sobre la estimación de los modelos de regresión.

Cuadro 9. Diagnóstico de colinealidad de modelos de regresión para variables dependientes de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.

Ŷ	Límites de confianza, 95%	Tol	VIF	DFβ		DFFIT	
				Min	Max	Min	Max
PCC	PS 0.31<b<0.41	1.00	1.00	-0.01	0.01	-0.15	0.22
PCF	PS 0.25<b<0.39	0.29	3.47	-0.01	0.01	-0.22	0.12
	PVFIN 0.05<b<0.16			-0.01	0.01		
CONFS	GDP 0.42<b<4.02	0.99	1.01	-0.20	0.23	-0.05	0.05
	GPT -0.05<b<-0.01	0.96	1.04	-0.01	0.01		
	PS 0.02<b<0.07			-0.01	0.01		
Conf	GDP 0.32<b<2.63	1.00	1.00	-0.12	0.24	-0.03	0.05
	GPT -0.03<b<-0.01			-0.01	0.01		
RC	PVFIN 0.07<b<0.34	0.26	3.87	-0.02	0.02	-0.45	0.31
	GPT 0.01<b<0.2	0.81	1.24	-0.01	0.01		
	CA -0.09<b<1.05	0.86	1.16	-0.11	0.08		
	PS-0.46<b<-0.14	0.28	3.59	-0.03	0.03		
RV	PVFIN 0.04<b<0.3	0.28	3.58	-0.02	0.02	-0.36	0.37

	CMS 0.15<b<4.03	0.94	1.06	-0.2	0.46		
	PS -0.44<b<-0.13	0.29	3.48	-0.04	0.03		
LC	PVFIN -0.42<b<-0.12	0.29	3.47	-0.02	0.02	-0.27	0.23
	PS -0.44<b<0.80			-0.02	0.02		
PG	PVFIN 0.35<b<0.50	0.93	1.08	-0.01	0.01	-0.24	0.15
	GPT -0.38<b<-0.21			-0.01	0.04		
AG	PVINI -0.4<b<-0.17	0.087	11.491	-0.01	0.02	-0.49	0.21
	PVFIN 0.11<b<0.33	0.095	10.499	-0.03	0.01		
	GDP 5.87<b<15.05	0.523	1.911	-0.58	1.27		
	GPT-0.5<b<-0.26	0.112	8.954	-0.01	0.02		
	CA 0.05<b<0.97	0.325	3.074	-0.12	0.04		
	EF 4<b<20.31	0.363	2.755	-2.58	0.70		
	PS 0.08<b<0.25	0.266	3.760	-0.01	0.01		
AMT	GDP 3.06<b<10.60	1.00	1.00	-0.69	0.49	-0.10	0.21
	PS 0.07<b<0.16			-0.01	0.01		
LP	PVINI 0.17<b<0.41	0.26	3.79	-0.03	0.03	0.38	0.18
	GPT 0.04<b<0.29	0.33	3.03	-0.02	0.03		
	PS -0.35<b<-0.12	0.41	2.41	-0.02	0.02		
AP	CMS 0.71<b<5.94	0.97	1.03	-0.41	0.36	-0.39	0.30
	PS 0.07<b<0.30			-0.02	0.02		
ACH	PVFIN 0.05<b<0.21	0.98	1.01	-0.02	0.01	-0.30	0.17

	GDP 2.86<b<18.78			-1.1	1.1		
PT	PVFIN 0.93<b<1.20	0.15	6.55	-0.01	0.01	-0.40	0.19
	PVINI -1.19<b<-0.87	0.10	9.51	-0.01	0.01		
	GPT -1.11<b<-0.77	0.13	7.92	-0.01	0.04		
	EF -21.35<b<-4.85	0.83	1.20	-0.01	0.01		
IC	PS 0.01<b<0.03	0.29	3.47	-0.01	0.01	-0.01	0.01
	PVFIN 0.02<b<0.04			-0.02	0.12		
EGRAS	PVFIN 0.01<b<0.05	1.00	1.00	-0.01	0.01	-0.10	0.12
GENG	GDP 3.13<b<7.1	1.00	1.00	-0.51	0.19	-0.12	0.03
GREN	GPT 0.02<b<0.06	1.00	1.00	-0.01	0.01	-0.03	0.02

PCC= Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, RC= Rendimiento comercial, RV=Rendimiento verdadero, LC=Longitud de la canal, PG=Perímetro de la grupa, AG=Ancho de la grupa, AMT=Ancho mayor de tórax, LP=Longitud de pierna, AP=Ancho de pierna, ACH=Área de la chuleta, PT=Profundidad de tórax, IC=Índice de compacidad, Egras=Espesor de la grasa, Geng=Grado de engrasamiento, Gren= Grasa renal, CONFES=Conformación SEUROP, Conf=Conformación mexicana, Tol=Tolerancia, VIF=Factor de inflación de la σ^2 , $DF\beta$ = diferencia en el valor beta, $DFFIT$ = diferencia en el valor de ajuste.

Cuadro 10. Diagnóstico de colinealidad de modelos de regresión con variables estandarizadas de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.

Variable dependiente	Límites de confianza 95%	Tol	VIF	DF β		DFFIT	
				Min	Max	Min	Max

PCC	PS 0.15<b<0.39	0.53	1.88	-0.40	0.13	-0.01	0.59
	PVFIN 0.16<b<0.42			-0.01	0.31		
PCF	PS 0.17<b<0.37	0.53	1.88	-0.35	0.13	-0.01	0.52
	PVFIN 0.39<b<0.61			-0.01	0.27		
CONFS	PVINI 0.3<b<1.48	1.00	1.00				
Conf	GDP	1.00	1.00	-0.01	0.01	-0.04	0.05
	GPT			-0.02	0.01		
RV	PVFIN 51.84<b<87.06	0.52	1.92	-1.69	1.58	-1.67	0.67
	EF 17.09<b<36.54	0.41	2.44	-0.96	0.75		
	PS -42.21<b<-10.22	0.53	1.88	-1.19	0.96		
	CA 0.93<b<10.05	0.41	2.39	-1.65	0.58		
LC	PS 0.26<B<0.55	1.00	1.00	-0.01	0.25	-0.18	0.02
PG	PVFIN 0.52<b<0.78	0.86	1.16	-0.02	0.01	-0.02	0.01
	GPT 0.05<b<0.10	0.88	1.13	-0.01	0.01		
	CMS-0.59<b<0.01	0.92	1.09	-0.01	0.01		
AG	PVINI 0.11<b<0.30	0.79	1.26	-0.01	0.01	-0.01	0.02
	CMS -0.07<b<-0.02	0.88	1.13	-0.01	0.01		
	EF -0.11<b<-0.01	0.89	1.12	-0.01	0.01		
AMT	GDP -0.76<b<-0.19	1.00	1.00	-0.01	0.01	-0.01	0.14
	PS 0.09<b<0.34			-0.01	0.01		
LP	PVINI 0.05<b<0.20	0.8	1.25	-0.01	0.04	-0.05	0.02

	PS -0.16<b<-0.01			-0.02	0.04		
AP	CMS -0.10<b<-0.02	0.98	1.02	-0.01	0.01	-0.02	0.15
	PS 0.08<b<0.41			-0.1	0.02		
ACH	PVFIN 0.09<b<0.35	0.99	1.01	-0.03	0.01	-0.01	0.01
	GDP -0.06<b<-0.01			-0.01	0.01		
PT	PVFIN 1.40<b<2.01	0.17	5.77	-0.05	0.03	-0.02	0.02
	GDP 0.02<b<0.10	0.48	2.08	-0.01	0.01		
	PVINI -1.76<b<-1.04	0.11	9.20	-0.04	0.07		
	GPT 0.17<b<0.31	0.14	7.36	-0.02	0.01		
	CMS -0.08<b<-0.01	0.51	1.96	-0.01	0.01		
IC	PS 0.02<b<0.29	0.53	1.88	-0.16	0.01	-0.01	0.23
	PVFIN 0.47<b<0.76			-0.02	0.12		
EGRAS	PVFIN 0.1<b<0.37	1.00	1.00	-0.03	0.05	-0.01	0.03
GRAENG	GDP -0.51<b<-0.24	1.00	1.00	-0.01	0.02	-0.05	0.03
GRAREN	GPT -0.37<b<-0.11	1.00	1.00	-0.01	0.02	-0.03	0.02

PCC= Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, RC= Rendimiento comercial, RV=Rendimiento verdadero, LC=Longitud de la canal, PG=Perímetro de la grupa, AG=Ancho de la grupa, AMT=Ancho mayor de tórax, LP=Longitud de pierna, AP=Ancho de pierna, ACH=Área de la chuleta, PT=Profundidad de tórax, IC=Índice de compacidad, Egras=Espesor de la grasa, Geng=Grado de engrasamiento, CONFES=Conformación SEUROP, Conf=Conformación mexicana, Tol=Tolerancia, VIF=Factor de inflación de la σ^2 , $DF\beta$ = diferencia en el valor beta, $DFFIT$ = diferencia en el valor de ajuste.

En el ajuste de ecuaciones de predicción se ha reportado que, en un grupo reducido de 24 ovinos Pelibuey con peso vivo de 28.90 a 59.80 kg y coeficientes de variación $\geq 20\%$, se estimaron ecuaciones ($R^2 \geq 0.72$) de predicción para PVV y peso vivo al sacrificio a través de mediciones biométricas (altura a la cruz, altura a la grupa, circunferencia de tórax, circunferencia de abdomen) realizadas un día previo a la matanza, las ecuaciones presentaron errores cuadráticos medios (ECM) desde 6.78 y hasta 20.45, los ECM con valores ≥ 8.14 (kg) DE (desviación estándar de la variable dependiente) demuestran un menor ajuste. Del mismo modo, la ecuación ajustada ($R^2 \geq 0.72$) para el PCF con circunferencia de abdomen como regresor, presentó el mismo comportamiento para el ECM y la DE (Bautista et al., 2017); no obstante, el grado de ajuste fue similar a lo encontrado en esta investigación. La estimación del PV en borregos jóvenes Rampur-Bushair a partir de medidas corporales obtuvo el ajuste dos ecuaciones a partir de dos predictores: circunferencia de tórax y longitud de cuerpo con $R^2 \geq 0.61$; mientras que en borregos adultos se obtuvieron 3 ecuaciones de predicción con circunferencia de tórax, altura a la cruz y longitud de cuerpo como regresores y $R^2 \geq 0.46$ (Sankhyan *et al.*, 2018), en ambos casos la variable circunferencia de tórax fue la de mayor poder predictivo. Bello *et al.* (2016), observaron en variables productivas de ovinos enanos West African, ajuste de la ecuación de predicción para PT un $R^2=0.63$. Sin embargo, cuando el objetivo de la estimación de las ecuaciones de regresión es estrictamente la predicción y no la relación causal con las variables regresoras, se aceptan salvedades en el cumplimiento de los supuestos de la RLM (Garson, 2014).

6.6.2. Análisis de componentes principales

Referente a las variables antemortem, se obtuvieron tres componentes principales (Cuadro 11) con autovalor inicial ≥ 1.0 , los cuales explicaron 82.78% de la σ^2 total, con heterocedasticidad (Bartlett) de $P < .001$, y KMO (Keiser-Meyer- Olkin) = 0.53 (Cuadro 13). El primer componente (Dim1) explicó 33.90% de la σ^2 y fue nombrado Peso. Por la magnitud de sus puntajes y medias (Cuadro 11), este grupo se caracterizó por tener los menores pesos iniciales y finales de corderos en

el periodo de engorda, así como menor consumo de alimento y CA, sin embargo, mayor eficiencia de su utilización (EF). El PS es mayor al valor reportado en la misma región geográfica (41.57 kg) (SIAP, 2020).

El segundo componente (Dim2) explicó 27.72% de la σ^2 y fue denominado Eficiencia, por contener variables GDP, CA y EF con puntajes altos. Este grupo se caracterizó por animales más eficientes en la transformación del alimento, pero con Pvini alto, que evidencio efecto de crecimiento compensatorio y llenado de la canal para animales grandes. En condiciones similares, Mendoza *et al.* (2007) obtuvieron GDP de 240 g y conversión alimenticia de 4.9 kg, en contraste con los valores de 350 g para GDP y 4.48 kg obtenidos en esta investigación. El tercer CP (Dim3) explicó 21.20% de la σ^2 y fue nombrado Incremento de peso, debido a su relación con P_{fin}, GPT, PS, GDP y EF. Este último CP se caracterizó por ser un grupo de animales con pesos iniciales y finales altos, con menor eficiencia en crecimiento y transformación del alimento.

En contraste con otras investigaciones, se observó que en un grupo de 48 corderos raza Morada Nova, se obtuvieron 5 componentes que explicaron 80.43% de la σ^2 de las características relacionadas con crecimiento, rendimiento y morfometría de la canal (Guedes *et al.*, 2018). De acuerdo con Santos (2011), tras investigar en caprinos de raza Anglonubia, afirmó que las variables de crecimiento como ancho de cadera, perímetro de cadera e índice de compacidad de la pierna influyen en la calidad de carne ($P < 0.05$); así mismo, Borges *et al.* (2018) con 28 cabras raza Anglonubia obtuvieron dos componentes principales de variables ante mortem, que explicaron 78% de la σ^2 con un autovalor > 1 , el primer componente conjuntó las variables biométricas de longitud (largo corporal, circunferencia de tórax, altura a la cruz y altura de la grupa), y el segundo, ancho de tórax y ancho de grupa; estos autores concluyeron que las características de los animales agrupados en el segundo componente son deseables para la industria. En un estudio similar al nuestro, el ajuste con RLM y RCP del PV a partir de la estructura morfológica de ovinos Zulu, evidenció que el perímetro torácico y altura a la cruz fueron los regresores de mayor importancia para las ecuaciones de variables originales ($R^2 \geq 0.77$), mientras que, con el ajuste de ecuaciones de predicción ($R^2 \geq$

0.69) a partir de cargas factoriales descritos por planos anatómicos, fueron suficientes 2 CP (CP1, conformación torácica; CP2, conformación caudal) para animales jóvenes y 4 CP (CP1, conformación torácica ; CP2, conformación pierna; CP3, conformación de cabeza; CP4, plano caudal-palmar) para animales adultos con explicación de $\sigma^2 \geq 66.85\%$ (Mavule *et al.*, 2013). En el caso de esta investigación, se puede mencionar al primer componente como el de mayor interés para la matanza, debido a que cuenta con el mejor peso al finalizar la engorda en sistema intensivo.

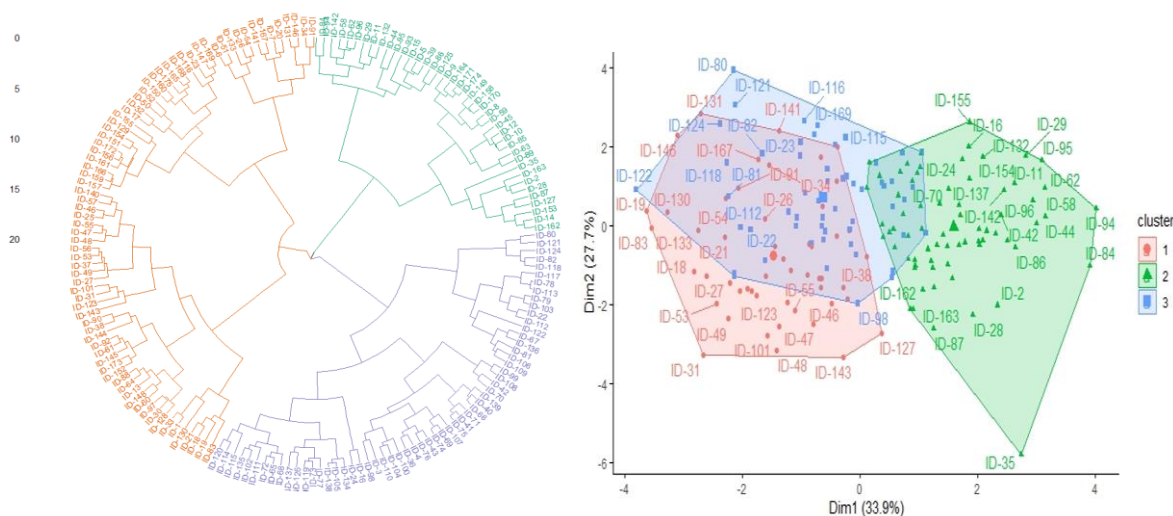


Figura 8. Clústeres jerárquicos sobre componentes principales de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.

El análisis de clústeres jerárquicos sobre componentes principales mostró la clasificación de los corderos en 3 clústeres (Figura 8). El primer grupo está conformado por 73 observaciones, caracterizado por P_{fin} (20.75 kg), P_{fin} (40.85 kg), P_S (41.09 kg) y CA (4.48 kg), que resultaron inferiores a las medias generales de los 3 grupos con 26.25 kg, 43.81 kg, 43.12 kg y 4.82 kg, respectivamente. El segundo clúster se conformó de 43 observaciones, donde los animales se caracterizaron por ser mayores que sus respectivas medias generales GDP (345.84 > 286.15 g d⁻¹), CMS (1.49 > 1.33 kg), P_{vini} (29.97 > 26.25 kg) y EF (21.71 > 20.85 %). El tercer clúster clasificó 59 registros de ovinos por sus medias mayores en P_{vini} (29.82 > 26.25 kg), P_{fin} (48.35 > 43.81 kg), P_S (46.47 > 43.12

kg), CA (5.43 > 4.82), pero menores en GDP (244 < 286 g d⁻¹) y EF (17.73 < 20.85). La distribución de las observaciones y su contribución a la σ^2 se observa en la Figura 9, en la cual se muestra gráficamente que cuanto más alejadas del origen estén mayor será su aporte a la σ^2 en cada CP, además cuanto más cercanos estén los vectores la r será mayor.

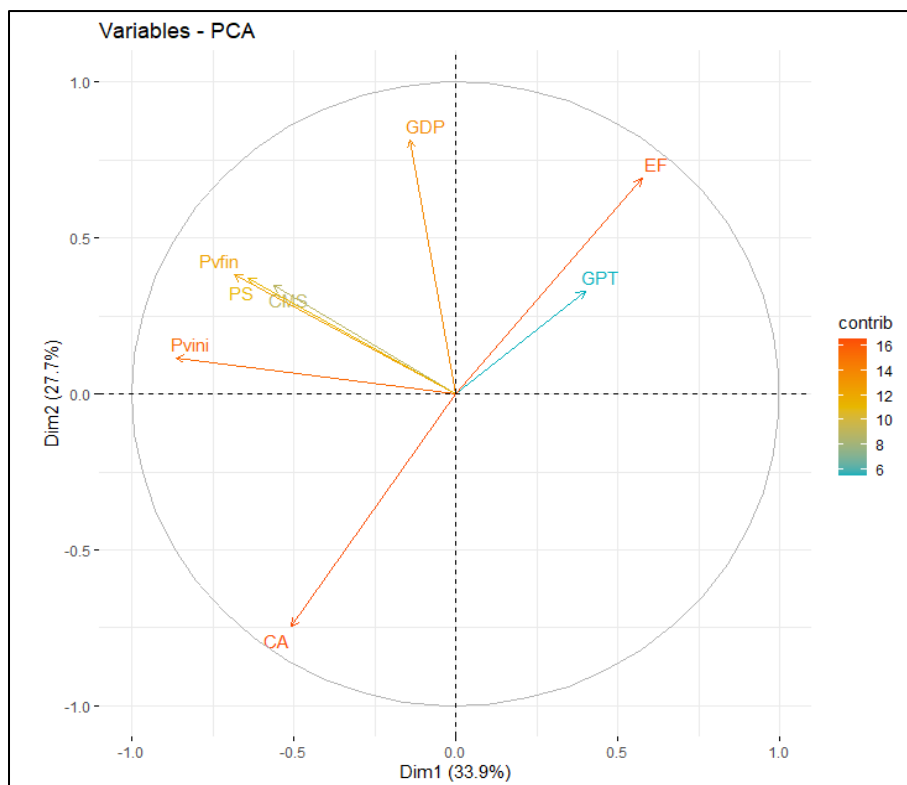


Figura 9. Contribución de las variables ante mortem a la σ^2 explicada por los componentes principales de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México. Pvini= peso vivo inicial, Pvfin= peso vivo final, GDP= ganancia diaria de peso, GPT= ganancia de peso total, CMS= consumo de materia seca, CA= conversión alimenticia, EF= eficiencia alimenticia. Dim1=componente principal 1, Dim2= componente principal 2.

Cuadro 11. Análisis de componentes principales, Peso, Eficiencia e incremento de peso, a partir de variables productivas de crecimiento de ovinos en engorda intensiva faenados en establecimientos de matanza del Valle de Toluca, México.

Matriz de componentes principales							
Dim1 - Peso							
Variable	Puntaje	v.test	μ - clúster	DE- μ - clúster	μ - general	DE- μ - general	$P <$
Pvini	0.78	-5.94	40.85	4.03	43.82	5.37	0.01
Pvfin	0.57	-9.89	20.78	3.25	26.25	5.96	0.01
GDP	-0.10	-2.59	0.27	0.04	0.29	0.06	0.01
GPT	-0.47	6.73	20.09	4.55	16.94	5.04	0.01
CMS	0.46	-5.96	1.23	0.16	1.33	0.19	0.01
CA	0.72	-4.78	4.48	0.63	4.82	0.76	0.01
EF	-0.75	5.11	0.22	0.03	0.21	0.03	0.01
PS	0.52	-5.43	41.10	2.96	43.12	4.01	0.01
Dim2 – Eficiencia							
Pvini	0.38	5.43	29.97	3.87	26.25	5.96	0.010
Pvfin	0.47	NS	NS	NS	NS	NS	NS
GDP	0.84	9.10	0.35	0.04	0.29	0.06	0.01
GPT	0.12	-6.27	13.30	3.49	16.94	5.04	0.01
CMS	0.42	7.67	1.50	0.14	1.33	0.19	0.01
CA	-0.60	NS	NS	NS	NS	NS	NS
EF	0.57	2.15	0.22	0.03	0.21	0.03	0.03

PS	0.47	NS	NS	NS	NS	NS	NS
			Dim3 - Incremento de peso				
Pvini	-0.20	5.14	29.82	4.78	26.25	5.96	0.01
Pvfin	0.59	7.25	48.35	4.57	43.82	5.37	0.01
GDP	-0.45	-6.37	0.24	0.04	0.29	0.06	0.01
GPT	0.71	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CMS	-0.45	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CA	-0.01	6.91	5.43	0.71	4.82	0.76	0.01
EF	-0.02	-7.63	0.18	0.03	0.21	0.03	0.01
PS	0.59	7.17	46.47	3.57	43.12	4.01	0.01

Pvini= peso vivo inicial, Pvfin= peso vivo final, GDP= ganancia diaria de peso, GPT= ganancia de peso total, CMS= consumo de materia seca, CA= conversión alimenticia, EF= eficiencia alimenticia. Dim1=componente principal 1, Dim2= componente principal 2, Dim3= componente principal 3.

2.6.3. Análisis de componentes principales de las variables postmortem

En cuanto a las variables post mortem, el CP1 explicó 19.871% de la σ^2 total, se encuentra conformado por las variables de peso de la canal, índice de compacidad, perímetro de grupa y longitud de canal. La media del peso de la canal caliente se ubicó en 21.46 ± 2.37 kg, cercana a 22.35 kg, obtenida por Partida *et al.* (2013); en cuanto al peso de la canal fría el valor fue 20.25 ± 2.44 kg, en comparación con el valor de 22.8 ± 3.3 kg, obtenido por Partida *et al.* (2017). El índice de compacidad tuvo un valor promedio de 0.31 ± 0.03 , menor en comparación con trabajos realizados por Hernández *et al.* (2013) y Partida *et al.* (2017), lo que indica que las canales requieren de un mayor peso de la canal caliente o una menor longitud de la canal para mejorar el índice de compacidad y conformación. La longitud de la canal y perímetro de la grupa arrojaron promedios de 65.74 ± 3.67 y 62.14 ± 3.75 cm. Los ovinos en este componente poseen canales compactas, con los mayores pesos, pero con menor grado de engrasamiento que el resto de las dimensiones.

El segundo componente denominado Conformación, por las variables contempladas explicó 13.79% de la σ^2 total, se encuentra conformado por las variables conformación NMX, conformación SEUROP y ancho de grupa, con medias de 1.99 ± 0.49 , 1.74 ± 0.778 y 21.43 ± 2.02 cm, respectivamente. La conformación fue clasificada de acuerdo con los esquemas de la Norma Mexicana FF-106-SCFI-2006 y del Parlamento Europeo (2013), lo que indica, en su mayoría, canales clasificadas como buenas. El ancho mayor de tórax obtuvo un valor promedio de 23.52 ± 1.68 cm, y sirve como guía para los sistemas de clasificación basados en la conformación, en los que las medidas zoométricas son referencias (United States Standards for Grades of Lamb, Yearling Mutton, and Mutton Carcasses, 1992). Las canales agrupadas son las que tienen mejores conformaciones, pero con piernas y profundidad de tórax reducido, así mismo, la grasa renal está disminuida, en comparación con el resto de las dimensiones.

El tercer componente fue nombrado Rendimiento, explicó 12.036% de la σ^2 total, contempla las variables rendimiento comercial y verdadero, con valores promedio

de 46.7 ± 2.88 y $48.65 \pm 3.16\%$, medidas cercanas a $50 \pm 2.09\%$ indicado por Partida *et al.* (2013). Las canales de los ovinos agrupados en este componente tuvieron menor longitud, en comparación con el resto. El cuarto componente, denominado Comercial, explicó 9.66% de la σ^2 total y contempla las variables longitud de pierna, con una media de 36.86 ± 3.56 cm, por debajo de 38.1 ± 4.9 obtenido bajo condiciones similares por Partida *et al.* (2017); ancho de pierna con media de 38.30 ± 3.84 cm, el espesor de la grasa con valor promedio de 2.66 ± 1.68 mm; y el perímetro interno de tórax, con media de 19.31 ± 3.54 cm, muy por debajo de los 26.5 ± 4.8 cm obtenidos por Partida *et al.* (2017). Los ovinos de esta dimensión presentaron los mejores valores morfométricos, en contraste, tuvieron la menor longitud de la canal.

El quinto componente fue nombrado Clasificación, este manifestó 11.431% de la σ^2 total, abarca las variables de área de ojo de chuleta, grasa de riñón y grado de engrasamiento. La primera está relacionada directamente con la calidad de la carne, ya que es donde se determina la grasa intramuscular o de marmoleo, color y alteraciones como el corte oscuro, su valor medio fue 19.81 ± 3.38 cm, superior a 14.8 ± 3.8 cm obtenido por Partida *et al.* (2017). La grasa renal tuvo un valor promedio de 2.06 ± 0.73 mm, este parámetro interviene en la clasificación de la canal, con base en la norma NMX-FF-106-SCFI-2006. Respecto al grado de engrasamiento, de acuerdo con los 5 niveles del esquema europeo, se obtuvo un valor promedio de 2.35 ± 0.86 , donde 1 es no graso y 5 muy graso, es decir, en su mayoría las canales presentaron un grado de engrasamiento entre ligero y medio. A pesar de las bondades relacionadas a la clasificación, las conformaciones en este componente son las más bajas de todas las dimensiones.

La distribución de las observaciones y su contribución a la explicación de la σ^2 del conjunto de datos está representada en la Figura 10, además muestra las correlaciones de manera gráfica. Borges *et al.* (2018) evaluaron modelos de predicción de las características de las canales de caprinos a través de cinco componentes principales que explicaron 83.6% de la σ^2 . Los componentes 1 y 2 abarcaron canales con mayor longitud y mejores conformaciones debido al incremento en la suplementación del alimento, es decir, la primera dimensión

contempló las variables de peso a la matanza, longitud externa e interna de la canal, circunferencia torácica, circunferencia de la grupa e índice de compacidad, mientras que la segunda condición corporal e índice de compacidad de la pierna. Santos (2011) hace referencia a la importancia de considerar época y condiciones de alimentación sobre el engrasamiento y conformación de la canal. En este caso, se observó que los componentes 1 y 5 son los de mayor interés productivo y comercial.

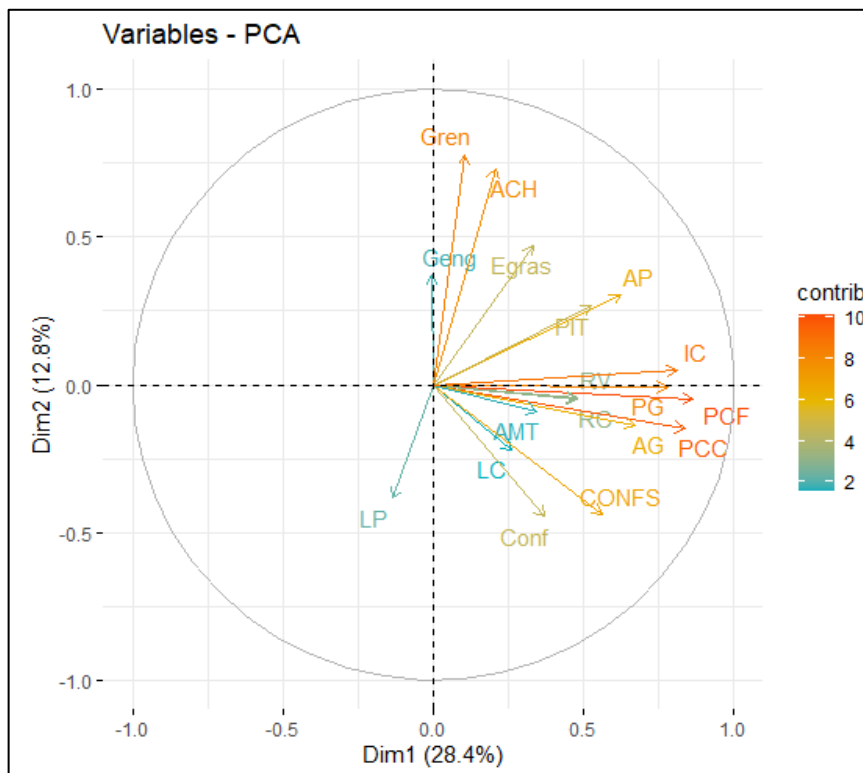


Figura 10. Contribución de las variables post mortem a la σ^2 explicada por los componentes principales de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México. PCC= Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, RC= Rendimiento comercial, RV=Rendimiento verdadero, LC=Longitud de la canal, PG=Perímetro de la grupa, AG=Ancho de la grupa, AMT=Ancho mayor de tórax, LP=Longitud de pierna, AP=Ancho de pierna, ACH=Área de la chuleta, PT=Profundidad de tórax, IC=Índice de compacidad, Egras=Espesor de la grasa, Geng=Grado de engrasamiento, Gren= Grasa renal, CONFS=Conformación SEUROP, Conf=Conformación mexicana.

Cuadro 12. Análisis de componentes principales de variables productivas de crecimiento de ovinos en engorda intensiva faenados en establecimientos de matanza del valle de Toluca, México.

Variables	Componente				
	Peso y morfometría (CP1)	Conformación (CP2)	Rendimiento (CP3)	Comercial (CP4)	Clasificación (CP5)
Egras 10 ^a C, mm	0.01	0.04	0.18	0.63	0.25
Geng	-0.17	0.31	-0.17	-0.04	0.72
Gren	-0.02	-0.23	0.19	0.24	0.75
PT, cm	0.56	-0.25	0.03	0.58	-0.14
IC	0.72	0.23	0.39	0.05	0.24
ACh, cm	0.23	-0.24	0.01	0.18	0.74
AP, cm	0.33	0.19	0.07	0.74	0.05
LP, cm	0.08	0.02	0.12	-0.67	-0.05
PCC, kg	0.84	0.25	0.23	0.04	0.001
PCF, kg	0.92	0.17	0.19	0.06	0.08
CONFS	0.19	0.74	0.24	0.10	-0.18
Conf	0.003	0.78	0.18	-0.03	-0.09
RC, %	0.23	0.02	0.87	0.003	-0.03
RV, %	0.12	0.17	0.88	0.05	0.03
LC, cm	0.57	-0.07	-0.35	0.02	-0.32
PG, cm	0.55	0.43	0.13	0.37	0.06

AG, cm	0.42	0.58	-0.08	0.38	-0.04
AMT, cm	0.26	0.56	-0.22	-0.13	0.33

CP1= Componente principal 1, CP2= Componente principal 2, CP3= Componente principal 3, CP4= Componente principal 4, CP5= Componente principal 5. Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

PCC= Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, RC= Rendimiento comercial, RV=Rendimiento verdadero, LC=Longitud de la canal, PG=Perímetro de la grupa, AG=Ancho de la grupa, AMT=Ancho mayor de tórax, LP=Longitud de pierna, AP=Ancho de pierna, ACH=Área de la chuleta, PT=Profundidad de tórax, IC=Índice de compacidad, Egras=Espesor de la grasa, Geng=Grado de engrasamiento, Gren= Grasa renal, CONFES=Conformación SEUROP, Conf=Conformación mexicana

El índice de KMO indica la adecuación de los datos, es decir, qué tan apropiado es aplicar el análisis de componentes principales. El índice de las variables antemortem es considerado medianamente apropiado al estar cercano a 0.50, mientras que el índice post mortem muestra que el análisis de componentes principales es conveniente (Cuadro 13).

Cuadro 13. Pruebas de evaluación de la correlación de las variables y de homogeneidad de las σ^2 para la implementación de análisis factorial.

	Antemortem	Postmortem
KMO	0.53	0.65
Chi-cuadrado	1241.17	2223.80
gl	28	153
P<	0.001	0.001

KMO=Kaiser-Meyer-Olkin. Bartlett contempla las pruebas de Chi cuadrado, gl=grados de libertad. P=significancia.

Finalmente, se obtuvieron cinco modelos de regresión con coeficiente de determinación R^2 entre 0.37 y 0.72, para las variables PCC, PCF, PG, PT e IC (Cuadro 13), expresadas en los puntajes de los componentes principales. El método PLS ajustó los puntajes de los componentes principales y expresó las ecuaciones en variables originales, se observó un aumento en el R^2 de cada ecuación (Cuadro 14). En comparación con otros estudios, Jones y Tatum (1994) con 240 canales de bovino obtuvieron ecuaciones de regresión para la variable fuerza de corte, terneza y cantidad de tejido conectivo, a través de las variables predictoras marmoleo y pH, sin embargo, el coeficiente de determinación fue bajo ($R^2=0.11$). Jerez *et al.* (2013) con 331 canales de bovinos cruza de raza Brahman alcanzaron valores de $R^2>0.88$ en la predicción de fuerza de corte, con las variables independientes peso de la canal caliente, grado de engrasamiento, espesor de la grasa en la 12^a costilla y madurez ósea. La estimación de ecuaciones de predicción a partir de CP aprovechó el agrupamiento de combinaciones lineales de variables originales correlacionadas, y les asignó una carga factorial que se correspondió con la contribución a la explicación de la σ^2 .

Este método evitó problemas de multicolinealidad, ya que los CP estimados no son correlacionados, de tal manera que los puntajes factoriales de los CP pueden ser usados para predecir variables de rendimiento de forma más precisa que las variables originales (Okpeku *et al.*, 2011), y con ello, reducir el error de regresión relativo (Sabharwal y Anjum, 2016). El objetivo de esta carga factorial no es explicar una relación causal de las variables agrupadas sobre el fenómeno de estudio (Garson, 2018), sino hacer un mayor ajuste de los regresores de la ecuación de predicción.

Cuadro 14. Ecuaciones de predicción de componentes principales para variables post mortem de ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.

Variable	Ecuación ($y = x\beta + u$)	R ²	P<
PCC, kg	21.457 + 1.183(puntaje del factor 1) + 0.977(puntaje del factor 3) + 0.660 (puntaje del factor 2)	0.49	0.001
PCF, kg	20.247 + 1.395(puntaje del factor 1) + 1.339(puntaje del factor 3) + 0.792 (puntaje del factor 2)	0.73	0.001
CONFS	1.743 (intercepto) + 0.187(puntaje del factor 1) + 0.169(puntaje del factor 2)	0.10	0.001
Conf	1.983 (intercepto) - 0.090 (puntaje del factor 3)	0.03	0.001
RV, %	48.536 (intercepto) - 0.538 (puntaje del factor 3)	0.04	0.01
LC, cm	65.741 (intercepto) + 0.88(puntaje del factor 1) + 0.687(puntaje del factor 2) + 0.662 (puntaje del factor 3)	0.12	0.001
PG, cm	62.137 (intercepto) + 2.347(puntaje del factor 1) + 0.743(puntaje del factor 2)	0.43	0.001
AG, cm	21.354 (intercepto) + 0.681(puntaje del factor 1) + 0.542(puntaje del factor 2)	0.24	0.001

AMT, cm	23.520 (intercepto) + 0.624(puntaje del factor 2) + 0.284(puntaje del factor 1)	0.16	0.017
LP, cm	36.676 (intercepto) – 0.565(puntaje del factor 3) + 0.405 (puntaje del factor 1)	0.07	0.001
AP, cm	38.303 (intercepto) + 0.913(puntaje del factor 1)	0.06	0.002
ACH, cm	19.809 (intercepto) + 0.810(puntaje del factor 2) + 0.747(puntaje del factor 1)	0.11	0.001
PT, cm	19.315 (intercepto) + 1.796(puntaje del factor 3) + 1.148(puntaje del factor 1)	0.36	0.003
IC	0.308 (intercepto) + 0.017(puntaje del factor 1) + 0.009 (puntaje del factor 2)	0.56	0.001
Gren	2.354 (intercepto) + 0.282(puntaje del factor 2) - 0.152 (puntaje del factor 3)	0.14	0.003

R^2 = coeficiente de determinación. P = probabilidad.

PCC= Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, RV=Rendimiento verdadero, LC=Longitud de la canal, PG=Perímetro de la grupa, AG=Ancho de la grupa, AMT=Ancho mayor de tórax, LP=Longitud de pierna, AP=Ancho de pierna, ACH=Área de la chuleta, PT=Profundidad de tórax, IC=Índice de compacidad, Gren= Grasa renal, CONFES=Conformación SEUROP, Conf=Conformación mexicana.

En esta investigación 3 CP fueron suficientes para explicar más del 80% de la σ^2 a partir de 8 variables postmortem; se ha reportado que entre menor sea el número de variables ortogonales utilizadas en la regresión, la estimación de las ecuaciones de predicción es más precisa (Artigue y Smith, 2019). Resultados similares a los encontrados en la presente investigación fueron obtenidos con el análisis de CP sobre un grupo de 48 corderos raza Morada Nova, se obtuvieron 5 CP que explicaron 80.43% de la σ^2 de las características relacionadas con crecimiento, rendimiento y morfometría de la canal (Guedes *et al.*, 2018). En corderos (n=299) cruza de ovejas Santa Inês con cinco razas paternas se

observaron dos grupos de variables auto correlacionadas, referentes al rendimiento y características de la canal con explicación de $\sigma^2 \geq 56.55\%$ (do Prado Paim *et al.*, 2013).

Cuadro 15. Ecuaciones de predicción de componentes principales expresadas en variables originales post mortem para ovinos provenientes de sistemas de producción con alimentación intensiva en el valle de Toluca, México.

Variable	Ecuación	R ²	P<
PCC	= 0.096(CA) + 16.16(EF) + 0.33(PS)	0.58	0.05
PCF	= 0.09(Pvfin) + 0.34(PS)	0.77	0.05
PG	= 31.05 - 0.21(Pvini) + 0.41(Pvfin) + 31.94(GDP) - 0.44(GPT) - 5.11(CMS) + 2.3(CA) + 14.74(EF) + 0.22(PS)	0.53	0.05
PT	= 21.71 - 1.01(Pvlni) - 1.09(Pvfin) - 14.48(GDP) - 0.95(GPT) - 11.40(EF)	0.67	0.05
IC	= 0.20(GDP) + 0.002(GPT) - 0.05(CMS) + 0.02(CA) + 0.003(PS)	0.60	0.05

Pvini= Peso vivo inicial, Pvfin= Peso vivo final, GDP= Ganancia diaria de peso, GPT= Ganancia de peso total, CA= Conversión alimenticia, EF= Eficiencia alimenticia, PS= Peso al sacrificio, PCC=Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, PG=Perímetro de la grupa, PT= Profundidad del tórax, IC=Índice de compacidad.

En estudios realizados en bovinos (Jones y Tatum, 1994; Jerez *et al.*, 2013) y ovinos (Mavule *et al.*, 2013), el análisis de RCP es una alternativa de predicción a la de mínimos cuadrados ordinarios. Este método se ha implementado sobre la estimación del PV a través de características zoométricas in vivo, en grupos homogéneos y reducidos de corderos. Pero es poco empleado en el ajuste de ecuaciones de predicción en el área de calidad de canales de ovinos. En la medición corporal de cabras Katjang, la RCP consideró 3 CP ($\sigma^2 \geq 64.89\%$, caracterizados por la magnitud de sus cargas factoriales CP1 (longitud de cuerpo,

profundidad de tórax y perímetro de tórax), CP2 (longitud y ancho de oreja), CP3 (ancho de cara, ancho de tórax), los cuales ajustaron 5 ecuaciones de predicción del PV ($R^2 \geq 0.52 \leq 0.63$). Mientras que, cuando se consideró el ajuste a partir de índices corporales, se observaron 4 CP: CP1 (índice de conformación y desarrollo torácico), CP2 (índice de longitud e índice corporal), CP3 (índice de profundidad, índice de profundidad de tórax relativo e índice de área), CP4 (índice de tórax dactilar, índice relativo de grosor de caña), que ajustaron ($R^2 \geq 0.39 \leq 0.72$) 7 ecuaciones de predicción del PV (Putra y Ilham, 2019), en ambos casos el CP1 fue el de mayor importancia en la explicación de la variabilidad de las medidas corporales. En otro estudio similar al de la presente investigación, el ajuste con RLM y RCP del PV, a partir de la estructura morfológica de ovinos Zulu, evidenció que el perímetro torácico y altura a la cruz fueron los regresores de mayor importancia para las ecuaciones de variables originales ($R^2 \geq 0.77$), mientras que, con el ajuste de ecuaciones de predicción ($R^2 \geq 0.69$), a partir de cargas factoriales descritas por planos anatómicos, fueron suficientes 2 CP (CP1, conformación torácica; CP2, conformación caudal) para animales jóvenes y 4 CP (CP1, conformación torácica ; CP2, conformación de pierna; CP3, conformación de cabeza; CP4, plano caudal-palmar) para animales adultos, con explicación de $\sigma^2 \geq 66.85\%$ (Mavule *et al.*, 2013). La estimación del PV en borregos jóvenes Rampur-Bushair a partir de CP de medidas corporales obtuvo el ajuste una ecuación con CP1 (conformación torácica y longitud corporal) como regresor y $R^2 \geq 0.76$; mientras que en borregos adultos se obtuvieron 2 ecuaciones de predicción ($R^2 \geq 0.58$) con CP1 y CP2 (tamaño de oreja) como regresores, respectivamente (Sankhyan *et al.*, 2018), en ambos casos CP1 fue la de mayor poder predictivo.

6.7. Conclusiones

Este trabajo presenta modelos de predicción de las características de la canal para la implementación de sistemas de clasificación. El método de regresión lineal múltiple permitió obtener una mayor cantidad de ecuaciones de predicción, sin embargo, estas estuvieron influidas por problemas de multicolinealidad.

Los resultados del estudio demostraron que la regresión sobre componentes principales puede resolver la multicolinealidad de las variables que afectan a la regresión lineal múltiple, incrementa la σ^2 explicada atribuido a la regresión ortogonal de peso de la canal caliente, peso de la canal fría, perímetro de la grupa, perímetro interno del tórax, e índice de compacidad. Finalmente, el método PLS permitió ajustar los puntajes de los CP y expresó las ecuaciones en variables originales, lo que permitió el aumento en el R^2 (0.53-0.77). Lo anterior se debe a que este método, además de considerar la σ^2 explicada, busca las combinaciones lineales de regresores que mejor predicen la variable dependiente.

Las ecuaciones obtenidas representan una excelente herramienta para que los ovinocultores obtengan un panorama certero de las canales que alcanzarán de acuerdo con el control sobre las variables productivas, sin embargo, requieren ser validadas, previo a su implementación práctica.

VII. CAPÍTULO 3. REGRESIÓN CUANTÍLICA Y CORRELACIÓN CANONICA NO LINEAL SOBRE LA PREDICCIÓN DE VARIABLES DE LA CANAL DE OVINOS DEL VALLE DE TOLUCA, MÉXICO.

7.1. Resumen

A pesar de contar con una amplia producción ganadera con estadísticos que tiendan a la normalidad de la población, las unidades intensivas requieren implementar herramientas que permitan predecir el comportamiento de variables independientes para aquellos animales que se encuentran alejados de la media. El objetivo de esta parte de la investigación fue la búsqueda e implementación de modelos de predicción alternativos a los convencionales, que permitan el incremento en la obtención de ecuaciones de predicción para variables de calidad de canal de ovinos post mortem considerando su distribución. El primer método fue la regresión cuantílica, la cual se estableció como alternativa a la estimación de mínimos cuadrados ordinarios, es decir, admitió la estimación de los cuantiles alejados de la media de la variable de respuesta. Al ponerla a prueba mostró un incremento en la cantidad de ecuaciones de predicción de 33%, en comparación con la regresión lineal múltiple, lo que se traduce en la predicción de 3 variables relacionadas con el peso (PCC, PCF e IC) y 5 variables con morfometría (LC, PG, AG, AP y PT) con pseudo $R^2 \geq 0.21$ ($P \leq 0.05$). El segundo método de predicción explorado fue el de correlaciones canónicas no lineales (OVERALS), que permitió examinar las relaciones entre K número de conjuntos de variables categóricas. Los autovalores indicaron un nivel elevado de relación entre cada dimensión, cercano a 1 (0.975 y 0.933). Al emplear una solución de dos dimensiones, se describió el 95% de la σ^2 , donde la primera dimensión ajustó 51.1% y la segunda 48.9%. Al analizar los resultados, el incremento de ecuaciones de predicción y la capacidad de considerar las observaciones según su distribución supone una mejor estimación de las características postmortem, lo que puede beneficiar segmentos del mercado que consideran la producción con grupos de animales heterogéneos.

7.2. Abstract

Despite having a livestock production with statistics that tend to normalise the population, intensive units need to implement tools that allow predicting the behavior of independent variables for animals that are far from the mean. The aim of the study was the search and implementation of alternative models to improve number of post-mortem predictive equations. First method, quantile regression, as an alternative to ordinary least square regression, it hence models the quantiles, instead of the response variable mean as done in standard regression. This model increased the predictive equations by 33% compared to multiple linear regression therefore estimation of 3 weight related variables (PCC, PCF, IC) and 5 morphometric measurements (LC, PG, AG, AP, PT) pseudo $R^2 \geq 0.21$ ($P \leq 0.05$) were achieved. Nonlinear canonical correlation analysis (OVERALS) allowed examination of relations among K number of categorical variable sets. The eigenvalues indicated a high level of relationship between each dimension (0.975 and 0.933). 2-dimensional solution were used to explain 95% of total variability, 0.975/1.908 (51.1%) and 0.933/1.908 (48.9%) of the actual fit, respectively. After analyzing the results, the increase in prediction equations and the capability to consider observations far from the mean implies a better estimation of postmortem characteristics, which can benefit market segments that consider production with heterogeneous groups of animals.

7.3. Introducción

En los últimos veinte años, la ovinocultura en México ha mantenido un comportamiento creciente constante; con un inventario de 8.7 millones de cabezas y tasa promedio de crecimiento anual de 3%, la producción de ganado ovino se coloca en el cuarto lugar como actividad pecuaria productora de carne (FAOSTAT, 2018). Sin embargo, para continuar su desarrollo de forma competitiva, requiere cumplir con las características de calidad de carne que exigen los consumidores. La calidad hace referencia a las propiedades que un producto posee y que determinan la preferencia del consumidor, es decir, la calidad de la carne está condicionada al grado de muscularidad o conformación, contenido de grasa

subcutánea, área del ojo de la chuleta, rendimiento y morfometría de las canales (López *et al.*, 2016). Para ofertar canales que cuenten con un nivel deseable en estos apartados, México cuenta con el sistema de clasificación de las canales ovinas (NMX-FF-106-SCFI-2006), que agrupa a las canales por peso, conformación y grado de engrasamiento, no obstante, este sistema no considera las características ante mortem que subyacen en la canal. Para contrarrestar esta deficiencia, el uso de herramientas de predicción no invasivas puede ser de gran utilidad. En comparación con modelos productivos animales, la regresión cuantílica se empleó por Nascimento *et al.* (2019) para la predicción de la curva de crecimiento de cerdos, con base en las variables consumo de alimento residual, ganancia diaria de peso, consumo promedio de alimento y los parámetros de la curva de crecimiento de Gompertz. Ellos lograron clasificar a los animales e identificar aquellos con déficits en la curva de crecimiento, además de confirmar la alta correlación genética entre la heredabilidad y las variables ganancia diaria de peso y consumo de alimento residual.

El empleo de métodos estadísticos alternativos, como la regresión cuantílica, y las correlaciones canónicas no lineales, son modelos matemáticos de predicción que permiten estimar la composición y rendimiento de las canales, a partir de variables crecimiento y de producción, además, compensan las deficiencias de predecir con la media (Waldmann, 2017). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue ajustar distintos modelos de predicción para estimar el efecto de las características ante mortem sobre el rendimiento y características de la canal de corderos provenientes de sistema de producción con alimentación intensiva. Asimismo, se estimó el grado de correlación canónica entre grupos de variables dependientes (postmortem) con el grupo de variables independientes (antemortem).

7.4. Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en instalaciones pertenecientes al Departamento de Nutrición Animal, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Universitario “El Cerrillo”, municipio de Toluca, Estado de México, durante el período de julio de 2019 a junio de 2021. A partir de una base de datos capturada en el Programa Microsoft

Excel[®], estructurada con 575 registros de información sobre la respuesta productiva de corderos, machos enteros de seis genotipos, Suffolk, Hampshire, Katahdin, Rambouillet, Dorper y Dorset, producidos bajo condiciones similares en sistema intensivo y alimentados con dietas altas en concentrado; la base de datos fue revisada exhaustivamente y depurada, contando con información lo más homogénea posible de 175 registros completos que cumplieron con los parámetros necesarios para su análisis.

La base de datos contempla las siguientes variables productivas ante mortem de crecimiento: Peso vivo inicial (Pvini), Peso vivo final (Pvfin), Peso al sacrificio (PS), Ganancia diaria de peso (GDP), Ganancia de peso total (GPT), Consumo de materia seca (CMS), Conversión alimentaria (CA) y Eficiencia alimentaria (EF); b) las variables post mortem de características de la canal fueron: peso de canal caliente (PCC), peso de canal fría (PCF), conformación de la canal NMX (E, excelente; B, buena; D, deficiente), rendimiento comercial de la canal (RC) (Boccard *et al.*, 1955), rendimiento verdadero de la canal (RV), largo de canal, perímetro de grupa, ancho de grupa, ancho mayor de tórax, perímetro torácico, longitud de pierna, ancho de pierna (Inchausti y Tagle, 1970), área de ojo de chuleta (Delfa y Gonzáles, 1995), profundidad interna de tórax, índice de compacidad de la canal (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005), espesor de grasa subcutánea (6^a y 12^a costilla), grado de engrasamiento (1, muy magra - 5, muy grasa), grasa renal 1, riñones descubiertos; 2, riñones con gran ventana; 3, riñones con pequeña ventana; 4, Riñones cubiertos totalmente) (Delfa y González, 1995).

7.5. Análisis estadístico

7.5.1 Regresión cuantílica

El análisis de regresión cuantílica se realizó en el programa SPSS versión 26 (IBM corp., 2019), sobre la distribución de tres cuantiles (0.25, 0.50, 0.75) utilizando el algoritmo simplex (Barrodale y Roberts, 1973) con un intervalo de confianza de 95% y nivel de significancia $P < 0.05$. El modelo matemático consiste en:

$$\hat{\beta\tau} = \underset{b}{\operatorname{argmin}} \left[\sum_{Y_i \geq X_i'b} \tau |Y_i - X_i'b| + \sum_{Y_i < X_i'b} (1-\tau) |Y_i - X_i'b| \right].$$

Donde la distribución de la variable postmortem (Y) ordenada respecto al efecto en relación con la serie de variables antemortem (X). Busca minimizar las desviaciones absolutas con valores asimétricos por cuantil τ , $0 < \tau < 1$, de una muestra aleatoria $\{y_i : k= 1, \dots, \tau\}$ del proceso de regresión $\varepsilon_t = Y_i - X_i'b$, donde $\{X_i : i = 1, \dots, \tau\}$ es una secuencia de K -vectores renglón y b es un vector de dimensión K que minimiza las desviaciones absolutas. A diferencia de lo que se sabe para los estimadores de los coeficientes de la regresión por mínimos cuadrados ordinarios que siguen una distribución del rango estudentizado, para los coeficientes de la regresión cuantílica no se conoce la distribución exacta de los estimadores. Aun así, bajo ciertas condiciones, se ha estudiado que $\sqrt{n}(\hat{\beta\tau} - \beta\tau)$ tiende a una distribución normal. Se suele decir que la función objetivo se corresponde con la suma n componentes, donde cada una de ellas puede expresarse como:

$$\begin{aligned} (Y_i - X_i'b) &= (Y_i - X_i'b)I_{\{Y_i \geq X_i'b\}} + (\tau - 1)(Y_i - X_i'b)I_{\{Y_i < X_i'b\}} = \\ &= (Y_i - X_i'b)(\tau - I_{\{Y_i < X_i'b\}}), \end{aligned}$$

siendo $I_{\{ \cdot \}}$ una función indicadora que vale 1 si la condición del subíndice se cumple y 0 en caso contrario.

7.5.2 Correlación canónica no lineal

Este análisis se realizó con apoyo del programa SPSS ver 26; se empleó un nivel de escalamiento sin variables nominales con múltiples conjuntos de variables agrupadas para maximizar la homogeneidad y establecer una representación de estructura de datos multivariados no numérica. Las variables ante mortem fueron colocadas en el conjunto de variables 1, mientras que las variables post mortem se situaron en el conjunto 2. Después, se compararon los conjuntos, al retirar las dependencias lineales entre ellos. La cuantificación de la validez de la relación entre dos conjuntos de variables, y su estructura óptima o dimensionalidad, que

maximiza la relación entre conjuntos de variables dependientes (VDs) e independientes (VIs) se realizó con la expresión (Badii *et al.*, 2007):

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$$

La prueba de significancia sigue una distribución de chi-cuadrada y utiliza la siguiente fórmula:

$$X^2 = - [N-1(k_x + k_y + 1/2)] \Lambda_m$$

$$\Lambda_m = \prod_{i=1}^m (1-\lambda)$$

Donde:

N= número de casos, k_x = número de variables en el grupo de VI, k_y = número de variables en el grupo de VD, $DF = (k_x)(k_y)$ y m = número de correlaciones canónicas. Finalmente, para probar la significancia de la correlación canónica se empleó la prueba de Bartlett de la lambda de Wilks (Castillo *et al.*, 2007).

7.6. Resultados y discusión

7.6.1 Regresión cuantílica

El análisis permitió estimar 8 modelos con pseudo $R^2 \geq 0.21$ ($P \leq 0.05$), de 3 variables relacionadas con el peso (PCC, PCF e IC) y 5 con morfometría (LC, PG, AG, AP y PT). El error absoluto medio fue mayor para variables de rendimiento y longitud, sin embargo, para la mayoría de las variables se mantuvo ≤ 1 , lo que indica que el promedio de la diferencia entre el valor medido y el valor predicho es bajo (Wang y Lu, 2018). El uso de métodos no lineales donde se sospecha de colinealidad, falta de normalidad en la distribución de los datos y relaciones naturales con las variables predictoras, es una alternativa que debe ser puesta a prueba indudablemente (Nava y Antúnez, 2018). Al comparar el modelo de predicción de regresión lineal múltiple con la regresión cuantílica, se comprobó que pueden obtenerse 2 ecuaciones de predicción más, al dividir las observaciones de las variables dependientes en tres cuantiles. Respecto a los valores de pseudo R^2 , aparentemente bajos, lo que indicaría un porcentaje reducido de explicación de la σ^2 ; se comprobó que, a pesar de ello, el ajuste de las

ecuaciones es muy cercano a los valores reales a predecir. A pesar de lo anterior, se observa una constante en el error absoluto medio, es decir, este parámetro disminuye en el cuantil 0.50 en casi todas las variables, con excepción del índice de compacidad, lo que indica que la diferencia entre los valores predichos y reales (Wang y Lu, 2018) se reduce en este cuantil.

A diferencia de la regresión lineal, en la que se estimaron los efectos medios condicionales de las variables respuesta (Sosa, 2005), las bondades de la regresión cuantílica radicaron en su maleabilidad para evaluar el efecto de las variables ante mortem sobre la distribución de las variables relacionadas con la canal, al generar una gama de modelos de regresión, uno para cada cuantil de la distribución condicional (Nava y Antúnez, 2018). Al comparar los valores de los coeficientes de regresión por mínimos cuadrados ordinarios (OLS), y los obtenidos en el Cuadro 14, se puede comprobar que para algunas variables se espera un grado de inflación en la localización de las observaciones obtenidas por OLS. Es decir, la distribución condicional de las características de la canal puede inflar la ubicación esperada de cambios implícitos en el modelo OLS, por lo que la regresión cuantílica ayuda a revelar cambios en la distribución de la respuesta condicional causados por cambios en una covariable (Bekkerman *et al.*, 2011). Para algunas variables dependientes, los cambios mínimos en la respuesta pueden no influir en la decisión de compra por parte de los clientes de los ovinocultores, sin embargo, los relacionados con la conformación, grado de engrasamiento, índice de compacidad y peso de la canal, no pasaran de ser percibidos por influir directamente sobre el costo de la canal.

Debido a la presencia de heterocedasticidad en la relación entre las variables predictoras y las dependientes, la regresión cuantílica permitió generar valores de β alejados de la media, es decir, al traducirlo por variable, se constata que para PCC, para la variable PS $\beta=0.35$ en OLS, en cambio para regresión cuantílica los estimadores son $\beta_{0.25}=0.37$, $\beta_{0.5}=0.35$, $\beta_{0.75}=0.26$, lo que permite estimar, de manera más cercana a los pesos reales, sin importar si algunas observaciones se localizaron fuera de los límites de confianza de la ecuación de regresión por OLS. De esta manera se realizan comparaciones por variable, no obstante, los valores

de explicación de la σ^2 determinados por el valor de pseudo R^2 reportados, mostraron que, para las 8 variables mencionadas anteriormente, en general el efecto es débil para AP, moderado para PCC, LC, PG, AG, PT, IC y fuerte para PCF (Garson, 2014), sin embargo, la bondad de la regresión cuantílica radica en la determinación del efecto en la mediana y el resto de cuantiles. Los resultados de esta investigación son similares a lo mencionado por Bekkerman *et al.*, (2011), los cuales trabajaron con 480 observaciones de preferencia de compra por toros raza Angus, realizaron la comparación de las ecuaciones obtenidas a través de mínimos cuadrados ordinarios ($R^2=0.517$) y regresión cuantílica ($R^2=0.463-0.615$), para la predicción de las características significativas deseadas como ganancia diaria de peso, ojo de la chuleta, consumo de alimento residual, ganancia de peso total y madurez sexual ($p<0.01$), y al igual que este trabajo, observaron una mayor bondad en los datos obtenidos con el segundo método estadístico ya que permite a los productores ofrecer animales de acuerdo a las necesidades del cuantil objetivo. De manera similar, Nascimento *et al.* (2017) emplearon la regresión cuantílica para clasificar cerdos raza Yorkshire ($n=750$) en 3 cuantiles (0.1, 0.5 y 0.95) de acuerdo con la curva de crecimiento, ellos encontraron que a pesar de no observar una diferencia elevada entre los cuantiles sí fue significativa ($p<0.05$). En su mayoría los animales fueron abarcados dentro del grupo del cuantil 0.5 ($n=384$) cercanos a la media, pero el método permitió determinar cuáles tardarían más tiempo en llegar al peso adecuado para entrar a la matanza por su baja tasa de crecimiento, es decir el cuantil 0.1 ($n=168$) algo que parece natural, sin embargo, identificaron que los animales de este grupo cuentan con tasas de crecimiento continuo, a diferencia de los del cuantil 0.5 y 0.9 que mejoran su potencial de crecimiento 160 días y 145 días previos a la matanza, respectivamente. Al compararlo con esta investigación, puede destacarse que con excepción de la variable CONFS, existen mayores valores de Pseudo R^2 para los cuantiles 0.25 y 0.75, es decir, que este método de predicción permite estimar adecuadamente el comportamiento de las variables los grupos de animales alejados de la media, lo que ayudará a los productores a conocer previamente las características de la canal y si es conveniente continuar trabajando con animales similares.

Cuadro 16. Ecuaciones de regresión cuantílica desarrolladas para predecir variables post mortem de características de la canal de ovinos en engorda intensiva faenados en establecimientos de matanza del valle de Toluca, México.

Variable	Q	β_0	PVINI	PVFIN	GDP	GPT	CMS	CA	EFA	PS	Pseudo R ²	EAM
Peso Canal Caliente, kg	0.25	-2.58	0.00	-0.01	3.49	0.00	-0.70	0.87	15.02	0.37	0.37	1.27
	0.50	-5.49	-0.08	0.11	6.86	-0.11	-1.24	1.23	22.06	0.35	0.30	1.05
	0.75	4.24	-0.19	0.24	5.47	-0.22	-1.29	0.62	10.53	0.26	0.40	1.25
Peso Canal Fría, kg	0.25	-2.07	0.01	0.07	-1.54	0.07	1.07	0.27	5.27	0.32	0.49	1.02
	0.50	-2.19	-0.06	0.12	5.40	-0.04	-1.12	0.63	6.02	0.35	0.53	0.85
	0.75	-4.61	-0.05	0.11	9.79	-0.07	-2.09	1.00	7.11	0.39	0.56	1.05
Conformación SEUROP	0.25	-1.36	-0.09	0.09	4.82	-0.09	-0.96	0.30	1.48	0.01	0.07	0.67
	0.50	-4.90	-0.03	0.04	5.58	-0.08	-0.92	0.56	9.10	0.05	0.12	0.54
	0.75	-5.30	-0.01	0.01	6.18	-0.02	-0.99	0.50	8.34	0.07	0.05	0.68
Rendimiento Comercial, %	0.25	38.65	0.05	0.12	-0.23	0.19	1.23	0.88	11.40	-0.26	0.11	2.38
	0.50	43.13	-0.14	0.31	7.40	-0.12	-1.06	1.11	13.51	-0.31	0.09	1.94
	0.75	38.62	-0.10	0.28	18.03	-0.16	-4.26	2.11	17.69	-0.25	0.07	2.38
Rendimiento Verdadero, %	0.25	46.40	-0.09	-0.08	15.60	-0.03	-0.73	0.72	5.98	-0.02	0.09	2.05
	0.50	43.18	-0.07	0.03	21.78	-0.06	-3.88	1.58	5.41	-0.07	0.04	1.73
	0.75	44.44	-0.11	0.26	23.33	-0.19	-5.05	1.52	1.83	-0.18	0.18	2.03
Longitud de Canal, cm	0.25	64.75	-0.32	0.04	-35.22	-0.34	9.34	-2.42	-1.07	0.49	0.23	2.70
	0.50	75.38	-0.29	0.19	-51.67	-0.43	11.37	-3.66	-5.77	0.35	0.22	2.27

	0.75	76.07	-0.11	-0.03	-34.87	-0.25	7.80	-3.30	-14.66	0.43	0.21	2.82
	0.25	32.40	-0.27	0.31	33.89	-0.55	-3.99	1.82	7.86	0.37	0.32	2.35
Perímetro Grupa, cm	0.50	40.65	-0.43	0.49	34.60	-0.60	-4.25	1.63	-1.84	0.23	0.32	1.92
	0.75	31.92	-0.30	0.53	28.47	-0.54	-5.52	2.37	24.23	0.19	0.40	2.31
	0.25	5.75	-0.22	0.14	13.77	-0.30	-1.94	0.97	13.72	0.25	0.29	1.21
Ancho Grupa, cm	0.50	8.90	-0.28	0.23	9.94	-0.37	-0.41	0.74	15.92	0.16	0.32	0.95
	0.75	13.69	-0.29	0.27	4.11	-0.37	1.22	0.10	10.29	0.11	0.34	1.13
	0.25	9.28	0.16	-0.18	8.15	0.14	-1.14	0.57	12.77	0.20	0.12	1.37
Ancho Mayor de Tórax, cm	0.50	14.65	0.11	-0.10	7.78	0.11	-1.27	0.63	9.83	0.07	0.07	1.10
	0.75	12.19	-0.05	-0.02	15.06	-0.03	-2.14	0.52	5.80	0.22	0.20	1.38
	0.25	19.16	0.56	-0.37	28.61	0.49	-6.17	1.72	5.60	-0.01	0.11	2.25
Longitud de Pierna, cm	0.50	30.44	0.35	-0.16	14.73	0.24	-3.30	0.70	-0.15	-0.07	0.10	1.86
	0.75	30.88	0.46	-0.22	19.53	0.35	-4.76	0.96	-2.02	-0.10	0.11	2.23
	0.25	36.45	-0.98	0.66	19.23	-1.14	1.49	-0.31	-2.62	0.23	0.24	2.88
Ancho de Pierna, cm	0.50	45.04	-1.22	1.02	-7.67	-1.36	7.56	-1.58	-3.99	0.09	0.22	2.38
	0.75	40.25	-1.18	0.98	-21.41	-1.15	9.67	-1.16	23.16	0.03	0.23	2.91
	0.25	27.95	-0.05	0.11	-1.95	-0.31	2.67	-1.73	-22.84	0.05	0.19	2.53
Área ojo de Chuleta, cm	0.50	22.91	-0.02	0.02	0.35	-0.03	0.26	-0.46	-8.51	0.01	0.01	1.99
	0.75	16.17	0.26	-0.18	13.99	0.46	4.14	-0.64	4.58	-0.02	0.12	2.53
	0.25	24.21	-1.02	1.02	-18.66	-1.04	4.49	-1.49	-12.51	0.05	0.34	1.79
Profundidad de Tórax, cm	0.50	21.95	-1.03	1.08	-11.77	-0.99	3.27	-1.10	-10.24	0.00	0.38	1.53

	0.75	8.91	-1.03	1.06	-17.22	-0.91	3.36	0.62	20.10	0.02	0.48	1.98
	0.25	-0.08	0.00	0.00	0.22	0.00	-0.05	0.03	0.12	0.00	0.36	0.02
Índice de Compacidad	0.50	-0.05	0.00	0.00	0.15	0.00	-0.02	0.02	0.13	0.00	0.37	0.02
	0.75	-0.05	0.00	0.00	0.19	0.00	-0.04	0.01	0.04	0.00	0.41	0.02
	0.25	-0.04	-0.12	0.10	3.42	-0.17	0.15	0.25	5.43	0.01	0.17	0.69
Espesor de Grasa, mm	0.50	2.26	-0.01	0.01	0.05	0.00	-0.04	0.07	0.98	0.00	0.03	0.53
	0.75	2.62	-0.16	0.17	-0.23	-0.15	-0.11	0.03	0.07	0.00	0.06	0.62
	0.25	1.02	0.14	-0.13	1.05	0.15	0.45	-0.15	-0.23	0.01	0.16	0.73
Grado de engrasamiento	0.50	-3.52	0.17	-0.12	4.90	0.17	-0.46	0.38	7.55	0.00	0.15	0.62
	0.75	3.00	0.13	-0.13	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.71
	0.25	1.65	0.01	-0.05	2.35	0.03	0.24	0.11	1.10	-0.01	0.02	0.58
Grasa renal	0.50	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45
	0.75	2.97	0.05	-0.05	-0.81	0.13	0.04	-0.07	-4.66	0.00	0.17	0.63

Q=cuantil, β_0 = intercepto, PVINI=peso vivo inicial, PVFIN=peso vivo final, GDP=ganancia diaria de peso, GPT=ganancia de peso total, CMS=consumo de materia seca, CA=conversión alimenticia, EFA=eficiencia alimenticia, PS= peso al sacrificio, Pseudo R^2 =reducción proporcional en la suma de los valores absolutos de los residuales, EAM=error absoluto medio.

7.6.2. Correlaciones canónicas no lineales

Los valores perdidos, autovalores y valores ajustados fueron establecidos en el Cuadro 16. Los perdidos y los ajustados indicaron cuánto se ajusta el modelo a los datos óptimos cuantificables y se respeta la asociación entre ambos conjuntos. Los autovalores indicaron un nivel elevado de relación entre cada dimensión, cercano al 1 (0.975 y 0.933). Al emplear una solución de dos dimensiones, se calculó el 95% de la σ^2 , donde la primera dimensión ajustó el 51.1% y la segunda el 48.9%. La media de la pérdida entre conjuntos fue de $2 - 1.908 = 0.092$, sin embargo, este valor indica elevada correlación múltiple entre ponderaciones de las variables y dimensiones (Yazici *et al.*, 2010). Las saturaciones de los componentes establecidos en el Cuadro 17 proporciona las correlaciones entre los puntajes y las variables óptimas. La importancia de cada variable fue determinada de acuerdo con la distancia entre las variables y el origen, además las pérdidas representan la proporción de la variación de los puntajes para cada dimensión y conjunto. En la Figura 11, ganancia de peso total están en la parte posterior del gráfico, lo que puede indicar que a mayor ganancia de peso total durante la crianza y engorda de los ovinos, mejor profundidad del tórax tendrá la canal; así mismo, peso vivo final, peso de la canal caliente, peso de la canal fría y peso al sacrificio, aparecen altamente correlacionadas; por último, los animales con adecuado peso inicial pueden presentar una elevada ganancia diaria de peso lo cual se traducirá en la posible presentación de canales con buen área de ojo de chuleta.

Después de analizar las correlaciones entre los conjuntos de variables antemortem y postmortem, las correlaciones canónicas no lineales proporcionaron la información detallada de la estructura de la información y la relación entre las variables por conjuntos. Se puede observar cómo las variables independientes afectan la presentación de las características de la canal, y permiten visualizar gráficamente las asociaciones entre los conjuntos. En la dimensión 1, para el primer grupo de variables, es decir, las productivas, los mayores puntajes son peso vivo final y peso al sacrificio, en cuanto al segundo grupo, peso de la canal

caliente y peso de la canal fría abarcan los puntajes destacados. En cuanto a la dimensión 2, respecto a variables antemortem, peso vivo final cuenta con la mayor contribución al experimento, y profundidad del tórax por parte de las postmortem (Ariza *et al.*, 2019). Sin embargo, se observa que los animales contemplados en la primera dimensión presentan los valores más bajos en la variable rendimiento comercial. Así mismo, los ovinos agrupados en la segunda dimensión cuentan con menores valores en peso vivo inicial, ganancia diaria de peso, peso de la canal fría, rendimiento verdadero, perímetro de la grupa, ancho de grupa, área de la chuleta. Para ambas dimensiones las variables espesor de la grasa, conformación NMX, ancho de la grupa, rendimiento verdadero, grado de engrasamiento y ganancia diaria de peso presentaron valores negativos en los coeficientes de correlación (Ozer y Akcay, 2013). La correlación canónica permitió conocer la relación entre los grupos de variables, similar a lo realizado en ovinos raza Manchega por Rivas *et al.* (2019), que al buscar la relación entre grupos de indicadores, encontraron que la tecnología y estructura obtuvieron la mayor correlación canónica, 0.801 y 0.504, respectivamente, con el 89.17% de la varianza explicada.

Cuadro 17. Correlaciones Canónicas para predecir variables post mortem de características de la canal de ovinos en engorda intensiva faenados en establecimientos de matanza del valle de Toluca, México.

Resumen de análisis				
		Dimensión		Suma
		1	2	
Pérdidas	Antemortem	0.025	0.067	0.092
	Postmortem	0.025	0.067	0.092
	Media	0.025	0.067	0.092
Autovalor		0.975	0.933	
Ajuste				1.908

Correlación canónica para la dimensión 1= 0.95
 Correlación canónica para la dimensión 2= 0.86
 La relación entre los dos conjuntos de variables = 0.95

Cuadro 18. Ponderaciones de las cargas de las componentes obtenidas a partir de variables antemortem y postmortem de ovinos en engorda intensiva faenados en establecimientos de matanza del valle de Toluca, México.

Conjunto	Variables	Dimensión	
		1	2
Ante mortem	Pvini, kg	0.05	-0.49
	Pvfin, kg	0.58	0.37
	GDP, kg	-0.18	-0.56
	GPT, kg	0.07	0.38
	CMS, kg	0.01	0.13
	CA	-0.01	-0.10
	EF	-0.06	0.03
	PS, kg	0.50	-0.34
Post mortem	Geng	-0.001	-0.09
	Gren	0.03	0.06
	PCC, kg	0.52	0.16
	PCF, kg	0.30	-0.26
	RC, %	-0.32	0.15
	RV, %	-0.07	-0.19
	LC, cm	0.10	-0.10
	PG, cm	0.13	-0.26
	AG, cm	-0.09	-0.25
	AMT, cm	-0.03	0.07
	LP, cm	0.06	-0.25
	AP, cm	-0.07	0.14
	ACH, cm	0.02	-0.34
	PT, cm	0.26	0.47

IC	0.19	0.12
Egras, mm	-0.06	-0.14
Conf	-0.02	-0.05
CONFS	0.01	-0.09

Nivel de escalamiento óptimo ordinal. Pvini=Peso vivo inicial, Pvfin=Peso vivo final, GDP=Ganancia diaria de peso, GPT=Ganancia de peso total, CMS=Consumo de materia seca, CA=Conversión alimenticia, EF=Eficiencia alimenticia, PS=Peso a sacrificio, PCC= Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, RC= Rendimiento comercial, RV=Rendimiento verdadero, LC=Longitud de la canal, PG=Perímetro de la grupa, AG=Ancho de la grupa, AMT=Ancho mayor de tórax, LP=Longitud de pierna, AP=Ancho de pierna, ACH=Área de la chuleta, PT=Profundidad de tórax, IC=Índice de compacidad, Egras=Espesor de la grasa, Geng=Grado de engrasamiento, Gren= Grasa renal, CONFS=Conformación SEUROP, Conf=Conformación mexicana.

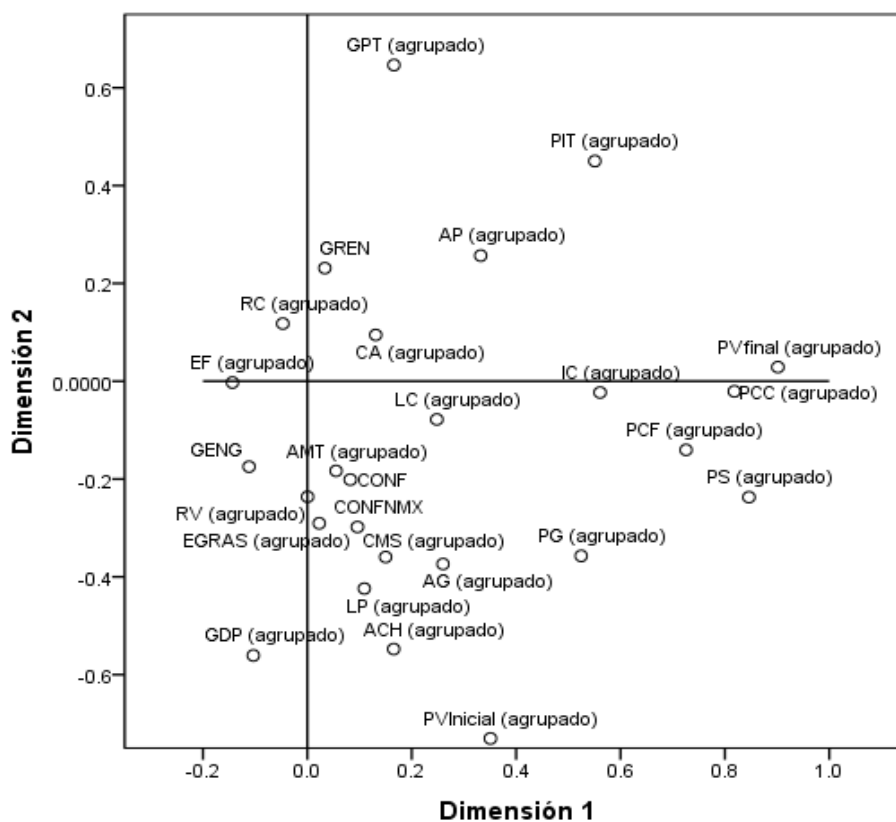
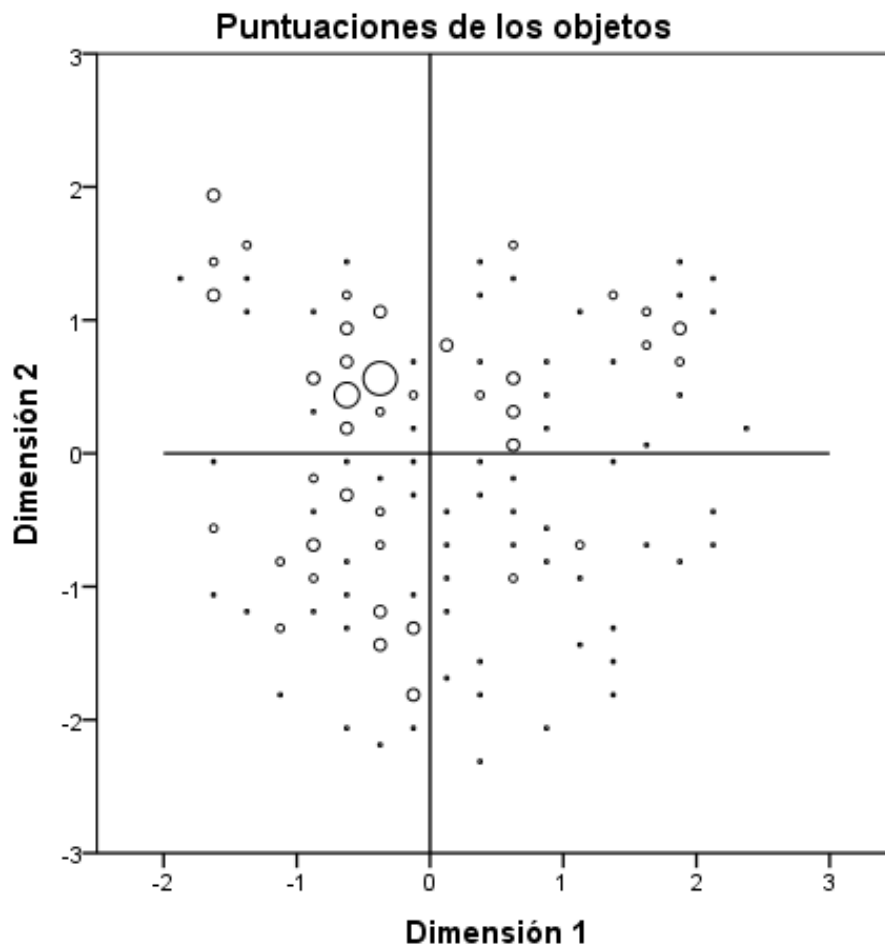


Figura 11. Saturaciones de los componentes obtenidos a partir de las correlaciones canónicas no lineales.

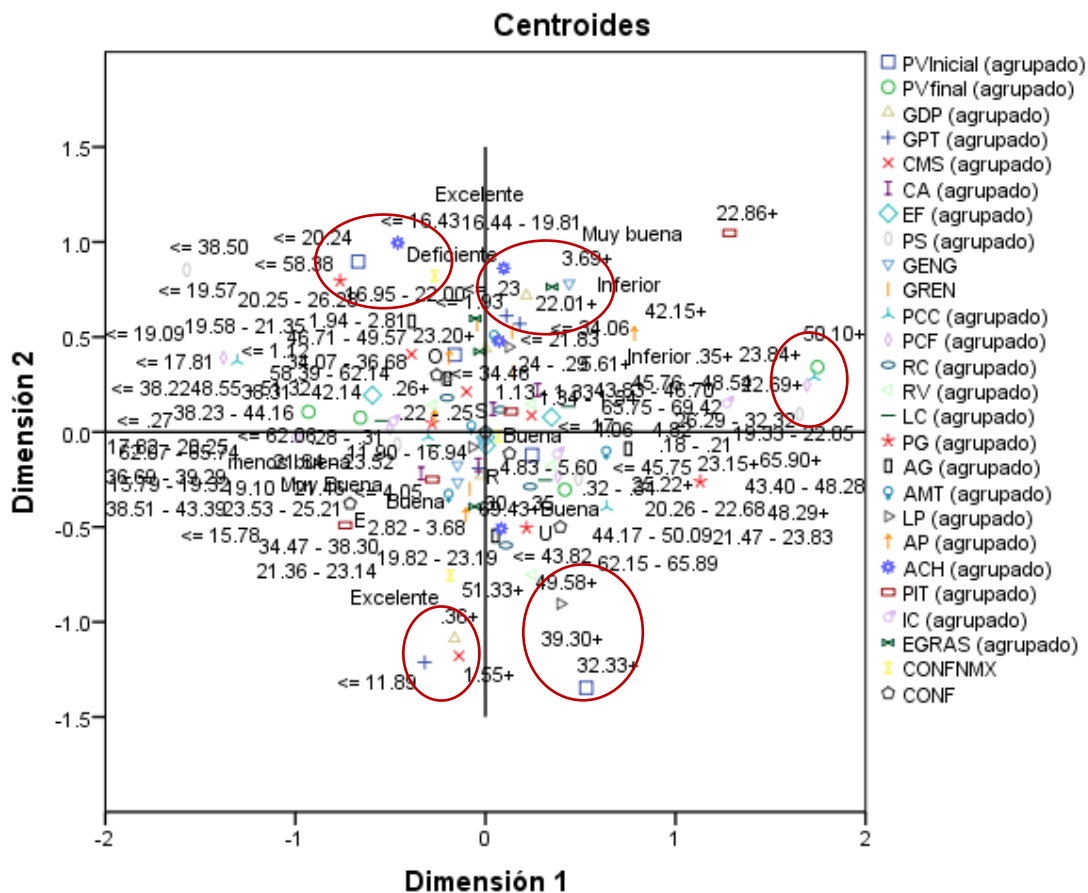
La similitud entre los conjuntos de variables antemortem y postmortem mediante la comparación simultánea de las combinaciones lineales de las variables en cada conjunto con un conjunto desconocido está representada en la Figura 12.



Casos ponderados por número de objetos.

Figura 12. Puntuaciones de los objetos para las variables antemortem y postmortem.

El gráfico de centroides fue dividido y presentado por categorías, además muestra la división de variables por grupos de observaciones (Yazici *et al.*, 2010). Para entender mejor la relación entre las variables, se identificaron grupos coincidentes de categorías en la Figura 13.



Pvini=Peso vivo inicial, Pvfin=Peso vivo final, GDP=Ganancia diaria de peso, GPT=Ganancia de peso total, CMS=Consumo de materia seca, CA=Conversión alimenticia, EF=Eficiencia alimenticia, PS=Peso a sacrificio, PCC= Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, RC= Rendimiento comercial, RV=Rendimiento verdadero, LC=Longitud de la canal, PG=Perímetro de la grupa, AG=Ancho de la grupa, AMT=Ancho mayor de tórax, LP=Longitud de pierna, AP=Ancho de pierna, ACH=Área de la chuleta, PT=Profundidad de tórax, IC=Índice de compacidad, Egras=Espesor de la grasa, Geng=Grado de engrasamiento, Gren= Grasa renal, CONFS=Conformación SEUROP, Conf=Conformación mexicana.

Figura 13. Centroides de las variables dependientes e independientes, en la cual se representa gráficamente la relación y contribución a la explicación de la σ^2 .

Se observó que existe relación entre las variables independientes de ganancia diaria de peso, ganancia de peso total y las dependientes área de la chuleta, espesor de la grasa, grado de engrasamiento, esto quiere decir que se obtendrán canales con mejor engrasamiento y área de la chuleta si los animales tienen altas ganancias de peso, similar a lo reportado por Estrada *et al.* (2012) con 40 ovinos dorper x pelibuey, los cuales mencionan una correlación de $p < 0.01$. Así mismo, se observa que los animales con los mejores pesos vivo final y a la matanza, mostraron canales con el peso más elevado, ya que es una correlación natural entre variables y todos los ovinos provienen de dietas similares en sistema intensivo (Estrada *et al.*, 2012). Respecto al peso vivo inicial, puede concluirse que el perímetro de la grupa, la conformación y el área de la chuleta, al no presentar categorías cercanas, no siempre estarán relacionados. Los corderos con adecuadas ganancias de peso, es posible que presenten un alto consumo de materia seca. Por último, las canales que presentaron mejores longitudes de pierna provienen de animales que tuvieron un peso vivo inicial elevado (Bautista *et al.*, 2017).

7.7. Conclusiones

La regresión cuantílica permitió incrementar la cantidad de ecuaciones de predicción, al determinar el efecto de las variables lejos de la media, es decir empleando la mediana y el resto de los cuantiles. El efecto de la heterocedasticidad entre las variables debido a su relación natural se ve disminuido al implementar este método alternativo a la predicción por mínimos cuadrados ordinarios. Sin embargo, a pesar de ser un método nuevo para la predicción de variables productivas, es necesario continuar la revisión e inclusión de más variables y observaciones, que permitan incrementar el Pseudo R^2 .

La aplicación de correlación canónica a los datos, permitió obtener los valores máximos de correlación entre las variables productivas y postmortem, para lograr identificar las variables de ganancia de peso total, peso vivo inicial, peso vivo final y peso al sacrificio dentro de las más relevantes para la caracterización de las canales de ovino producidos en sistemas intensivos en el valle de Toluca, Estado

de México, sin embargo, el desarrollo de un análisis tomando en cuenta una mayor cantidad de variables antemortem, puede ayudar a incrementar el número de variables relacionadas la morfometría y calidad de la canal.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abdulkhaliq, A.M., Meyer, H.H., Busboom, J.R., Thompson, J.M. 2007. Growth, carcass and cooked meat characteristics of lambs sired by Dorset rams heterozygous for the Callipyge gene and Suffolk and Texel rams. *Small Ruminant Research*. 71:92-7.
- Alaiz, R., Parnell, A.C. 2020. A Machine Learning Approach for Lamb Meat Quality Assessment Using FTIR Spectra 52385–52394.
- Ariza, A.G., Arbulu, A.A., González, F.J.N., Morales, F. de A.R., Jurado, J.M.L., Capote, C.J.B., Vallejo, M.E.C., 2019. Sensory preference and professional profile affinity definition of endangered native breed eggs compared to commercial laying lineages' eggs. *Animals* 9.
- Arteaga, C.J. 2003. La industria ovina en México. Simposio-Oveja-INIFAP. México, D.F. pp. 1-7.
- Arteaga, C.J. 2008. Situación actual de la ovinocultura en México. AMCO. II Foro de rentabilidad ovina. Boca del Rio, Veracruz, México.
- Artigue, H., Smith, G. 2019. The principal problem with principal components regression. *Cogent Mathematics & Statistics*, 6: 1622190, 1 – 11.
- Assan, N. 2013. Bioprediction of body weight and carcass parameters from morphometric measurements in livestock and poultry. *Scientific Journal of Review*. 2:140-150.
- Badii. M.H., Castillo. J., Cortez. K., Wong. A., Villalpando. P. 2007. Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica (Canonical correlation analysis and scientific research). *Innovaciones de Negocios*. 4(8): 405-422.
- Barkawi, A.H., El-Asheeri, A.K., Hafez, Y.M., Ibrahim, M.A., Ali, M.M. 2009. Growth and carcass characteristics of lambs in relation to plasma IGF-I and some histological traits of Longissimus lumbarum and Biceps femoris as affected by breed and age at slaughter. *Livestock Science*. 124:9-14.
- Barrodale, I., Roberts, F. 1973. An improved algorithm for discrete t4 linear approximation. *SIAM Journal of Numerical Analysis*. 10:839-848.

- Batista, M., Wanderley, M., Gomes, L., Ferreira, M.D.A., Ismério dos Santos, J., Morais, G., Morais, J.S., Chaves, A.S. 2021. Prediction of carcass composition through measurements *in vivo* and measurements of the carcass of growing Santa Inês sheep. 1-17.
- Bautista, E., Salazar, R., Chay, A.J., Garcia, R.A., Piñeiro, A.T., Magaña, J.G., Tedeschi, L.O.; Cruz, A. and Gómez, A. 2017. Determination of carcass traits in Pelibuey ewes using biometric measurements. *Small Ruminant Research* 147:115-119.
- Bekkerman, A., Brester, G.W., McDonald, T. 2011. A Quantile Regression Approach to Analyzing Quality-Differentiated Agricultural Markets. Proceedings of the NCCC-134 Conference on Applied Commodity Price Analysis, Forecasting, and Market Risk Management. St. Louis, MO.
- Bello, A.A.I., Wheto, M., Adenaike, A.S., Decampos, J.S., Ogunlakin, D.O., Atunnise, M., Shola, S., Ikeobi, C.O.N. 2016. Principal component regression of the morphostructural traits of West African dwarf sheep. *Nigerian Society for Animal Production*, 43: 62-71.
- Bidner, T.D., Schupp, A.R., Mohamad, A.B., Rumore, N.C., Montgomery R.E., Bagley, C.P. and McMillin, K.W. 1986. Acceptability of beef from Angus-Hereford or Angus-Hereford_brahman steers finished on all-forage or high energy diet. *J. Animal.Science*. 62:381-387.
- Boccard, R., Dumont, B.L. 1955. Étude de la production de la viande chez les ovins. La découpe des carcasses. Définition d'une découpe de référence. *An-nales de Zootechnie*, 3:241-257
- Bores, Q.R., Velázquez, M.P., Heredia, A.M. 2002. Evaluación de razas terminales en esquemas de cruce comercial con ovejas de pelo F1. *Técnica Pecuaria México*. 40:71-79.
- Borges, M.J., Batista, L.F., Borges, A.C., Arruda, G.F., Gómes, A.P., Do Nascimento, C.S., Teixeira, L. 2018. Principal components for the *in vivo* and carcass conformations of Anglo-Nubian crossbred goats. *Ciência Rural*, Santa Maria. 48:06.

- Bünger L., Navajas E.A., Stevenson L., Lambe N.R., Maltin C.A., Simm G., Fisher A.V., Chang K.C. 2009. Muscle fiber characteristics of two contrasting sheep breeds: Scottish Blackface and Texel. *Meat Science*; 81:372-81.
- Cadavez, V. A. P., Henningsen, A. 2012. The use of seemingly unrelated regression to predict the carcass composition of lambs. *Meat Science*; 92(4): 548–553.
- Canaza, A. W., Beltrán, P.A., Gallegos, E., Mayta, J. 2017. Zoometría y estimación de ecuaciones de predicción de peso vivo en ovejas de la raza corridale. *Revista de Investigación Altoandín*;19(3): 313-318.
- Castillo, J., Cortez, K., Wong, A., Villalpando, P., 2007. Analisis de correlacion canonica (ACC) e investigacion cientifica (Canonical correlation analysis and scientific research). *Innovaciones de Negocios*; 4: 405-422.
- Channon, H. A., Lyons, R., Bruce, H. 2003. Sheepmeat flavour and odour: a review. A final report prepared for the Sheep CRC.
- Chatterjee, S., Hadi, A. 2006. Regression analysis by example. 4th ed. Wiley-Interscience. New Jersey. 367 p.
- Chica, A.A., Fránces, F. J., Penalva, C., Santacreu, O.A. 2015. Análisis Multivariante Para Las Ciencias Sociales 1. 1er Edición. PYDLOS ediciones.
- Clop, A., Marcq, F., Takeda, H., Pirrottin, D., Toroir, X., Bibe, B. 2006. A mutation creating a potential illegitimate microRNA target site in the myostatin gene affects muscularity in sheep. *Nature Genetics*; 38: 813-8.
- Cockett, N.E., Smit, M.A., Bidwell, C.A., Segers, K., Hadfield, T.L., Snowder, G.D., Georges, M., Charlier, C. 2005. The callipyge mutation and other genes that affect muscle hypertrophy in sheep. *Genetics Selection Evolution*; 37:65-81.
- Correa, J.C., Iral, R., Rojas, L. 2006. Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. *Revista Colombiana de Estadística*; 29(1): 57–76.
- Costa, T.A. 1998. Ovino de carne: Calidad de la canal ovina. Ed. Mundi- Prensa. 373-400.

- Costa, R.G., Santos, N.M., Sousa, W.H., Queiroga, R.C. RE., Azevedo, O.S., Cartaxo, F.Q. 2011. Qualidade física e sensorial da carne de cordeiros de três genótipos alimentados com rações formuladas com duas relações volumoso:concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*; 40:1781-7.
- Costa, R.G., Vasconcelos, A.G., Lidiany, N., Nunes, A., Rodrigues, G., Gonzaga, S., Lopes, R. 2020. Predicting the carcass characteristics of Morada Nova lambs using biometric measurements. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49:e20190179.
- De la Fuente, S., 2011. Regresión Lineal Múltiple. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. P 58.
- Delfa, R.L., Gonzales, C.F. 1995. Modelos de calificación de canales de ovinos en la unión europea. *Euro carne*; 37:37-44.
- De Lima, D.M., de Carvalho, F.F.R., da Silva, F.J.S., Rangel, A.H.N., Novaes, L.P., Difante, G.D.S. 2016. Intrinsic factors affecting sheep meat quality: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*; 29:3-15.
- Depretis, G., Santini, F. 2005. Calidad de carne asociada al sistema de producción. INTA. Estación Experimental Balcarce. 1-8
- Díaz, S.C., Jaramillo, V.J., Bustamante, A., Vargas, L. S., Delgado, A., Hernández M.O., Casiano, M.V. 2018. Evaluación de la rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de ovinos en la región de Libres, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 9:263.
- do Prado Paim, T., Da Silva, A.F., Martins, R.F.S., Borges, B.O., Lima, P.D.M.T., Cardoso, C.C., McManus, C. 2013. Performance, survivability and carcass traits of crossbred lambs from five paternal breeds with local hair breed Santa Inês ewes. *Small Ruminant Research*, 112: 1-3, 28-34.
- Ellies-Oury, M., Lorenzo, H., Denoyelle, C., Saracco, J., Picard, B. 2019. An Original Methodology for the Selection of Biomarkers of Tenderness in Five Different Muscles. *Foods*, 8, 206
- Espejel, G. A., Barrera, R.A., Rodríguez, M.A., Santiago, V. M. de L. 2015. Caracterización de los productores y dinámica de adopción de innovación en el municipio de Villa Victoria, Estado de México. *Ra Ximhai*;11 (5):17-34

- Estrada, A., Dávila, H., Herrera, R.S., Robles, J.C., La, O.O., Castro, B.I., Portillo, J.J., 2012. Características de la canal y rendimiento de los cortes primarios de corderos alimentados con sorgo escobero (*Sorghum bicolor* var . *Technicum* , jav). *Revista cubana de ciencia agrícola*, 46; 2:145-150
- Feldhusen, F., Neumann-Fuhrmann, D., Wenzel, Y.S. 1987. Die Leitfähigkeit als parameter der fleischbeschaffenheit. *Fleischwirtsch*; 67: 455-460.
- Fennema, O.R. 1990. Comparative water holding properties of various muscle food. A critical review relating to definitions, methods of measurements, governing factors, comparative data and mechanistic matters. *Journal of Muscle Foods*; 1: 636-381.
- Field, R.A., Williams, J.C. and Miller, G.J. 1983. The effect of diet on lamb flavour. *Food Technology*, 37, 258-263.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020. FAOSTAT Livestock Primary. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>
- Freund, R., Wilson, W., Sa P. 2006. *Regression Analysis, Statistical Modeling of a response variable*. Elsevier Inc. 2da Edición. pp128-129.
- Gallego, J.L. 2009. *Apuntes de Econometría. LADE y LE. Curso 2008-2009. Capítulo 6 Departamento de Economía. Universidad de Cantabria. Pp 83-90*
- Garson, D. 2014. *Multiple Regression*. Statistical Publishing Associates. 411 pp.
- Garson, D. 2018. *Factor analysis*. Edición 2013. NC, United States: Statistical Publishing Associates.
- Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J.F., Culioli, J. 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial of meat. *Reproduction Nutrition Development*; 41:1-26
- Gerrard, D.E., Grant, A.L. 2006. *Principles of animal growth and development*. 1st ed. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Gilbert, M., Nicolas, G., Cinardi, G., Van Boeckel, T., Vanwambeke, S.O. 2018. Global distribution data for cattle, buffaloes, horses, sheep, goats, pigs, chickens and ducks in 2010, *Scientific Data*. Vol 5.

- Gökdal, O., Atay O., Ülker H., Kayaardı S., Kanter M., De Avila M.D., Reeves J.J. 2010. The effects of immunological castration against GnRH with recombinant OL protein (Ovalbumin-LHRH-7) on carcass and meat quality characteristics, histological appearance of testes and pituitary gland in Kivircik male lambs. *Meat Science*; 86:692-8.
- Goodson, K.J., Miller, R.K., Savell, J.W. 2001. Carcass traits, muscle characteristics, and palatability attributes of lambs expressing the callipyge phenotype. *Meat Science*; 58:381-7.
- Guedes, D.G.P., Ribeiro, M.N., Carvalho, F.F.R.D. 2018. Multivariate techniques in the analysis of carcass traits of Morada Nova breed sheep. *Ciencia Rural*, 48:09, 1-7.
- Guerra, I.D. 2019. Regresión sobre Componentes Principales. Tesis de grado de matemáticas y estadística. Universidad de Sevilla.
- Hellen, M., Fernando, L., Alberto, J. 2011. Biomarcadores De Estrés Como Indicadores De Bienestar Animal En Ganado De Carne: Stress Biomarkers As Indicators of Animal Welfare in Cattle Beef Farming. *Biosalud*; 10: 71–87.
- Hernández, B.J., Aquino, L.J.L., Ríos, R.F.G. 2013. Efecto del manejo pre-mortem en la calidad de la carne. *NACAMEH*; 7 (2): 41-64.
- Hernández, C.L., Ramírez, B.J.E., Guerrero, L.M.I., Hernández, M.O., Crosby G.M.M., Hernández C.L.M. 2009. Effects of crossbreeding on carcass and meat quality of Mexican lambs. *Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia*; 61:475-83.
- Heymann, H., Holt, D. L., Cliff, M. A. 1993. Measurement of flavor by sensory descriptive techniques. In: *Flavor Measurement*. Ed. Ho, C.-T. and Manley, C. H., Marcel-Dekker, New York, New York, USA
- Hopkins, D.L., Fogarty, N.M., Mortimer, S.I. 2011. Genetic related effects on sheep meat quality. *Small Ruminant Research*; 101:160-72.
- Horcada, A., Polvillo, O. 2010. Capítulo 5: Conceptos Básicos sobre la carne. En *La producción de carne en Andalucía*. pp. 113-139.

- Hui, Y.H., Guerrero, L.I., Rosmini, R.M., 2006. *Ciencia y Tecnología de la Carne*. Ed. Limusa 634 pp.
- IBM Corp. 2019. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0*. Armonk, NY: IBM Corp
- Inchausti, D., Tagle, E. C. 1970. *Bovinometría y Barimetría*. En: *Bovinotécnica*. Tomo I. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. p. 61.
- Jerez, N., Huerta, N., Ortega, J., Rodas, A., 2013. Prediction equations for Warner-Bratzler shear force using principal component regression analysis in Brahman-influenced Venezuelan cattle. *Meat Science*; 93, 771–775.
- Juárez, M., Horcada, A., Alcalde, M.J., Valera, M., Polvillo, O., Molina, A. 2009. Meat and fat quality of unweaned lambs as affected by slaughter weight and breed. *Meat Science*; 83:308-13.
- Jones, B. K., Tatum, J. D. 1994. Predictors of beef tenderness among carcasses produced under commercial conditions. *Journal of Animal Science*; 72: 1492–1501.
- Kemp, C.M., Sensky, P.L., Bardsley, R.G., Buttery, P.J., Parr, T. 2010. Tenderness an enzymatic view. *Meat Science*; 84:248-56.
- Kijas, J.W., McCulloch, R., Hocking Edwards, J.E., Oddy, V.H., Lee, S.H., Van der Werf, J. 2007. Evidence for multiple alleles effecting muscling and fatness in the Ovine GDF8 locus. *BMC Genetics*; 8:80-9.
- Koenker, R., Bassett, G. 1978. Regression quantiles. *Econometrica*, 46 1:33 – 50.
- Koenker, R., Machado, A.F. 1999. Goodness of fit and related inference processes for quantile regression. *Journal of the American Statistical Association*, 94 448:1296-1310.
- Koohmaraie, M., Geesink, G.H. 2006. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*; 74:34-43.
- Kopuzlu, S., Onenc, A., Bilgin, O.C., Esenbuga, N. 2011. Determination of meat quality through principal components analysis. *Journal of Animal and Plant Sciences* 21, 151–156.

- Lage, J.F., Oliveira, I.M., Paulino, P.V.R. 2009. Papel do sistema calpaína calpastatina sobre a proteólise muscular e sua relação com a maciez da carne em bovinos de corte. *Revista Eletronica de Veterinaria*; 10:1-19.
- Laing, D. G. and Jinks, A. 1996. Flavour perception mechanisms. *Trends in Food Science and Technology*; 7, 12: 387-389.
- Lawrie, R.A, Ledward, D.A. 2006. *Lawrie's meat science*. 7th ed. Cambridge, England: Woodhead Publishing. 442 p.
- Le, S., Josse, J., Husson, F. 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18.
- Lee, S.H., Joo, S.T., Ryu Y.C. 2010 Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. *Meat Science*; 86, 166-70.
- López, E; 2018. *La producción Ovina en México*. Universidad Autónoma de Chapingo.
- López, M.V., Cruz, L.C., Partida, J.P., Torres, G.H., Buendía, R.G., Jiménez, M.B., Alfaro, R.R., Martínez, R.R., Hinojosa, J.C. 2016. Efecto de la raza paterna en características de la canal de corderos para carne en Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*; 7: 441-453.
- Martínez, G.S., Aguirre, O.J., Zepeda, G.J., Ulloa, C.R., Figueroa, M.R., Macías, C.H., Moreno, F.L.A. 2009. La ovinocultura de Nayarit, México. En: Cavalloti, V.B.A., Marcof, A.C.F. *Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis*. Chapingo, México, DF. 305-309 pp.
- Masri, A.Y., Lambe, N.R., Macfarlane, J.M., Brotherstone, S., Haresign, W., Bünger L. 2011. Evaluating the effects of a single copy of a mutation in the myostatin gene (c.*1232 GNA) on carcass traits in crossbred lambs. *Meat Science*; 87:412-8.
- Mavule, B.S., Muchenje, V., Bezuidenhout, C.C., Kunene, N.W. 2013. Morphological structure of Zulu sheep based on principal component analysis of body measurements. *Small Ruminant Research*, 111: 1-3, 23-30.
- McFarlane, C., Langley, B., Thomas, M., Hennebry, A., Plummer, E., Nicholas, G., McMahon, C., Sharma, M., Kambadur, R. 2005. Proteolytic processing of

- myostatin is auto-regulated during myogenesis. *Developmental Biology*; 283:58-69.
- McGeehin, B, Sheridan, J.J., Butler, F. 2001. Factors affecting the pH decline in lamb after slaughter. *Meat Science*; 58:79-84.
- Mendoza, G., Plata, F., Ramírez, M., Mejía, M., Lee, H., Bárcena, R. 2007. Evaluation of Complete Feeds for Intensive Fattening Lambs. *Revista científica, FCV-LUZ / Vol. XVII: 1: 66-72.*
- Mondragón, J., Hernández, J., Rebollar, S., Salem, A.Z.M., Rojo-Rubio, R., Domínguez, I.A., García, A., 2014. Marketing of meat sheep with intensive finishing in southern state of Mexico. *Tropical Animal Health Production*; 46, 1427–1433.
- Montgomery, D.C., Peck, E.A., Vining, G.G. 2006. *Introducción al análisis de Regresión Lineal*. 3era Reimpresión Compañía Editorial Continental; 459 – 460.
- Nascimento, M., Nascimento, A.C.C., Dekkers, J.C.M., Serão, N.V.L., 2019. Using quantile regression methodology to evaluate changes in the shape of growth curves in pigs selected for increased feed efficiency based on residual feed intake. *The International Journal of Animal Biosciences*. 13, 1009–1019. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002616>
- Nava, A., Antúnez, P. 2018. Aplicación de la regresión cuantílica para predecir el volumen fustal: Estudio de caso. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 5(15): 591-600.
- Ngo, L., Ho, H., Hunter, P., Quinn, K., Thomson, A., Pearson, G. 2015. Post-mortem prediction of primal and selected retail cut weights of New Zealand lamb from carcass and animal characteristics. *Meat science*, 112, 39-45.
- Nielsen, F. 2016. *Introduction to HPC with MPI for Data Science*. Springer; 8: 221-239.
- Offer, G., Trinick, J. 1983. On the mechanism of water-holding in meat: the swelling and shrinkage of myofibrils. *Meat Science*; 8: 245-281

- Okeudo, N.J., Moss, B.W. 2008. Production performance and meat quality characteristics of sheep comprising four sex-types over a range of slaughter weights produced following commercial practice. *Meat Science*; 80:522-8.
- Okpeku, M., Yakubu, A., Peters, S.O., Ozoje, M.O., Ikeobi, C.O.N., Adebambo, O.A., Imumorin, I.G. 2011. Application of multivariate principal component analysis to morphological traits of goats in southern Nigeria. *Acta Agriculturae Slovenica*. 98: 2, 101–109.
- Ordoñez, P. 1998. Características generales de la carne y componentes fundamentales. *Tecnología de los alimentos Vol II (alimentos de origen animal)* (Ed) síntesis S.A Madrid - España. Pp 186
- Organization for Economic Co-operation and Development, 2019. Meat consumption. Disponible en: <https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm>
- Ouali, A. 1992. Proteolytic and physicochemical mechanisms involved in meat texture development. *Biochimie*; 74: 251- 265p.
- Ouali A, Gagaoua M, Boudida Y, Becila S, Boudjellal A, Herrera-Mendez CH, Sentandreu MA. 2013. Biomarkers of meat tenderness: present knowledge and perspectives in regard to our current understanding of the mechanisms involved. *Meat Science*; 95: 854–870.
- Ovinos. 2018. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal (en línea) Disponible en <http://icamex.edomex.gob.mx/ovinos> (Revisado el 30 de agosto de 2019)
- Ozer, O.O., Akcay, H., 2013. The examination of differences in terms of socio-economic, stock period and information needs of the enterprises engaged in stock-farming activity. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 19, 1351–1357.
- Parlamento Europeo. 2013. Reglamento (UE) No 1308/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de diciembre de 2013 por el que se crea la organización común de mercados de los productos agrarios y por el que se derogan los Reglamentos (CEE) n ° 922/72, (CEE) n ° 234/79, (CE) n

° 1037/2001 y (CE) n ° 1234/2007 *Diario Oficial de la Unión Europea*. P.p. 347-361

- Partida, J.P., Braña, D.V., Jiménez, H.S., Ríos, F.R., Buendía, G.R. 2013. Producción de Carne Ovina. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. INIFAP. Libro Técnico 5.
- Partida, J.P., Ríos, F.R., De la Cruz, L.C., Domínguez, I.V., Buendía, G.R. 2017. Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*; 8: 269-277.
- Pérez, H., Castañeda, V., Sánchez, M., Martínez, O. 2018. Modelo de regresión lineal simple como predictor del peso vivo en diferentes razas de ovinos. *Memorias del XLII Congreso Nacional de Buiatría*: 426-431.
- Pérez, P., Vilaboa, J., Chalate, H., Candelaria, B., Díaz, P., López, S. 2011. Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Revista Científica FCV-LUZ* 4(21): 327-334.
- Putra, W.P.B., Ilham, F. 2019. Principal component analysis of body measurements and body indices and their correlation with body weight in Katjang does of Indonesia. *Journal of Dairy Veterinary Animal Research*, 8:3, 124-134.
- Raes, K., Balcean, A., Dirink, P., Winne, A.D., Clayes, E., Demeyer, D., Smet, S.D. 2003. Meat quality, fatty acid composition and flavour analysis in Belgian retail beef. *Meat Science*; 65:1237-46.
- Ríos, V., Montalvo, E., Tairo, R., Farfán, M., Lavilla, W.G., Aedo E. 2020. Modelo de regresión lineal múltiple del peso vivo en ovejas de raza asblack en función de variables zoométricas. *Interscienia*; 8, 13–29.
- Rivas, J., Manuel, J., De-pablos-heredero, C., Angon, E., Barba, C., 2019. Canonical correlation of technological innovation and performance in sheep ' s dairy farms : Selection of a set of indicators 176.
- Rodríguez, A.F. 2012. Desempeño en la engorda, características de la canal y de la carne de cruza de sementales terminales con ovejas de pelo. *Memoria del Foro La importancia del uso de razas terminales*. INIFAP. Singuilucan, Hgo.

- Rojas, L. M. 2020. Análisis de los criterios de percepción sobre la calidad de la carne de ovino de los transformadores de Capulhuac, Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Ruiz de Huidobro, F., Miguel, E., Cañeque, V., Velasco, S. 2005. Conformación, engrasamiento y sistemas de clasificación de la canal ovina. In: Cañeque V, Sañudo C. (eds.) Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, España: Monografías INIA, Serie ganadera No. 3.
- Sabharwal, C.L., Anjum, B. 2016. Data reduction and regression using principal component analysis in qualitative spatial reasoning and health informatics. *Polibits*, 53: 31-42.
- Sankhyan, V., Thakur, Y.P., Katoch, S., Dogra, P.K., Thakur, R. 2018. Morphological structuring using principal component analysis of Rampur-Bushair sheep under transhumance production in western Himalayan region, India. *Indian Journal of Animal Research*, 52: 917-922.
- Russo, C., Preziuso, G., Verita, P. 2003. EU carcass classification system: carcass and meat quality in light lambs. *Meat Sci*; 64:411-6.
- Ryu Y.C., Lee M.H., Lee S.K., Kim B.C. 2006. Effect of muscle mass and fiber type composition of longissimus dorsi muscle on postmortem metabolic rate and meat quality in pigs. *J Muscle Food*; 17:343-53.
- Sanford W. 2014. *Applied Linear Regression*. Wiley. Pp. 21 – 22.
- Santos V.C., Silva S.R., Mena E.G., Azevedo J.T. 2007. Live weight and sex effects on carcass and meat quality of “Borrego terrincho–PDO” suckling lambs. *Meat Science*; Vol 77:654-61.
- Santos, F.R. 2011. Características morfométricas e avaliação dos não componentes de carcaça de caprinos mestiços anglonubiana x SPRD criados na caatinga em sistema semi-intensivo. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Núcleo de Pós-Graduação e Estudos em Recursos Naturais, Universidade Federal de Sergipe. 56f
- Sañudo, A.C. 2006. Calidad de la canal y de la carne en los ovinos: factores que la determinan. *Revista Argentina de Producción Animal*; 26: 155-167.

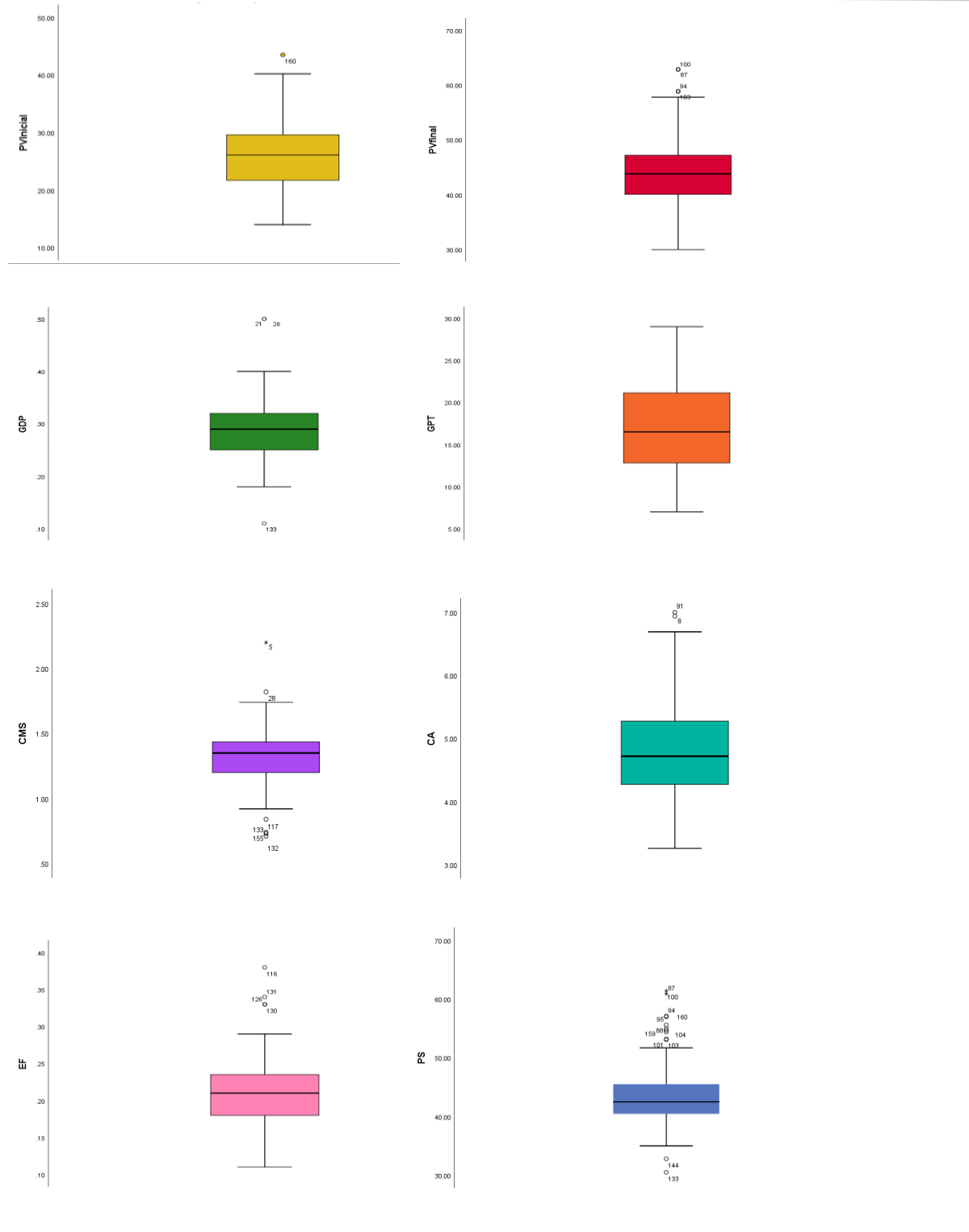
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 5136 p.
- SAS Institute Inc. 1999. The MIXED Procedure Chapter Table of Contents.
- Schaake, S.E., Skelley, G.C., Halpin, E., Grimes, L.W., Brown, R.B., Cross, D.L. and Thompson, C.E. 1993. Página: 6 Carcass and meat sensory traits of steers finished on fescue and clover, summer forage, or for different periods in drylot. *Journal of Animal Science*. 71, 3199-3205.
- Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. 2008 – 2021. Población ganadera. México. Consultado: 08-02-2022. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762?idiom=es>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. 1998. "NOM-051-ZOO-1995 Trato humanitario en la movilización de animales". *Diario Oficial de la Federación (Primera sección)* p.p. 42-67
- Secretaría de Economía. 2006. "NMX-FF-106-SCFI-2006 Productos Pecuarios – Carne de Ovino en Canal – Clasificación". *Diario Oficial de la Federación*. p.p.1-17
- Silva Sobrinho, A.G., Purchas, R.W., Kadim, I.T. 2005. Características de qualida de da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. *Revista Brasileira de Zootecnia*; 34:1070-8.
- Sosa, W. 2005. Perspectivas y avances recientes en regresión por cuantiles. En: Marchionni M, Ahumada H, Jorrat JM, Navarro AM, Sosa W. *Progresos en econometría*. Temas Grupo Editorial. Buenos Aires, Argentina. pp: 101-133
- Sowande, O. S. and Sobola, O. S. 2008. Body measurements of West African dwarf sheep as parameters for estimation of live weight. *Tropical Animal Health and Production*; 40:433-439.
- Tejeda, J.F., Peña, R.E., Andrés, A.I. 2008. Effect of live weight and sex on physico-chemical and sensorial characteristics of Merino lamb meat. *Meat Science*; 80:1061-7.
- Tejeda, J.F., Peña, R.E., Ruiz, J. 2006. Calidad de la carne de cordero & cabrito. *Servicio de Publicaciones de la Junta de Extremadura*, pp.77-89.

- Thompson, J.M., Perry, D., Daly, B., Gardner, G.E., Johnston D.J., Pethick D.W. 2006. Genetic and environmental effects on the muscle structure response post-mortem. *Meat Science*; 74:59-65.
- Trejo, B.I., Ríos, I., Figueroa, B., Morales, F.J. 2011. Análisis de la cadena de valor del sector ovino en Salinas, San Luis Potosí, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*. Vol. 8.
- Tschirhart Hoelscher, T.E., Baird, B.E., King, D.A., McKenna, D.R., Savell, J.W. 2006. Physical, chemical, and histological characteristics of 18 lamb muscles. *Meat Science*; 73:48-54.
- United States Department of Agriculture. 1992. "United States Standards for grades of Lamb, Yearling Mutton, and Mutton Carcass". *Agriculture Marketing Service, Livestock and Seed Division*. p.p 1-14.
- Vacca, G.M., Carcangiu, V., Dettori, M.L., Pazzola, M., Mura, M.C., Luridiana, S., Tilloca, G. 2008. Productive performance and meat quality of Mouflon x Sarda and Sarda x Sarda suckling lambs. *Meat Science*; 80:326-34.
- Wang, W., Lu, Y. 2018. Analysis of the mean absolute error (MAE) and the root mean square error (RMSE) in assessing rounding model. *IOP conf. series: Materials science and engineering*; 324: 1-10.
- Webb, E.C., Erasmus, L. 2013. The effect of production system and management practices on the quality of meat products from ruminant livestock. *South African Journal of Animal Science*. Vol. 43 No 3: 413-434
- Wood, J.D. 1984. Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. In *kFats in Animal NutritionV*, (Ed. J. Wiseman), Butterworths, London. p. 407-435.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Science*; 78, 343-58.
- Yazici A. C., Ögüs E., Ankarali H., Gürbüz F. 2010. An application of non linear canonical correlation analysis on medical data. *Turkish Journal of Medical Sciences* 2010;40 (3): 503-510.

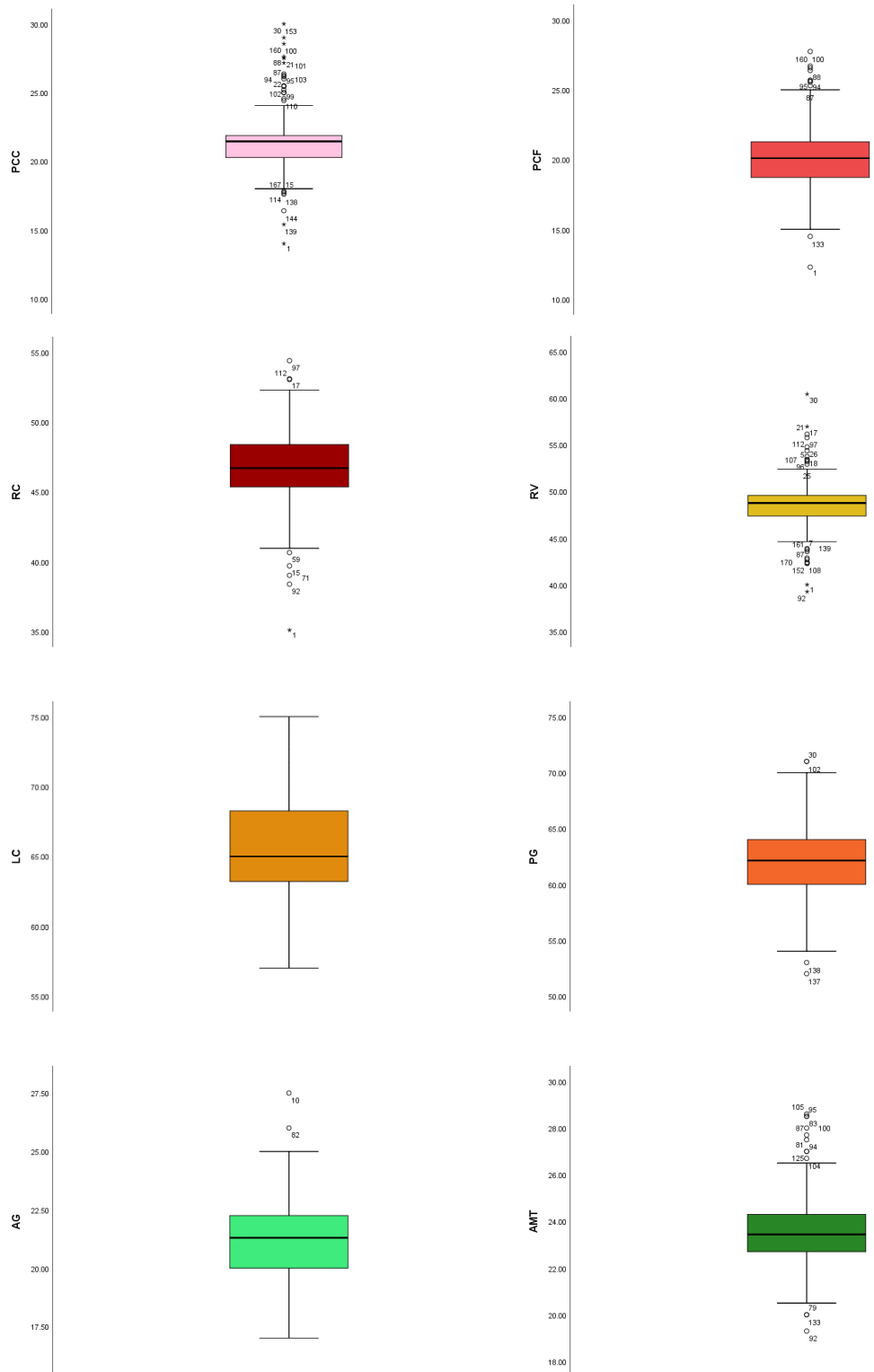
- Yeomans, J. 2009. Developments in Carcase Classification of Beef and Lamb – A Farmer's Fund Award.
- Young, O.A., Hopkins D.L., Pethick D.W. 2005. Critical points for meat quality in the Australian sheep meat supply chain. *Australian Journal of experimental Agriculture* 45; (5) 593-601.
- Zimerman, M. 2007. pH de la carne y factores que lo afectan. In: Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. Capítulo 11. p. 141-152.
- Zorrila J. M., Lancaster P.A., Horn G.W., Goad, C.L., Hilton G.G., Carrasco, D.M. 2013. Prediction of cutability of beef carcasses processed in Jalisco state, Mexico. *Avances en investigación agropecuaria*; 17,2: 65-77.

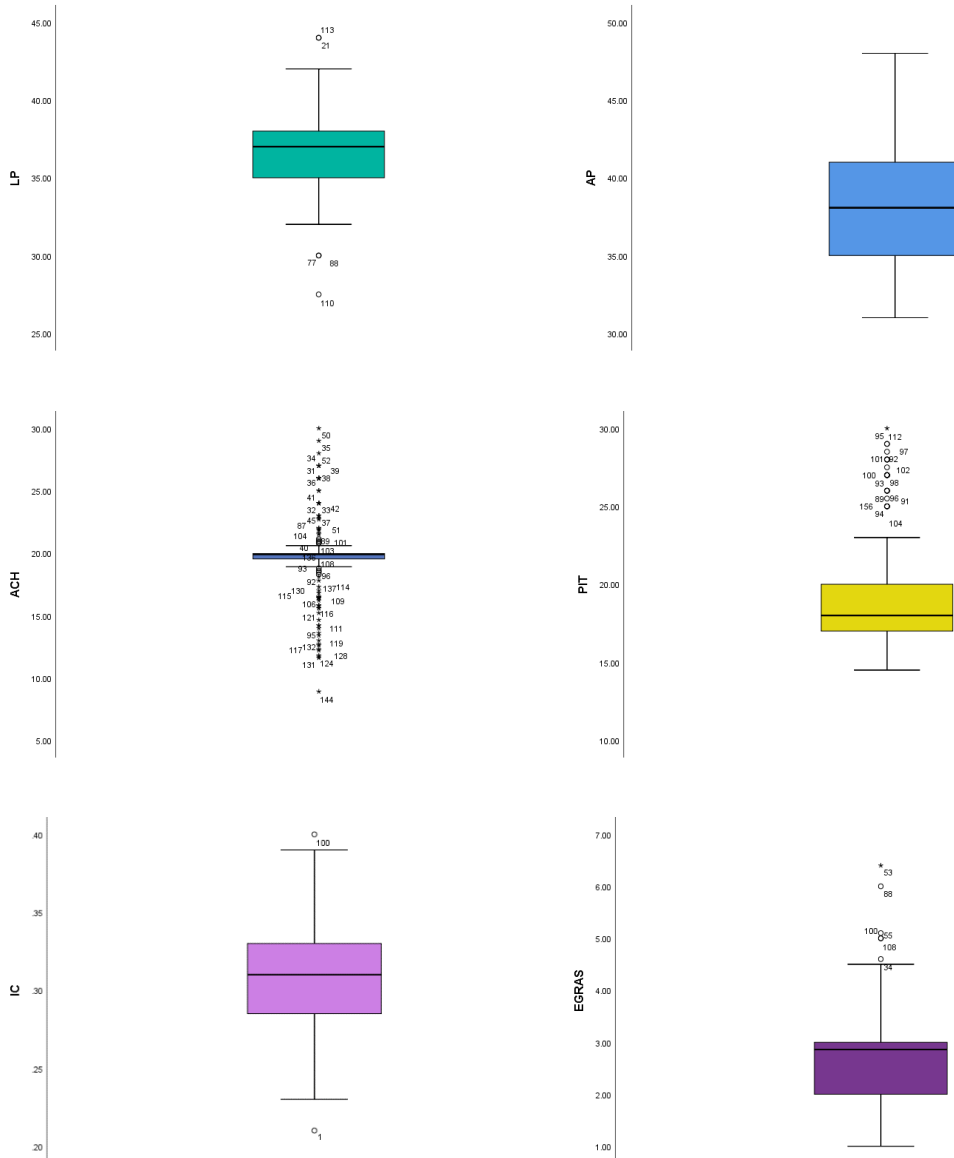
IX. ANEXOS

Anexo 1. Gráficos de caja donde se aprecia la distribución de las observaciones para las variables independientes.



Anexo 2. Gráficos de caja donde se aprecia la distribución de las observaciones para las variables dependientes.

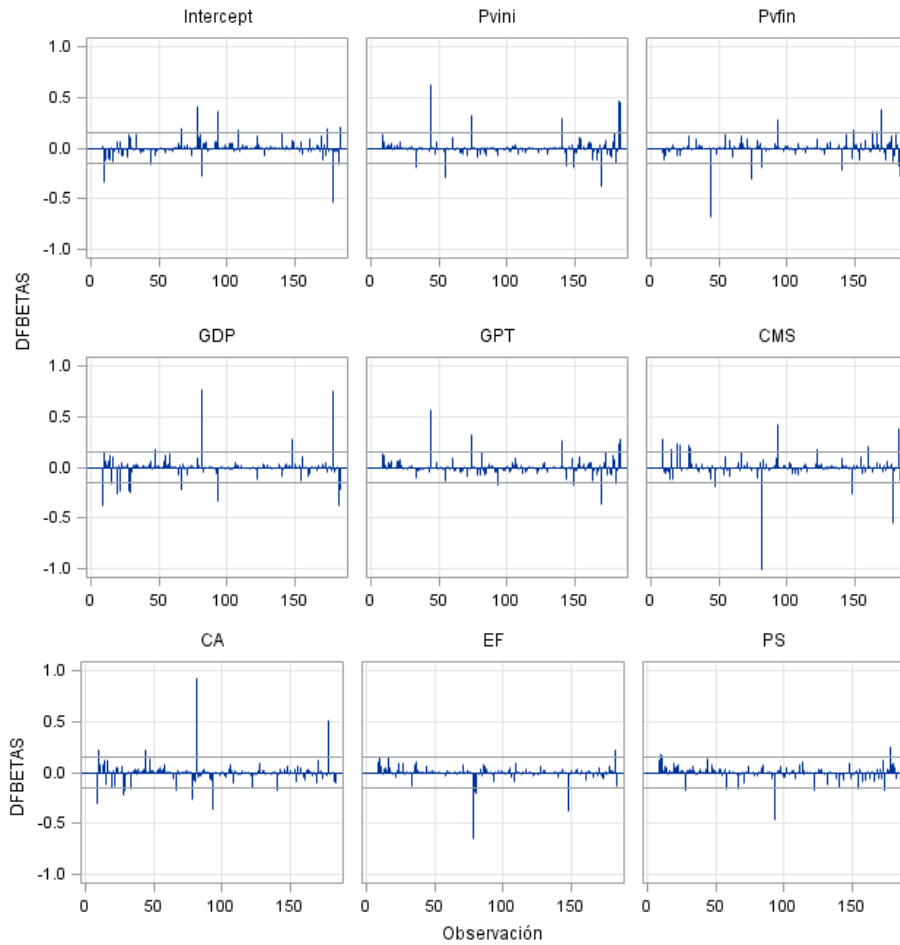




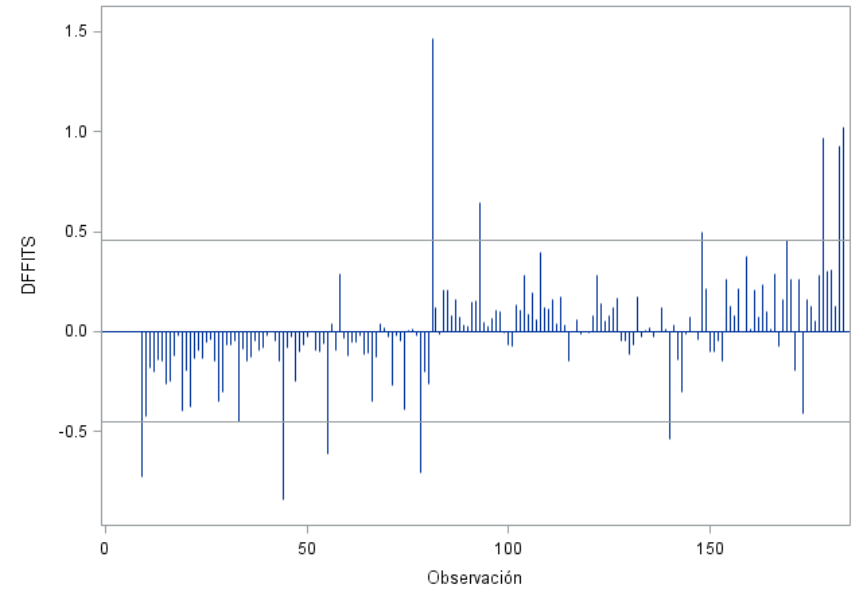
La mediana, el grado de asimetría en la distribución y las observaciones con valores extremos, son evidenciados a través de los tres cuartiles representado en la gráfica.

Anexo 3. Diferencias en el valor beta y ajuste de las observaciones de las variables antemortem para variables postmortem.

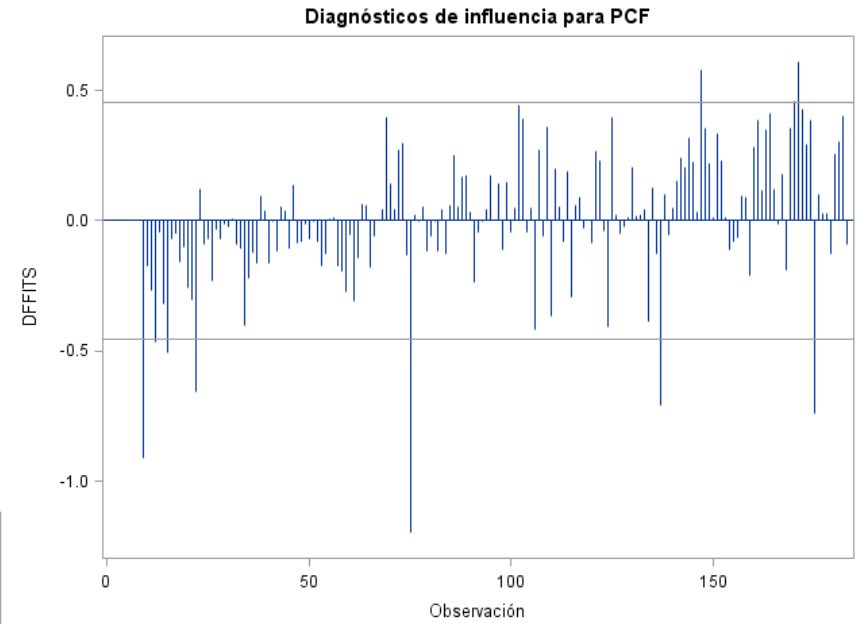
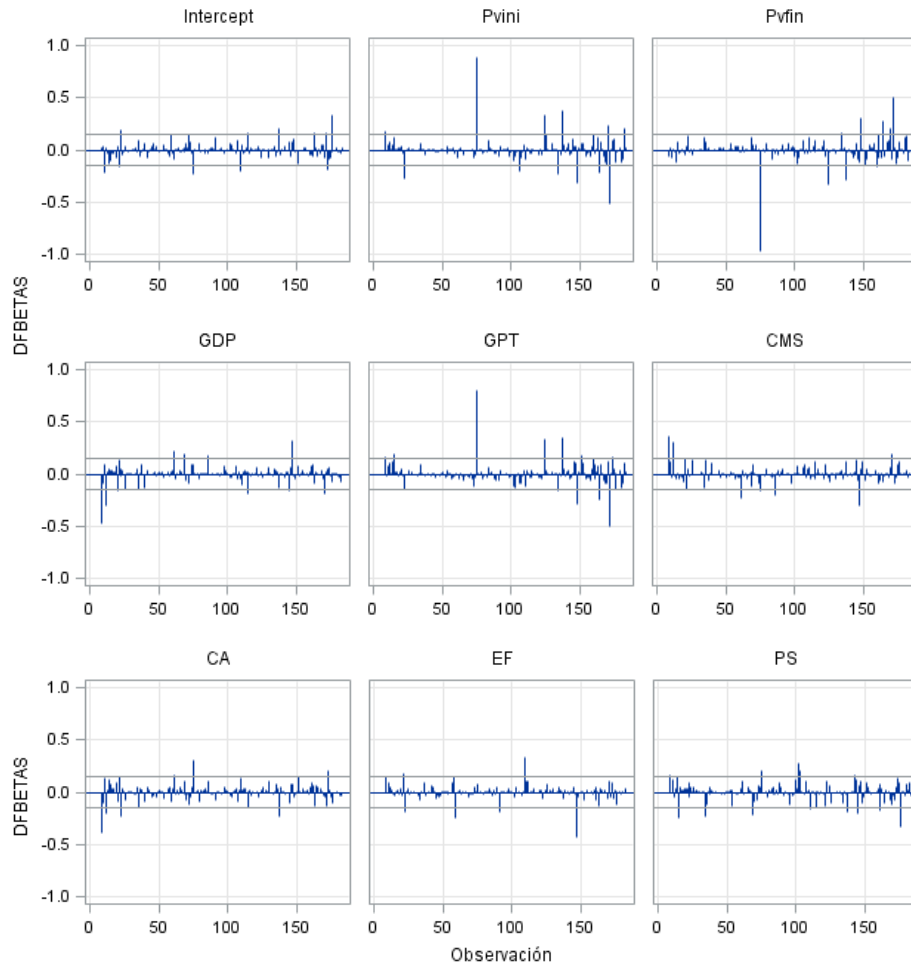
Diagnósticos de influencia para PCC



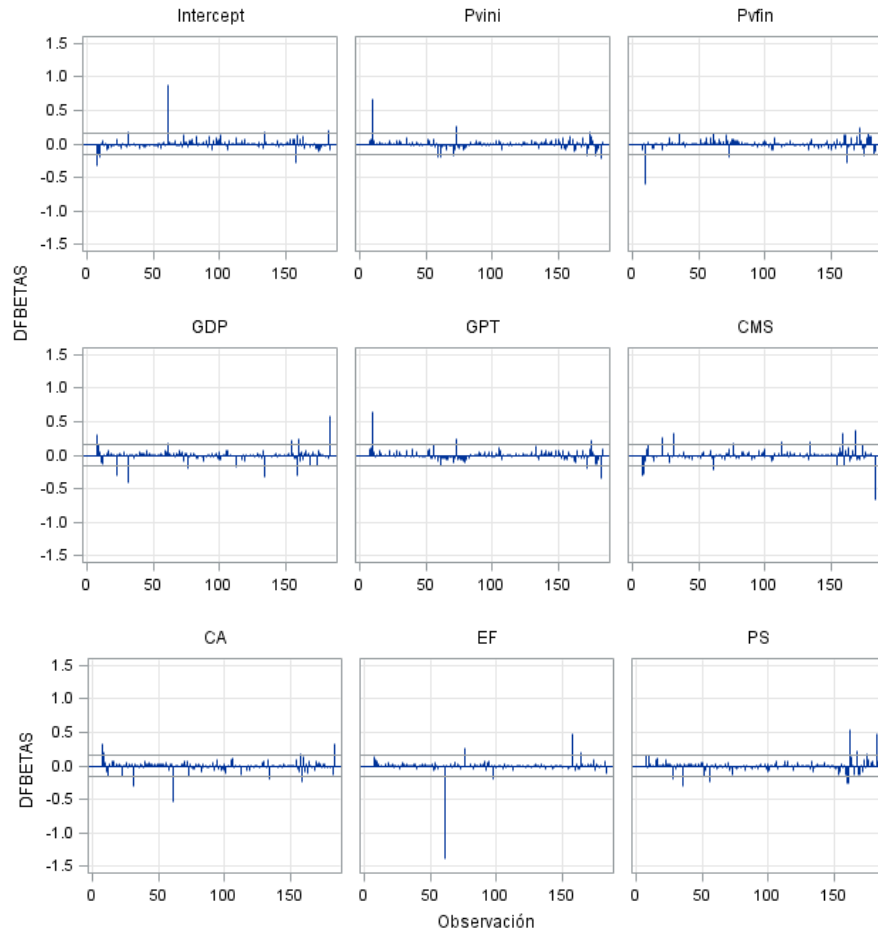
Diagnósticos de influencia para PCC



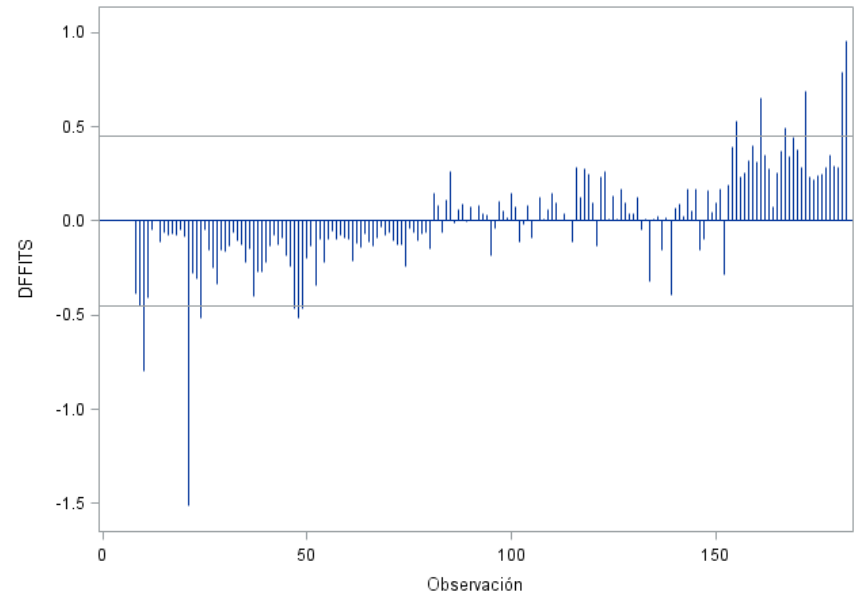
Diagnósticos de influencia para PCF



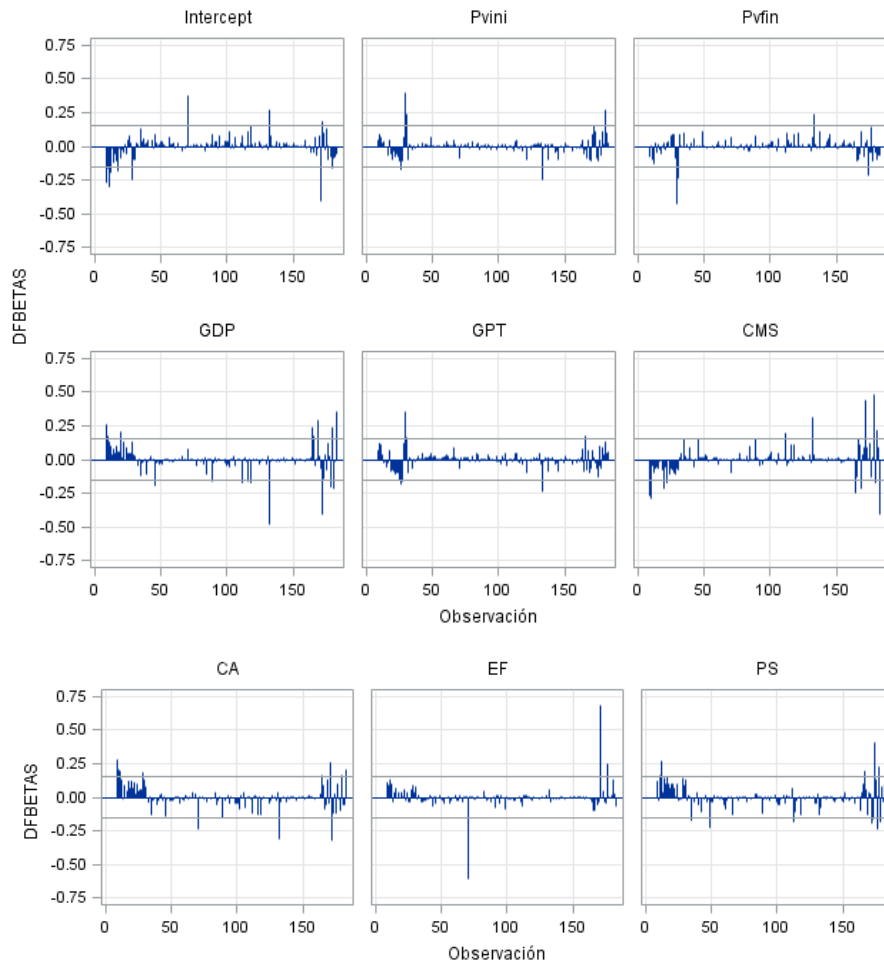
Diagnósticos de influencia para CONFS



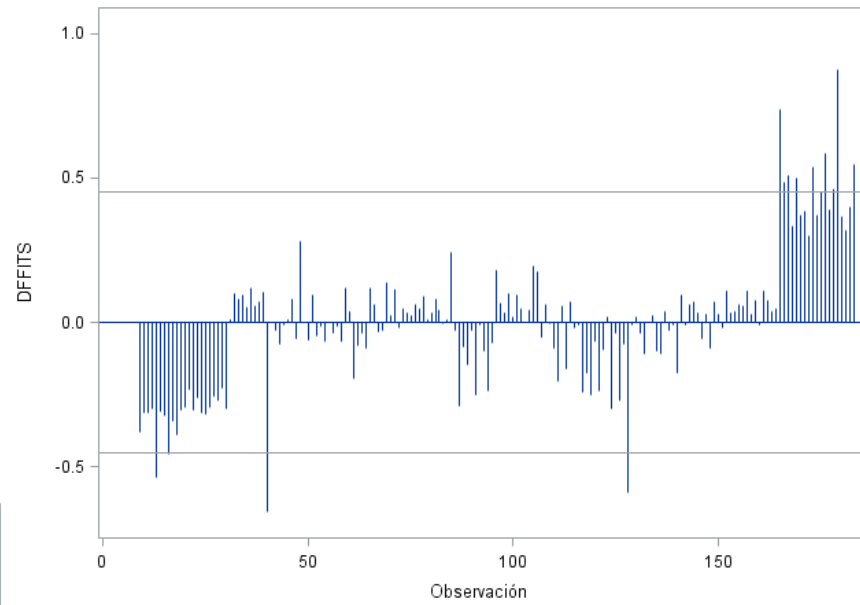
Diagnósticos de influencia para CONFS



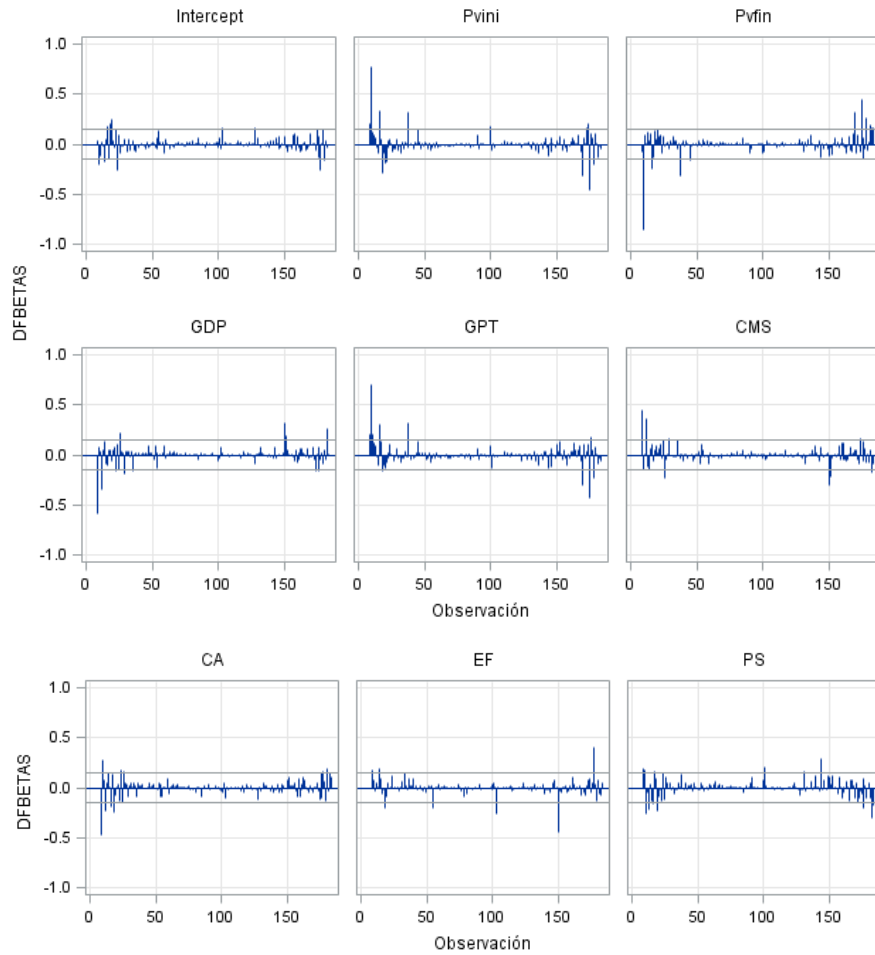
Diagnósticos de influencia para Conf



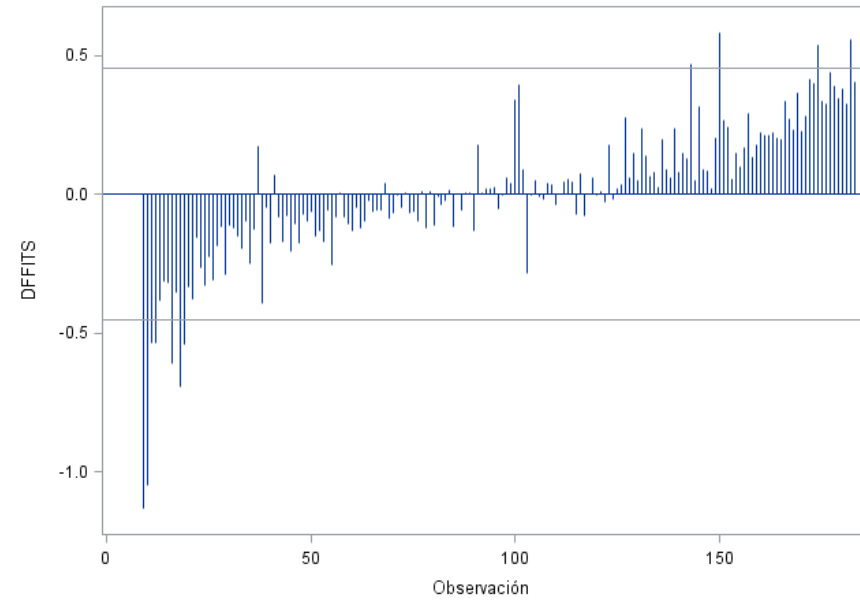
Diagnósticos de influencia para Conf



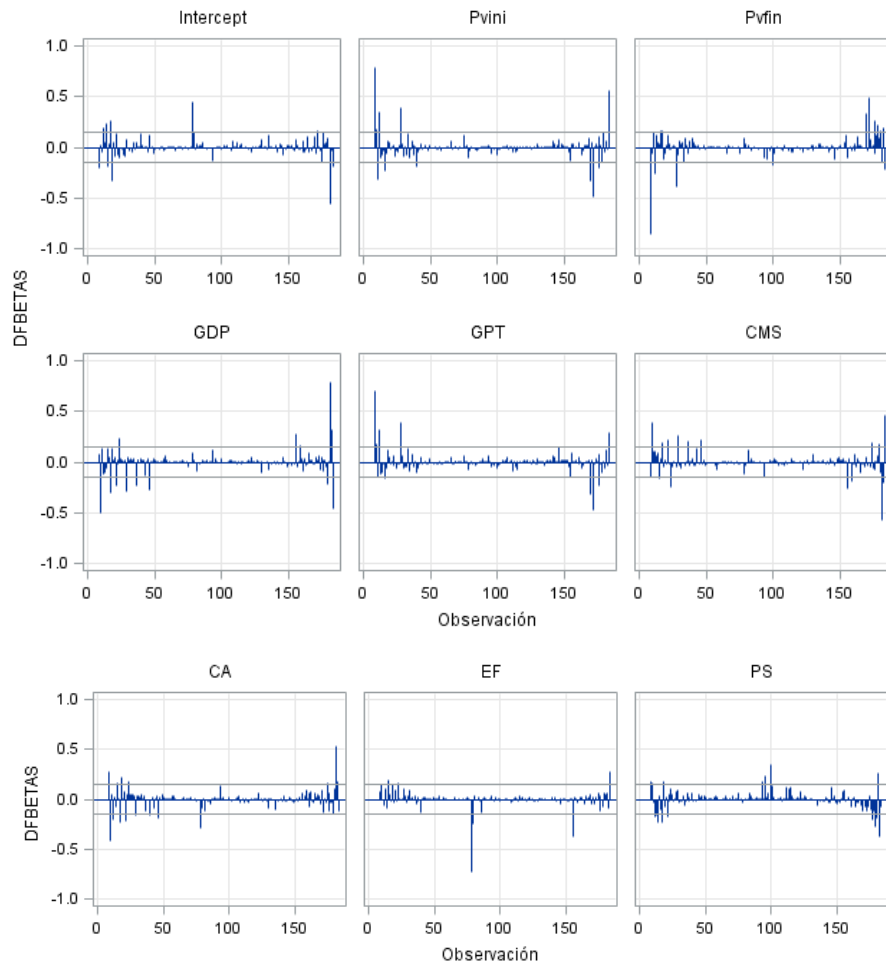
Diagnósticos de influencia para RC



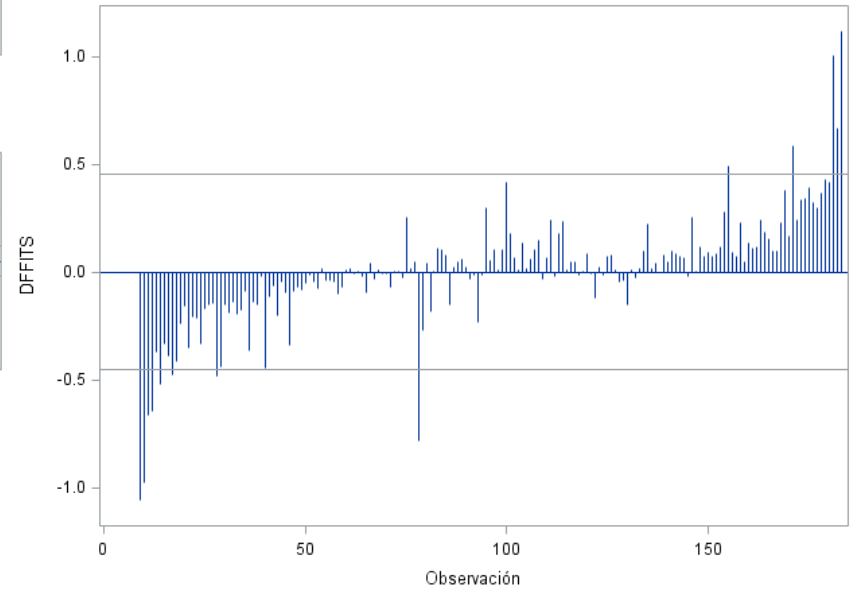
Diagnósticos de influencia para RC



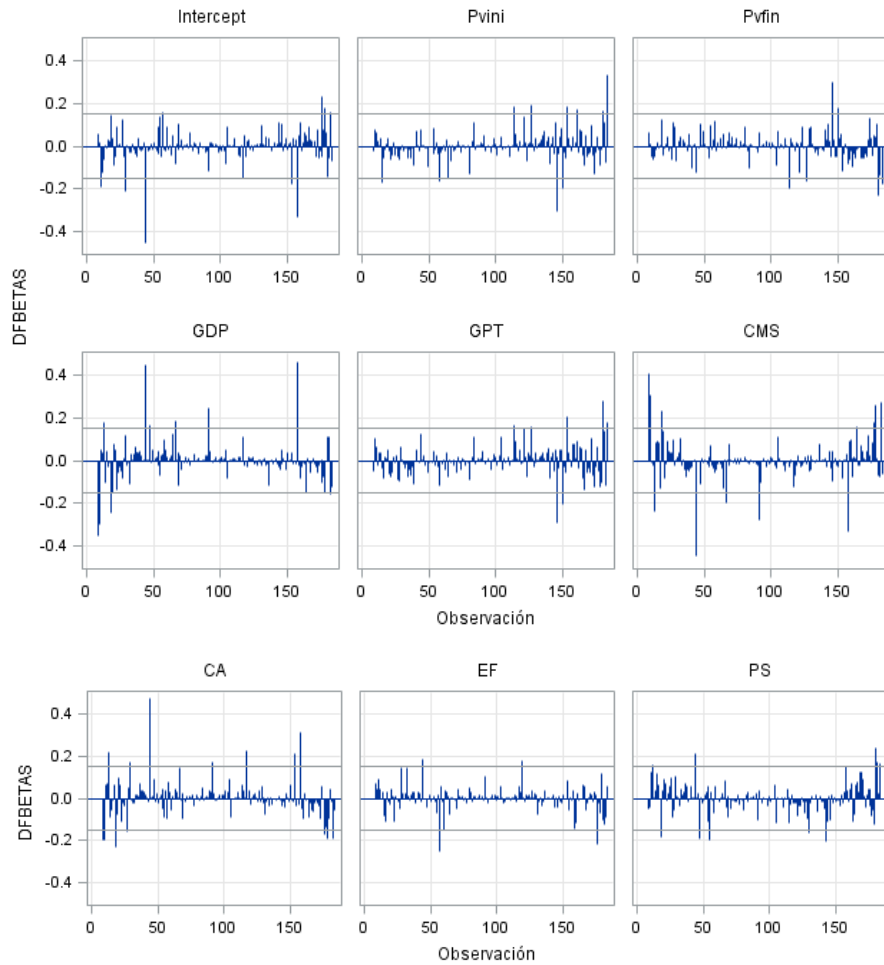
Diagnósticos de influencia para RV



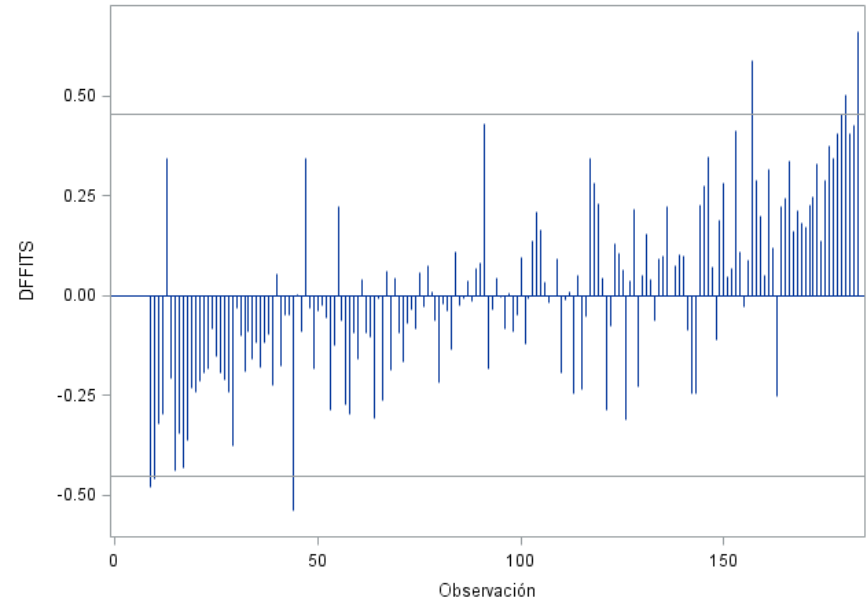
Diagnósticos de influencia para RV



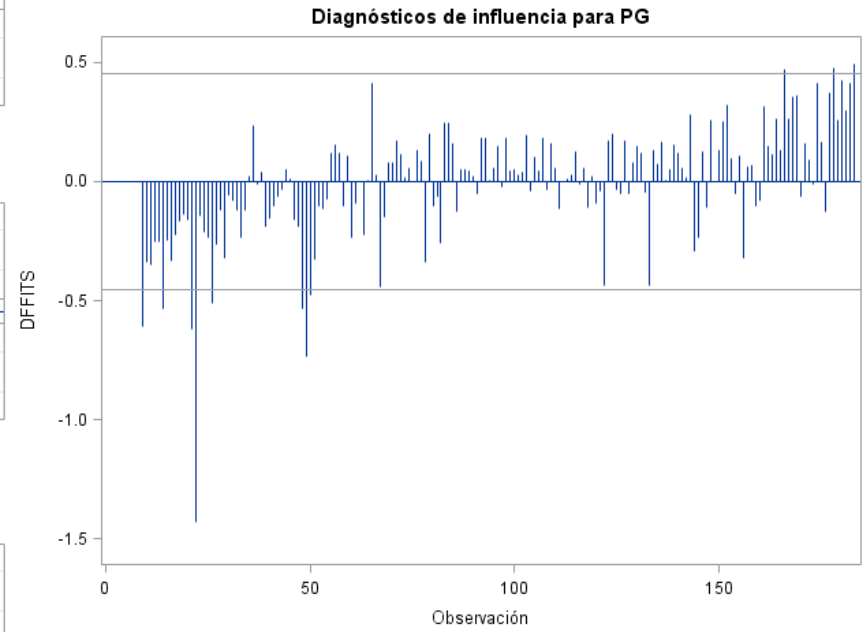
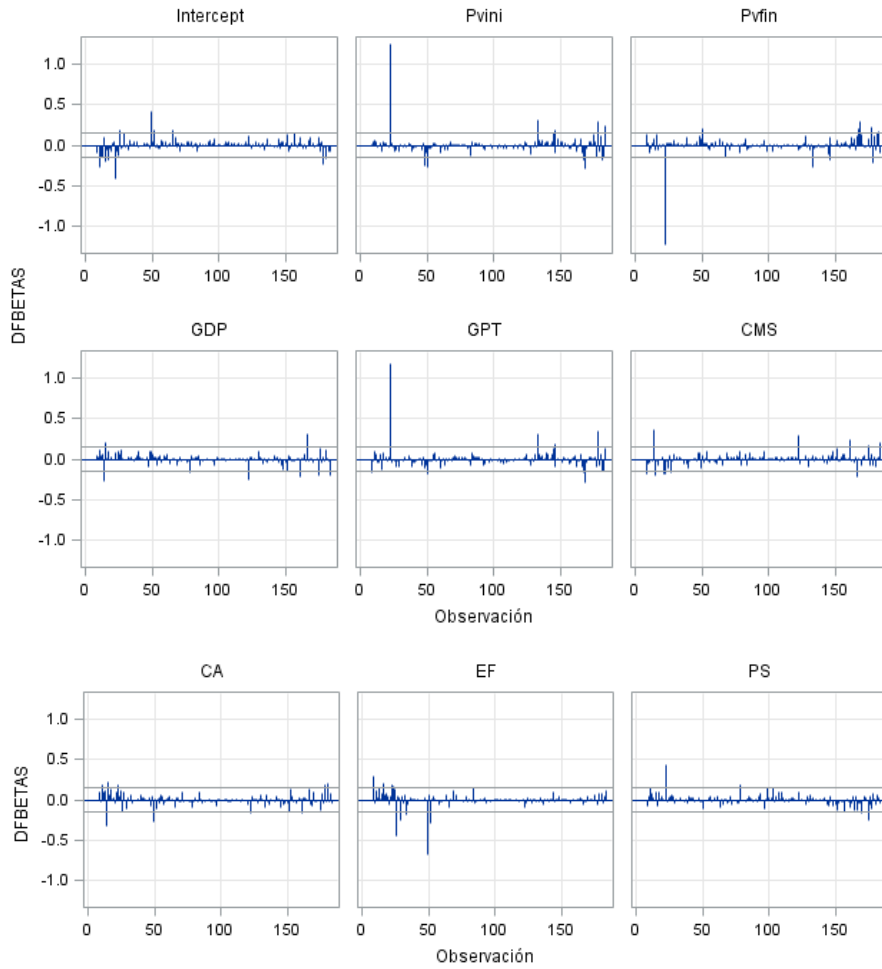
Diagnósticos de influencia para LC



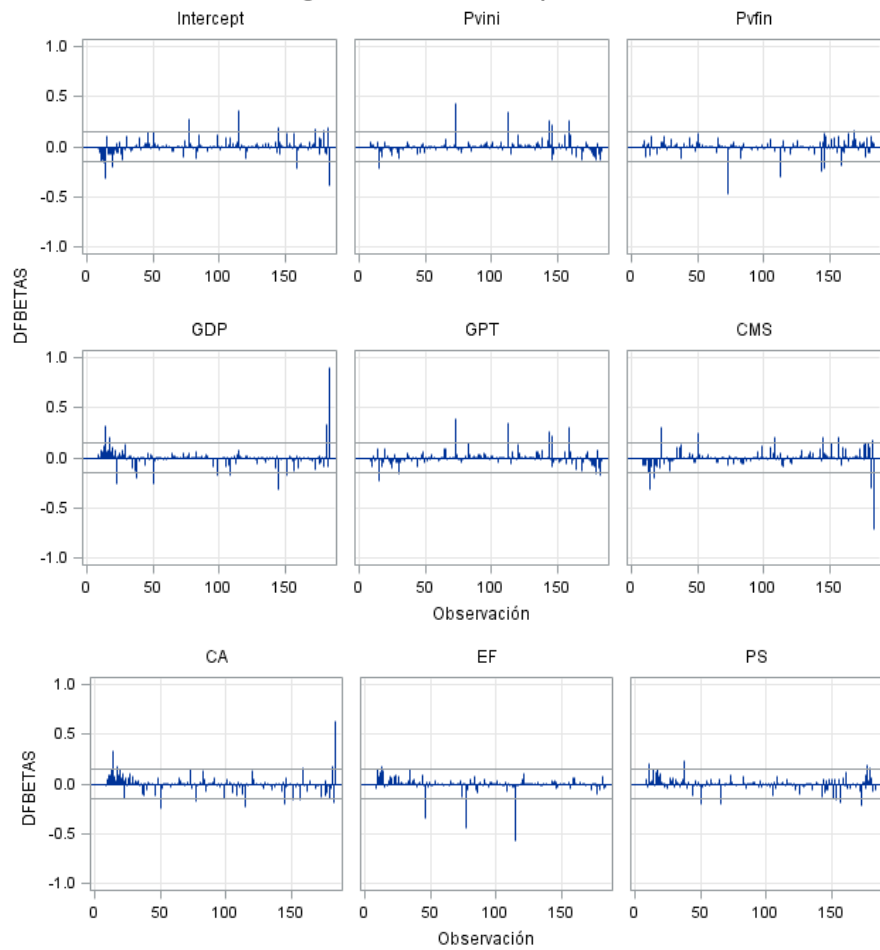
Diagnósticos de influencia para LC



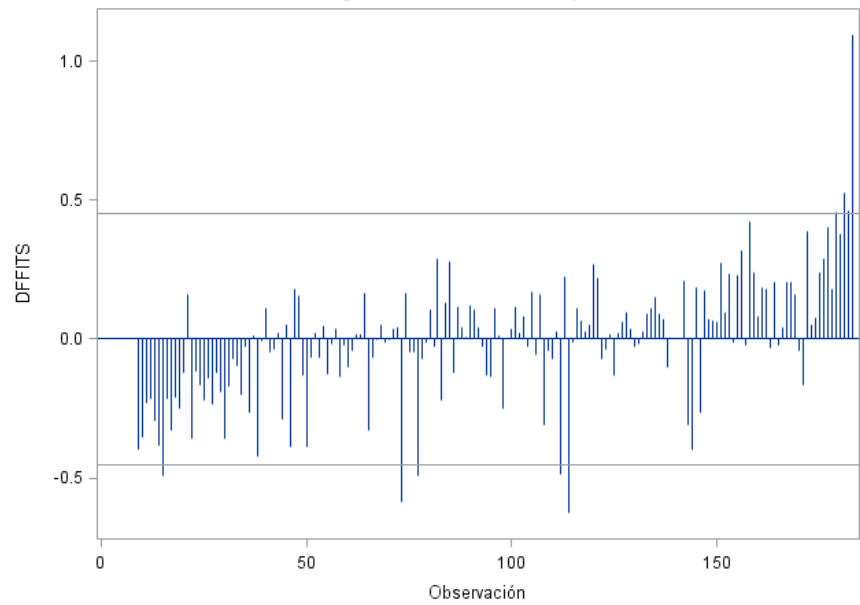
Diagnósticos de influencia para PG



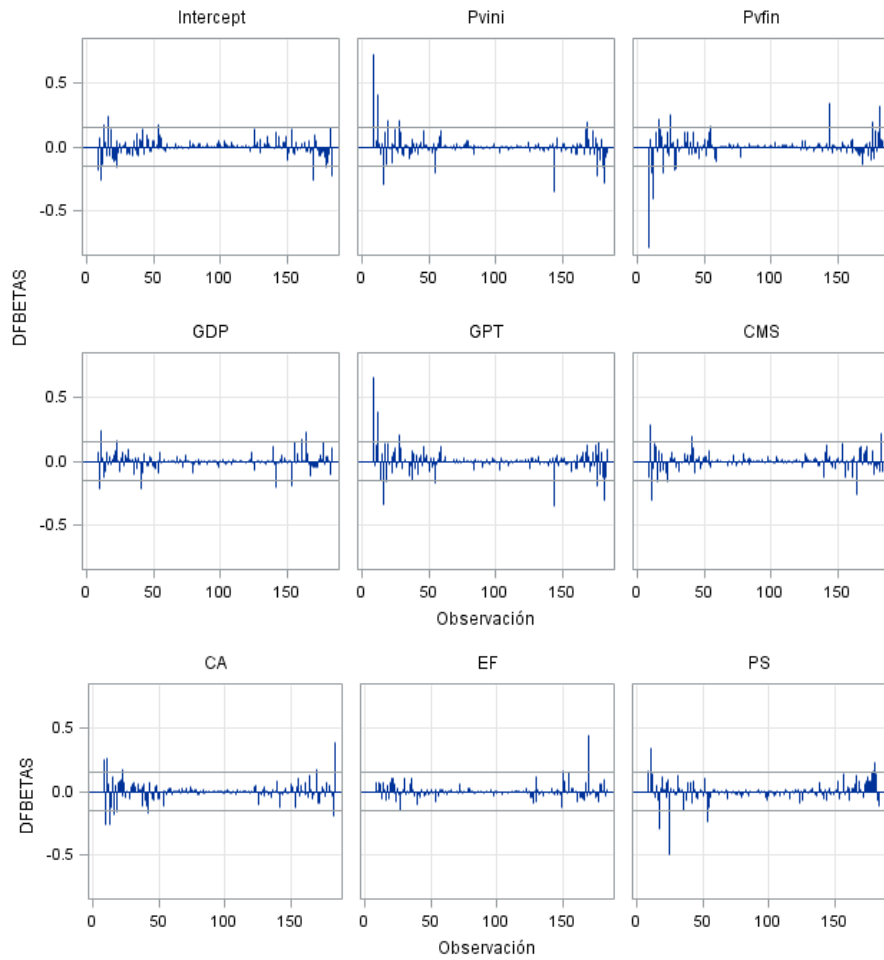
Diagnósticos de influencia para AG



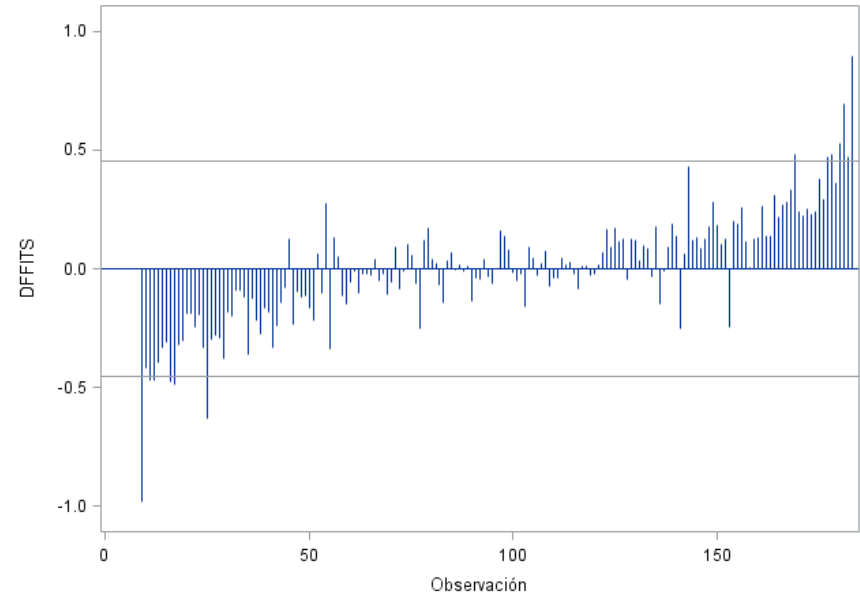
Diagnósticos de influencia para AG



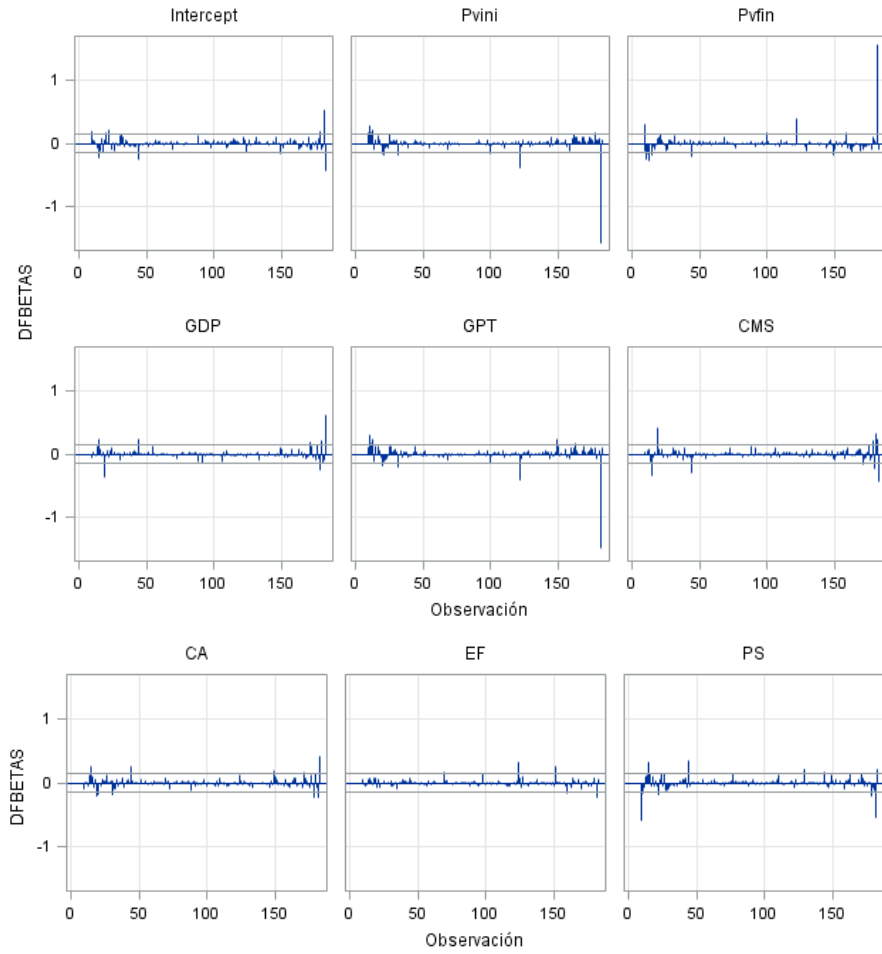
Diagnósticos de influencia para AMT



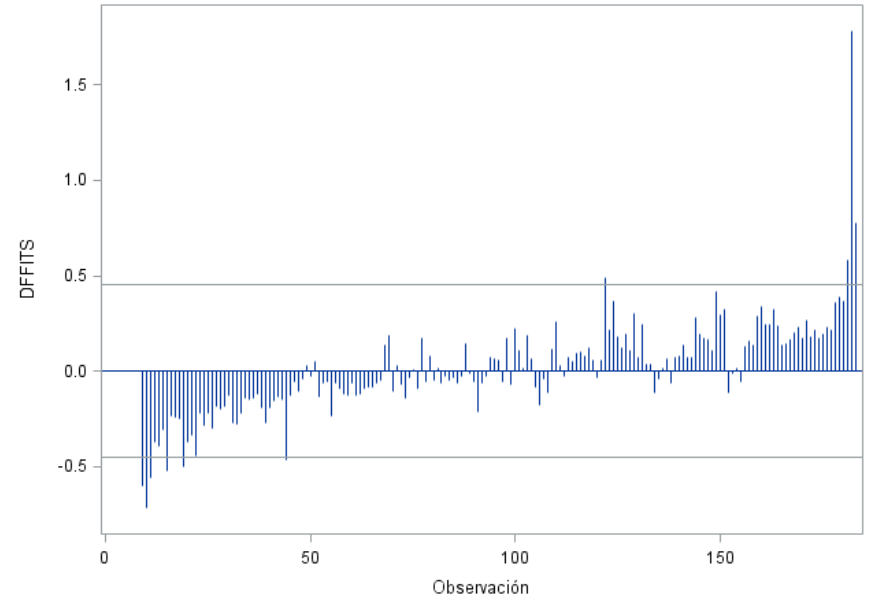
Diagnósticos de influencia para AMT



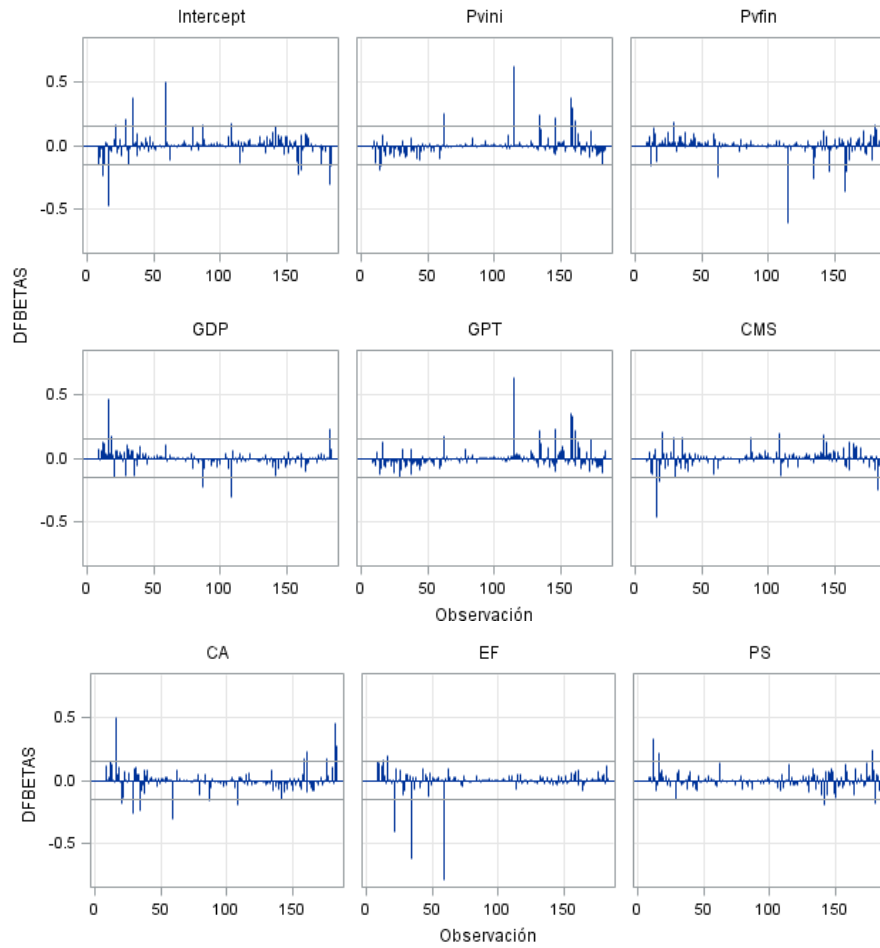
Diagnósticos de influencia para LP



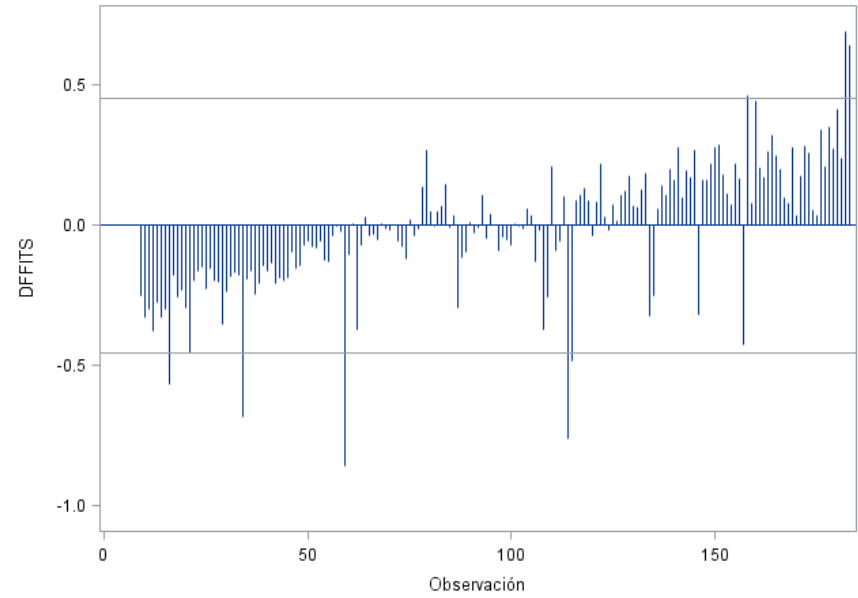
Diagnósticos de influencia para LP



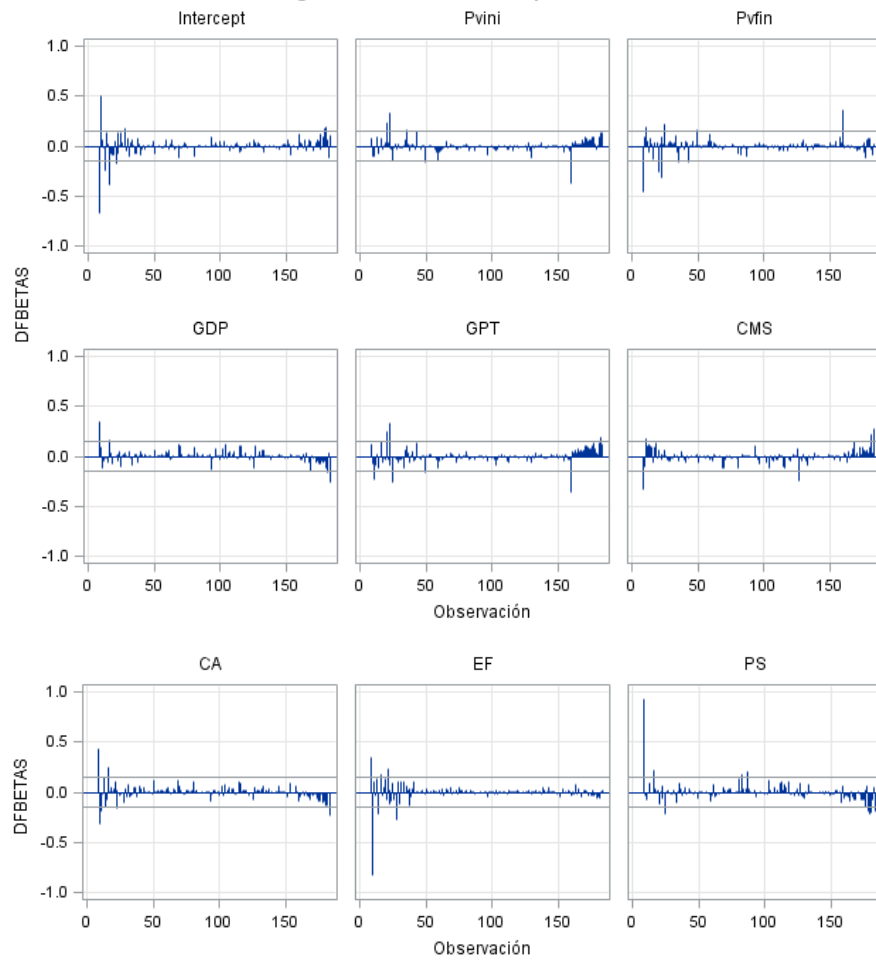
Diagnósticos de influencia para AP



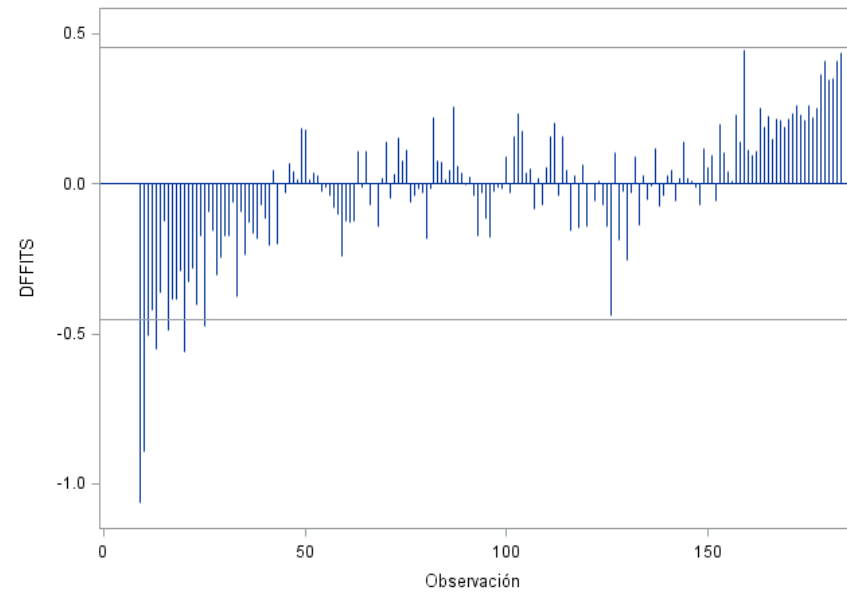
Diagnósticos de influencia para AP



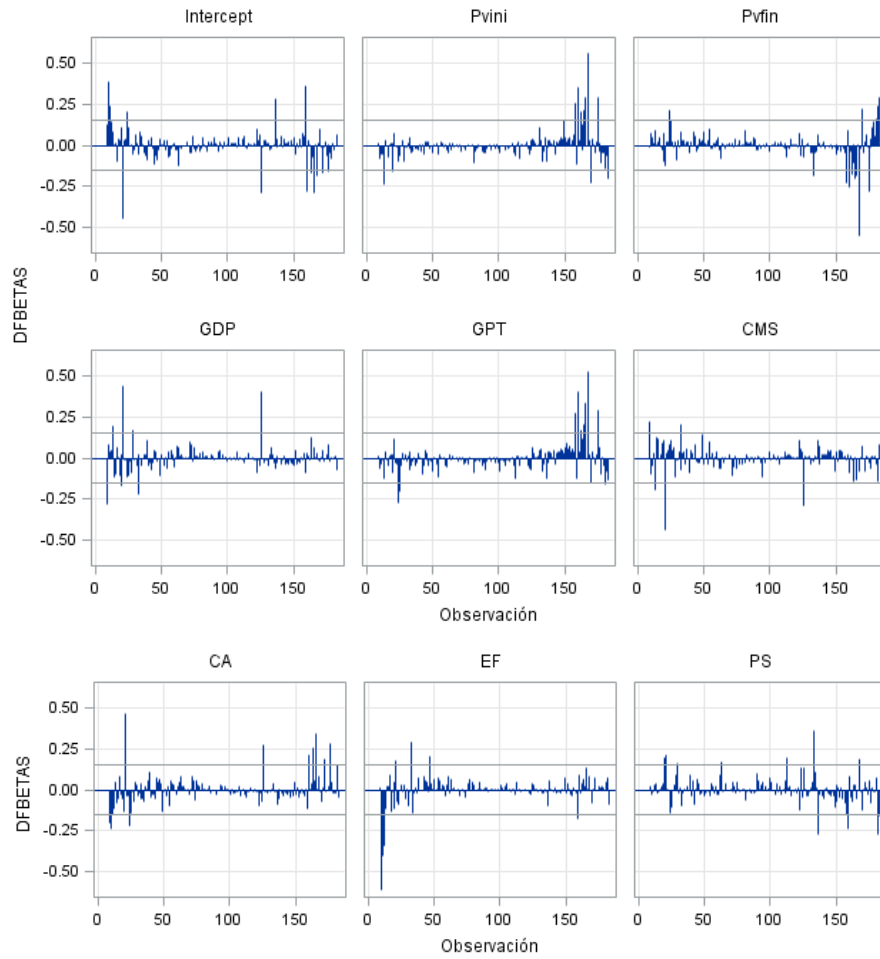
Diagnósticos de influencia para ACH



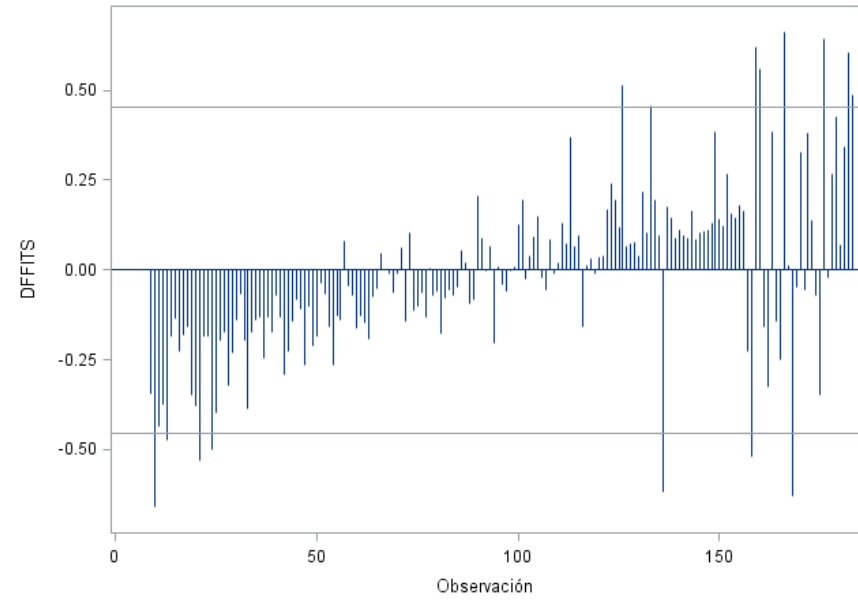
Diagnósticos de influencia para ACH



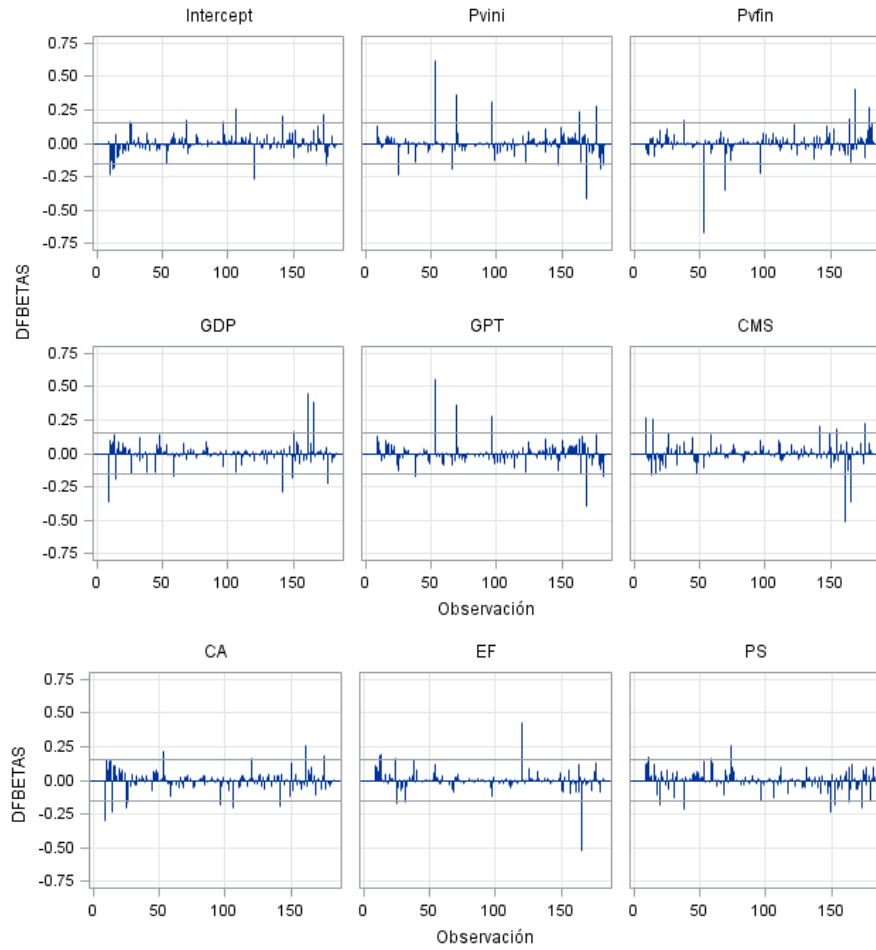
Diagnósticos de influencia para PIT



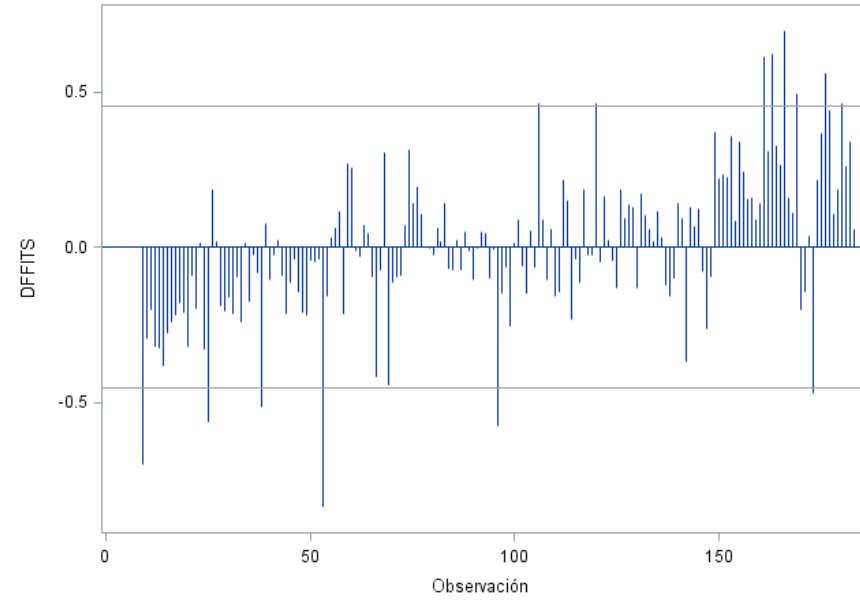
Diagnósticos de influencia para PIT



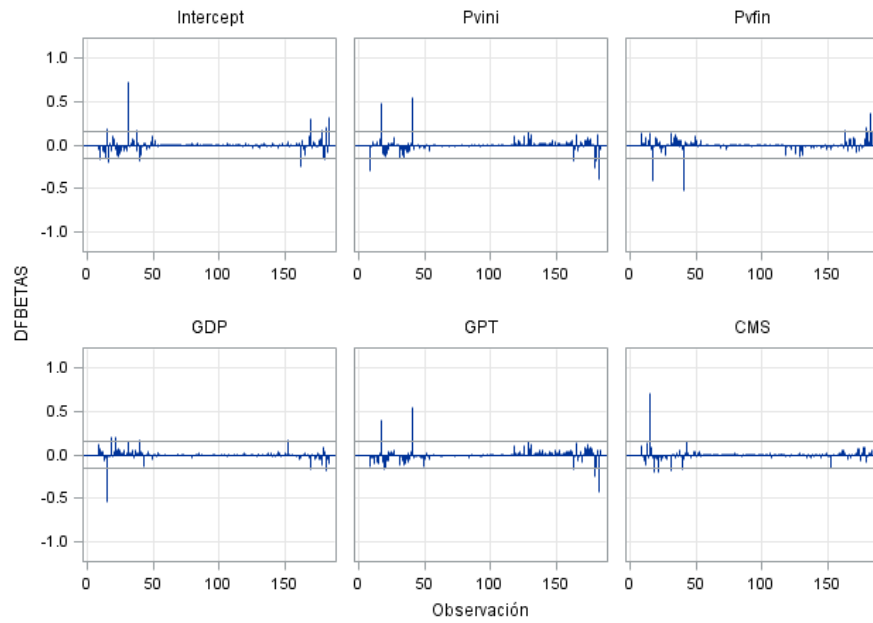
Diagnósticos de influencia para IC



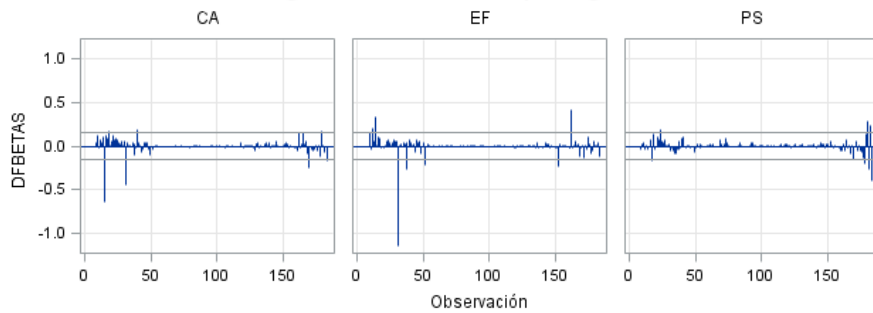
Diagnósticos de influencia para IC



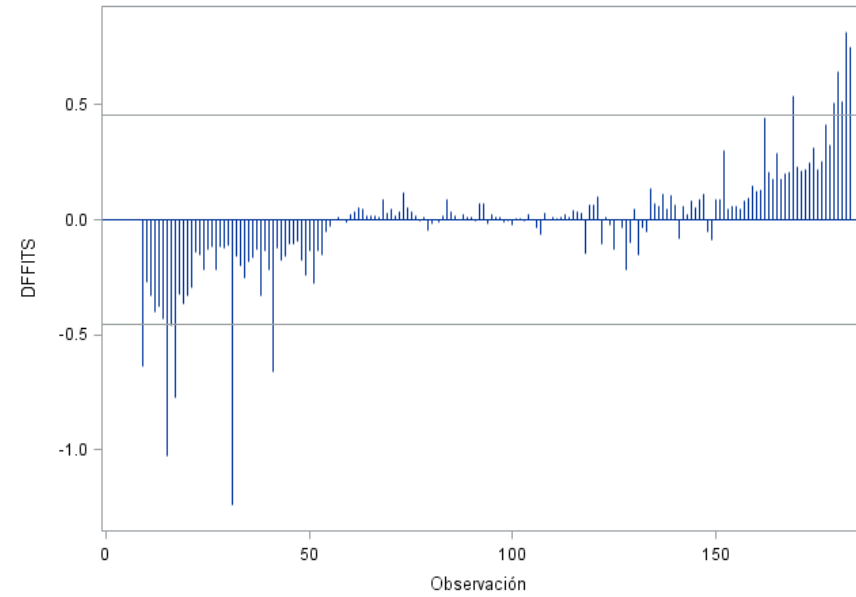
Diagnósticos de influencia para Egras



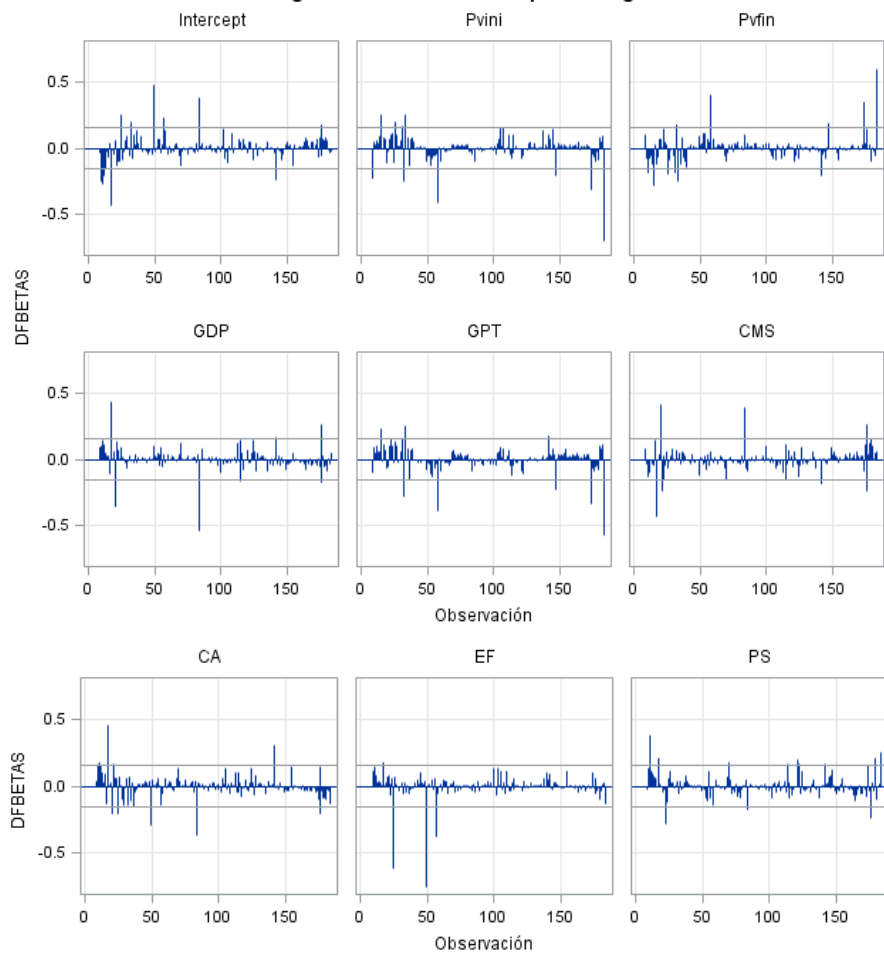
Diagnósticos de influencia para Egras



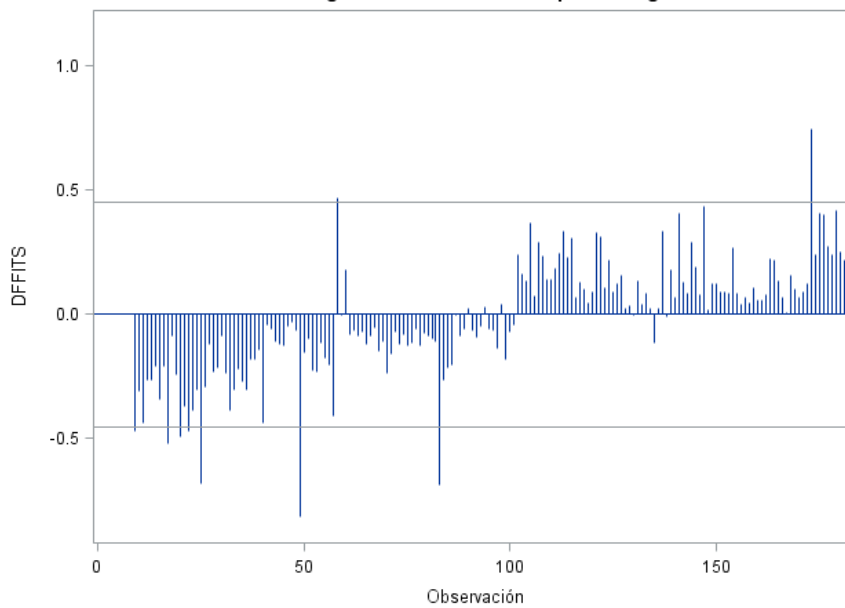
Diagnósticos de influencia para Egras



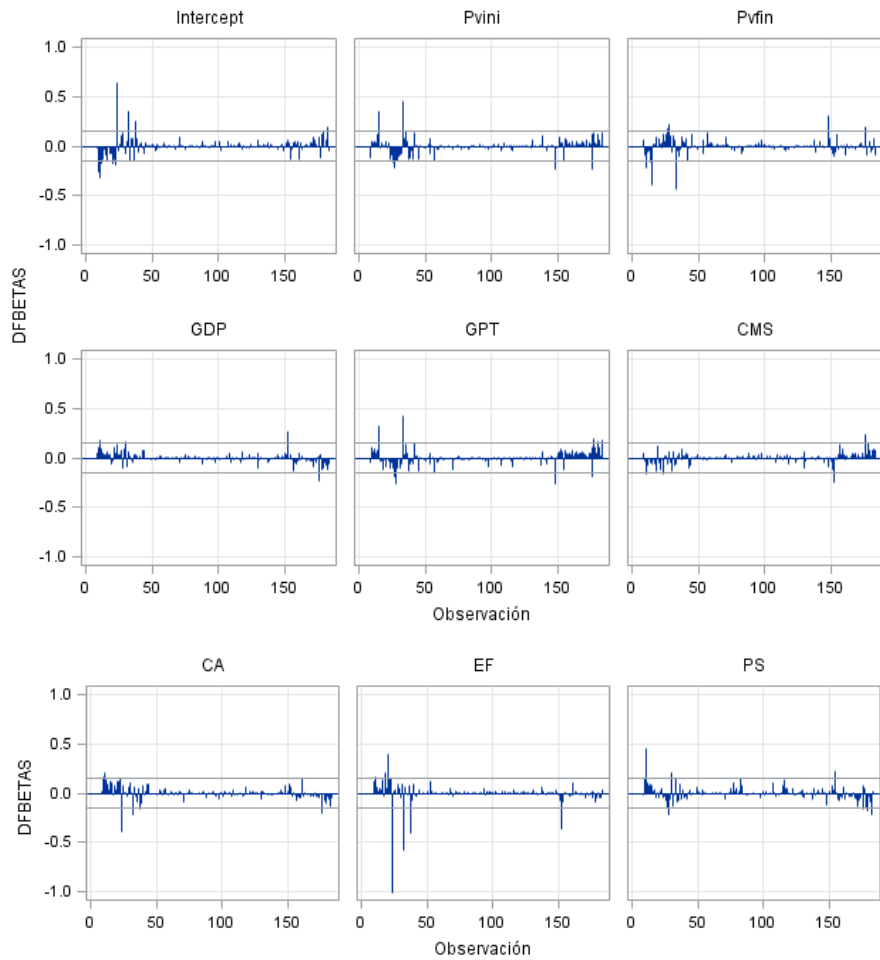
Diagnósticos de influencia para Geng



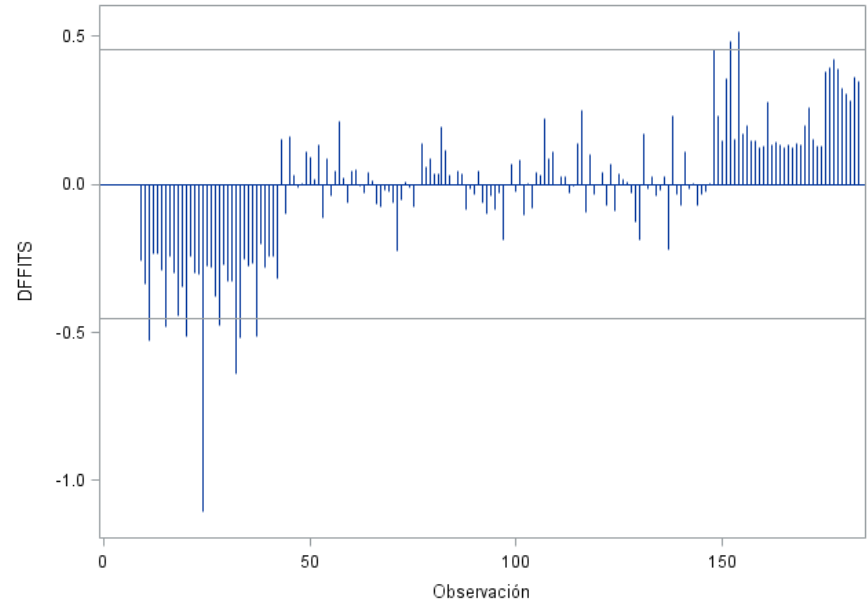
Diagnósticos de influencia para Geng



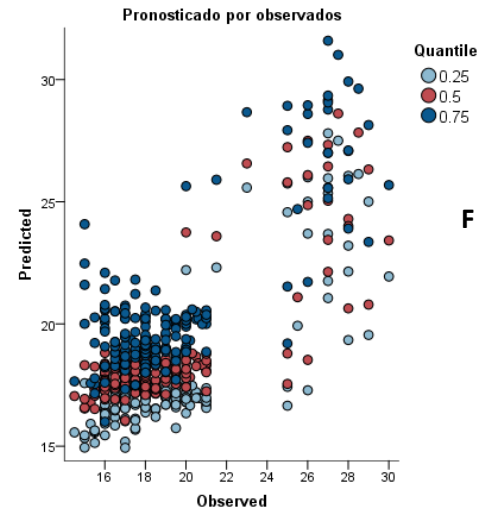
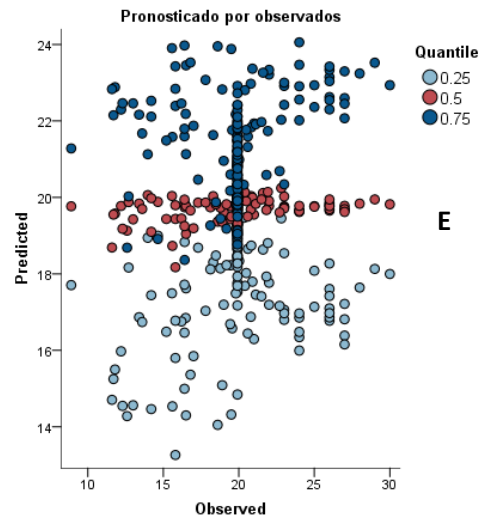
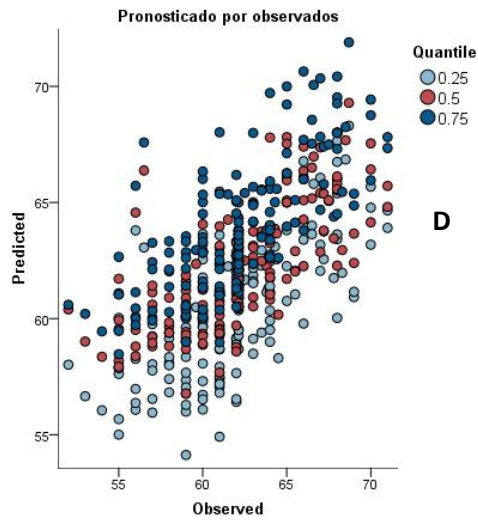
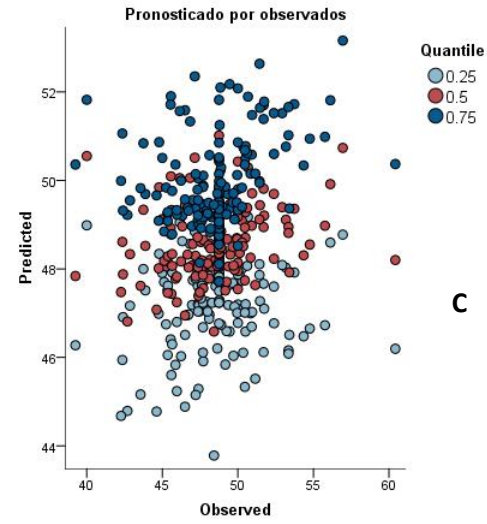
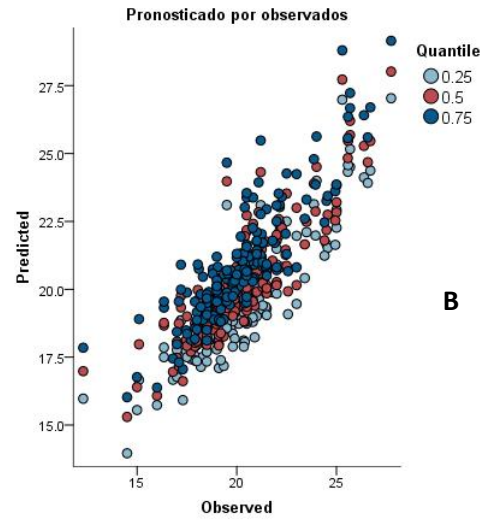
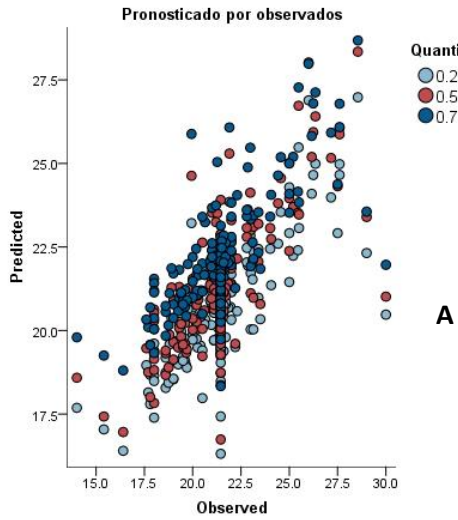
Diagnósticos de influencia para Gren

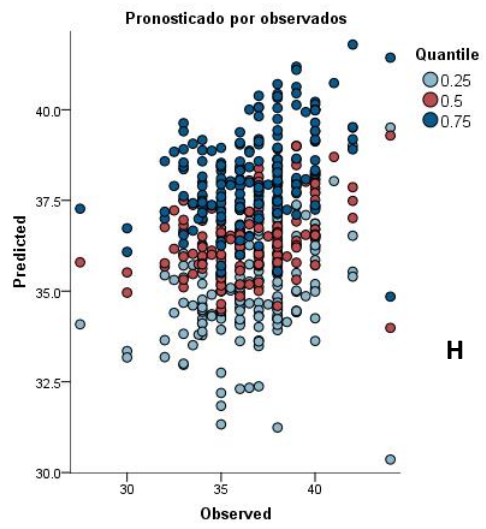
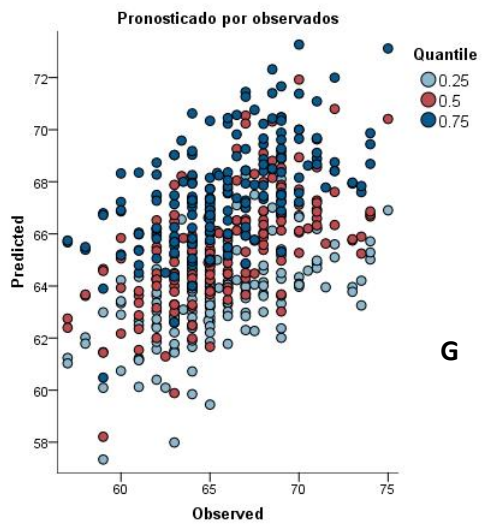


Diagnósticos de influencia para Gren



Anexo 4. Regresión cuantílica A) PCC, B) PCF, C) LC, D) AG, E) PT, F) IC G) PG, y H) AP.





Anexo 5. Participación en Reuniones nacionales de investigación INIFAP 2021.



Ciencia para vivir

REGRESIÓN DE COMPONENTES PRINCIPALES PARA PREDICCIÓN DE VARIABLES DE CALIDAD DE CANAL DE OVINOS EN ENGORDA INTENSIVA

Ricardo Antonio Calderón Ramírez, Daniel Trujillo Gutiérrez, Ignacio Arturo Domínguez Vara, José Luis Bórquez Gastelum

Introducción

La evaluación de las características de la canal de ovinos, es una práctica para conocer si el sistema productivo permitió su desarrollo con las características y atributos que piden los transformadores y consumidores. En esta investigación, se analizaron la σ^2 y r_{xy} de variables antemortem para estimar la conformación muscular y grado de engrasamiento de la canal, además, el análisis de componentes principales (ACP) a través de combinaciones lineales de variables, permitió analizar el peso, la morfometría y el rendimiento de la canal (Herrera *et al.*, 2019). Después se implementó la técnica de regresión sobre los puntajes de los componentes principales, con el objetivo de aprovechar la agrupación de variables con un alto nivel de correlación, y construir ecuaciones de predicción con los componentes no correlacionados entre ellos, así obtener la ecuación con el principio de máximo ajuste de R^2 y mínimo error estándar de estimación (Liu *et al.*, 2003).

Materiales y Métodos

Se utilizó una base de datos con 175 registros de corderos machos enteros con fenotipos de razas lanar y pelo, engordados y faenados en el Valle de Toluca, México.

Variables antemortem	Variables postmortem
Peso Vivo Inicial, kg (PVI)	Peso Canal Caliente, kg (PCC)
Peso Vivo Final, kg (PVF)	Peso Canal Frío, kg (PCF)
Ganancia Diaria Peso, kg (GDP)	Conformación Seapup (CONF)
Ganancia Peso Total, kg (GPT)	Conformación Nmx (CONFNMX)
Consumo Materia Seca, kg (CMS)	Rendimiento Comercial, % (RC)
Conversión Alimenticia (CA)	Rendimiento Verdadero, % (RV)
Eficiencia Alimenticia (EA)	Longitud Canal, cm (LC)
Peso Al Sacrificio, kg (PS)	Perímetro De Gnuapa, cm (PG)
	Ancho De Gnuapa, cm (AG)
	Ancho Mayor Tórax, cm (AMT)
	Largo De Pierna, cm (LP)
	Ancho De Pierna, cm (AP)
	Área De La Chuleta, cm (Ach)
	Perímetro Inferior Tórax, cm (PIT)
	Índice De Compacidad (IC)
	% Espesor De La Grasa, mm (Egras)
	Grado De Engrasamiento (Geng)
	Grasa Renal (Gren)

Cuadro 1. Variables empleadas en la investigación

Método	Objetivo	Herramienta
Clústeres jerárquicos	Clasificar (CP) con algoritmos K-medias	FactoMineR para R project (R Core Team, 2021)
Componentes principales	Agrupar variables en dimensiones	SPSS 23 (Varimax)
Regresión sobre CP	Obtener ecuaciones de predicción	SAS (PROC PLS) (SAS Institute Inc., 2004)

Cuadro 2. Métodos empleados para la obtención de resultados

Resultados

Se obtuvieron tres componentes principales que explicaron 82.78% de la σ^2 , presentaron ($P < 0.01$) heterocedasticidad (Bartlett) con valor $KMO = 0.43$ (Keiser Meyer Olkin). El primer componente explica 33.9% de la σ^2 , este incluye tres variables, dos relacionadas con la eficiencia de transformación del alimento consumido a carne (CA y EF), y una relacionada a la ganancia de peso (GDP). El PVI presentó un coeficiente de correlación negativo, relativamente bajo, pero significativo ($P < 0.01$). El segundo componente ($\sigma^2 = 27.7\%$) agrupa las variables PVI y PS. El tercer componente ($\sigma^2 = 21.20\%$) conjunta las variables PVF, GPT y PS; además, presentó alta correlación con la variable GDP por su relación natural con GPT.

Conclusiones

La regresión de componentes principales permitió obtener valores de coeficientes de determinación R^2 superiores a los que se obtendrían con regresión lineal múltiple. Los clústeres jerárquicos generados mostraron la distribución de los componentes y el valor de los coeficientes por variable, así como la distancia entre centroides. Se requiere incluir más variables de información antemortem de los ovinos, y emplear el mismo método, para obtener valores significativos en la predicción de más variables relacionadas con las características de la canal y calidad de la carne.

Bibliografía

Herrera HJG, Álvarez G, Bárcena GR, Núñez AJM. Caracterización de los rebaños ovinos en el sur de Ciudad de México, México. Acta Univ. 2019; 29:1-15. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2022>
 Liu RX, Kuang J, Gong Q, Hou XL. Principal component regression analysis with SPSS. Comput. Methods Programs Biomed. 2003; 71, 141-147. [https://doi.org/10.1016/S0169-2607\(02\)00058-5](https://doi.org/10.1016/S0169-2607(02)00058-5)
 R. Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.r-project.org/>
 SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 5136 p.

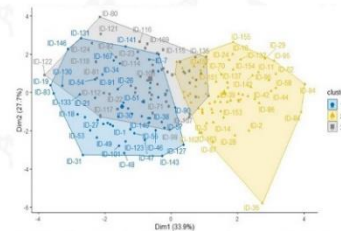


Figura 1. Clasificación de las observaciones en 3 clústeres jerárquicos

El primer grupo se conformó por 75 observaciones caracterizado por GPT (20.09 kg) y EF (22.5 %), valores superiores a los promedios generales de 16.94 kg y 20.85 %; los pesos al momento de la matanza PVf (40.85 kg), PS (41.09 kg) y GDP (272.85 g d⁻¹) fueron inferiores a las respectivas medias generales de 48.81 kg, 43.12 kg y 286.51 g d⁻¹. El segundo clúster se conformó de 59 observaciones, donde los ovinos se caracterizaron por ser mayores que sus respectivas medias generales GDP (345.84 > 286.15 g d⁻¹), CMS (1.49 > 1.33 kg d⁻¹), PVI (29.97 > 26.25 kg) y EF (21.71 > 20.85 %). El tercer clúster clasificó a 41 ovinos, y se caracterizó por valores promedio mayores a las medias generales PVf (48.35 > 43.81 kg), PS (46.47 > 43.12 kg), CA (5.43 > 4.82 kg) y PVI (29.82 > 26.25 kg).

Ecuaciones de regresión de componentes principales expresado en puntajes de CP

Variable	Ecuación	R ²	P<
PCC	= 21.456 + 1.651(puntaje-CP 1)	0.486	0.01
PCF	= 20.247 + 2.082(puntaje-CP 2)	0.729	0.01
PG	= 62.137 + 1.876(puntaje-CP 2) + 1.526(puntaje-CP 3) - 0.434 (0.520)(puntaje-CP 1)	0.434	0.01
PIT	= 19.315 + 1.806(puntaje-CP 2) - 0.975(puntaje-CP 1) - 0.370 (0.646)(puntaje-CP 3)	0.370	0.01
IC	= 0.308 + 0.025(puntaje-CP 2)	0.563	0.01

Ecuaciones de regresión de componentes principales expresado en variables originales

Variable	Ecuación	R ²	P<
PCC	= 0.096(CA) + 16.16(EF) + 0.33(PS)	0.58	0.05
PCF	= 0.091(Pvfin) + 0.34(PS)	0.77	0.05
PG	= 31.05 - 0.21(Pvini) + 0.41(Pvfin) + 31.94(GDP) - 0.44(GPT) - 0.53 (0.05) (5.11)(CMS) + 2.3(CA) + 14.74(EF) + 0.22(PS)	0.53	0.05
PIT	= 21.71 - 1.01(Pvini) - 1.09(Pvfin) - 14.48(GDP) - 0.95(GPT) - 0.67 (0.1140)(EF)	0.67	0.05
IC	= 0.20(GDP) + 0.002(GPT) - 0.05(CMS) + 0.02(CA) + 0.003(PS)	0.60	0.05

R² = coeficiente de determinación; P = probabilidad. CP = componente principal.

Cuadro 3. Ecuaciones de predicción para regresión sobre componentes principales



REUNIONES NACIONALES DE
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN PECUARIA,
AGRÍCOLA, FORESTAL Y ACUÍCOLA
PESQUERA

OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA

A

Ricardo Antonio Calderón Ramírez, Daniel Trujillo Gutiérrez, Ignacio Arturo Domínguez Vara, José Luis Bórquez Gastelum

Por su participación con el trabajo denominado:

REGRESIÓN DE COMPONENTES PRINCIPALES PARA PREDICCIÓN DE VARIABLES DE CALIDAD DE CANAL DE OVINOS EN ENGORDA INTENSIVA



DR. LUIS ÁNGEL RODRÍGUEZ DEL BOSQUE
Vicepresidente del Comité Organizador Nacional

CIUDAD DE MÉXICO 10, 11 Y 12 DE NOVIEMBRE DE 2021



LXI REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
PECUARIA



XI REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
FORESTAL



XI REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
AGRÍCOLA



VII REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
ACUÍCOLA Y
PESQUERA



DESARROLLO Y COMPARACIÓN DE MODELOS DE REGRESIÓN PARA PREDICCIÓN DE VARIABLES DE CALIDAD DE CANAL DE OVINOS EN ENGORDA INTENSIVA

Ricardo Antonio Calderón Ramírez, Ignacio Arturo Domínguez Vara*, Daniel Trujillo Gutiérrez, José Luis Bórquez Gastelum

INTRODUCCIÓN. En los últimos 20 años, la ovinocultura en México ha mantenido un aumento constante, con 8.7 millones de cabezas y tasa promedio de crecimiento anual de 3%; actualmente la producción ovina está en 4º lugar en producción de carne (FAOSTAT, 2018). Sin embargo, su desarrollo y competitividad, requiere cumplir con estándares de calidad que demandan intermediarios y consumidores finales. La calidad se refiere a las propiedades que un producto posee y que determinan la preferencia del consumidor, es decir, la calidad de la carne está condicionada al contenido de grasa subcutánea e intramuscular, área del ojo de la chuleta, peso, rendimiento, conformación y morfometría de las canales (López *et al.*, 2016). Para ofertar canales con estos parámetros, México tiene un sistema de clasificación de canales ovinas (NMX-FF-106-SCFI-2006), agrupándolas por peso, conformación y grado de engrasamiento, no obstante, no considera las características ante mortem que subyacen en la canal. Para contrarrestar esta deficiencia técnica, el uso de herramientas de predicción no invasivas es necesario. La regresión lineal múltiple y regresión cuantílica, son procedimientos matemáticos de predicción que permiten estimar características de valor económico de las canales, a partir de medir variables de producción en la engorda. El primer modelo se usa ampliamente, el segundo, recién introducido, se usa para compensar las deficiencias que implica predecir con la media (Waldmann, 2017), con ajuste mejor en distribución de datos.

OBJETIVO. Desarrollar y ajustar distintos modelos de predicción, para estimar el efecto de las características productivas ante mortem, en el rendimiento y atributos de la canal ovina en engorda en sistema intensivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. El ajuste de los modelos de predicción permitió obtener cinco ecuaciones ($P < 0.05$) con valor $R^2 \geq 0.42$, esto indica ajuste de medio a alto que explica la proporción de la σ^2 por variable. Se corrobora el efecto entre variables con relación natural, como es el caso de PCC, la cual emplea la variable independiente PS (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ecuaciones de Regresión Lineal Múltiple desarrolladas para predecir características de canal de ovinos en engorda intensiva (datos estandarizados).

ŷ	Ecuación	R ²	P <	DW
PCC	= 0.24 + 0.27(PS) + 0.29(PVF)	0.42	0.01	1.65
PCC	= 0.190 + 0.449(PVF) + 0.270(PS)	0.67	0.01	1.63
RV	= 10.357 + 69.450(PVF) + 5.493(CA) + 26.815(EFA) - 26.213(PS)	0.43	0.05	1.15
PG	= 0.245 + 0.646(PVF) + 0.074(GPT) - 0.030(CMS)	0.43	0.05	1.79
PIT	= 0.204 + 1.699(PVF) + 0.061(GDP) + 0.240(GPT) - 0.043(CMS)	0.63	0.05	1.14
IC	= 0.202 + 0.617(PVF) + 0.159(PS)	0.53	0.02	1.95

R², coeficiente de determinación; DW, prueba de Durbin Watson; Cp, estadístico Cp de Mallows.

Cuadro 2. Ecuaciones de Regresión Cuantílica desarrolladas para predecir las características de la canal de ovinos en engorda con alimentación intensiva.

Variable	Q	β_0	PVI	PVF	GDP	GPT	CMS	CA	EFA	PS	PR	EAM
PCC	0.25							0.87	15.02	0.37	0.37	1.27
	0.50	-5.49	0.11	6.86	-0.11	-1.24	1.23	22.06	0.35	0.30	1.05	
	0.75	4.24	-0.19	0.24		-0.22		10.53	0.26	0.40	1.25	
PCF	0.25							0.32	0.49	1.02		
	0.50		0.12					0.63	0.35	0.53	0.85	
	0.75							1.00	0.39	0.56	1.05	
PG	0.25	32.40	-0.27	0.31	33.89	-0.55		1.82	0.37	0.32	2.35	
	0.50	40.65	-0.43	0.49	34.60	-0.60	-4.25	1.63	0.23	0.32	1.92	
	0.75	31.92	-0.30	0.53	28.47	-0.42	-5.50	2.36	24.23	0.19	0.40	2.31
AG	0.25		-0.22		13.77	-0.30		0.97	13.72	0.25	0.29	1.21
	0.50	8.90	-0.28	0.23	9.94	-0.37		0.74	15.92	0.16	0.32	0.95
	0.75	13.69	-0.29	0.27		-0.37		10.29	0.11	0.34	1.13	
PIT	0.25	24.21	-1.02	1.02	-18.66	-1.04	4.49	-1.49	-12.51	0.34	1.79	
	0.50	21.95	-1.03	1.08		-0.99	-1.10		0.38	1.53		
	0.75	8.91	-1.03	1.06	-17.22	-0.91		20.10	0.48	1.98		
IC	0.25								0.22	0.01	-0.05	0.03
	0.50								0.02	0.13	0.01	0.37
	0.75				0.19				0.01	0.01	0.41	0.02

Q, cuartil; β_0 intercepto; PR, Pseudo R; EAM, error absoluto medio.

MATERIALES Y MÉTODOS. La investigación se realizó en el Departamento de Nutrición Animal, FMVZ-UAEM. Se usó una base de datos con 350 registros de corderos engordados y faenados en el Valle de Toluca, México; se seleccionaron 175 registros de corderos machos enteros con fenotipos de razas lanar y pelo. Las variables productivas (x_i , variables independientes) fueron: peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF), ganancia diaria de peso (GDP), ganancia de peso total (GPT), consumo de materia seca (CMS), conversión alimenticia (CA), eficiencia alimenticia (EA) y peso al sacrificio (PS). Mientras que, las variables de características de las canales (y_j , variables dependientes) fueron: peso canal caliente (PCC), peso canal fría (PCF); así como, variables morfológicas: longitud de canal (LC), longitud de pierna (LP), ancho de pierna (AP), ancho de grupa (AG), perímetro de grupa (PG), ancho mayor de tórax (AMT_{tórax}), perímetro inferior de tórax (PIT), área de chuleta (ACH), espesor de grasa dorsal (EGras), grado de engrasamiento (Geng), índice de compacidad (IC), conformación muscular (Conf) y grasa renal (Gren). La conformación y engrasamiento de canal se valoraron con MX-FF-106-SCFI-2006 y sistema SEUROP.

Análisis estadístico. El análisis y depuración de datos se hizo con 2 métodos: 1) eliminación de casos atípicos (valores fuera de rango) y, 2) eliminación de sujetos que incumplen los supuestos de regresión lineal (multicolinealidad, homocedasticidad y autocorrelación). Posteriormente, se ajustaron modelos de regresión lineal múltiple (RLM). El ajuste de RLM se realizó con PROC REG (SAS, 2004) ($P < 0.05$) con el método STEPWISE, las variables ante mortem se usaron para predecir el rendimiento de las variables post mortem, el modelo matemático fue: $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 \dots \beta_n x_n + e$, donde: y = variable dependiente de n observaciones, β_0 = intercepto, β_j , $j = 1, 2, \dots, n$, son coeficientes de regresión, β_j = cambio esperado en la respuesta y por unidad de x_j cuando las variables regresoras $x_i, i \neq j$ se mantienen constantes; e es el error aleatorio. Los supuestos de la RLM evaluados fueron: a) colinealidad, a través de DFFITS, DFBETAS, b) Factor de inflación de la varianza ($FIV = 1/R^2$), y c) Tolerancia ($1/FVI$). Los estadísticos, coeficiente de determinación ($r^2 \geq 0.40$), Cp de Mallows y Durbin Watson, fueron estimados para determinar el mayor ajuste de los modelos. Finalmente, se probó aumentar el valor de R^2 por estandarización ($\mu = 0, \sigma^2 = 1$) de los datos (Chica *et al.*, 2015), y se realizó el análisis de RLM. El análisis de regresión cuantílica (RC) se hizo con el procedimiento QUANTREG (SAS, 2004) sobre la distribución de 3 cuantiles (0.25, 0.50, 0.75) con el método Resampling (MCMB). El modelo para la RC fue: $Var\tau(Y_i | X_{i1}, \dots, X_{ik}) = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik}$, donde, la distribución de la dependiente (Y) ordenada respecto al efecto, en relación con las variables independientes (X), minimiza las desviaciones absolutas con valores asimétricos por cuantil τ , $0 < \tau < 1$, de una muestra aleatoria $\{y_i : k=1, \dots, \tau\}$ del proceso de regresión $\tau = Y_i - X_i' b$, donde $\{X_i : i = 1, \dots, \tau\}$ es secuencia de K-vectores renglón y b = vector de dimensión K que minimiza las desviaciones absolutas. Con distribución del rango estudentizado para coeficientes de la RC, donde $\sqrt{n}(\hat{\beta}^T - \beta^T)$ tiende a la normalidad. La bondad de ajuste de RC se estimó con: $R^1(\tau) = 1 - \frac{\sqrt{(\tau)}}{\sqrt{(\tau)}}$ (Koenker y Machado, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN (continuación...). El PCF puede ser estimado con PVF y GDP; el PCF es importante para establecer su precio. El ajuste ($R^2 = 0.56$) del IC válida variables de crecimiento (PVF y PS), su relación con PCF y variables morfológicas, indica baja correlación entre las variables predictoras. El valor de Cp de Mallows de PG e IC son altos según los predictores, por lo tanto, son modelos de menor ajuste y sesgo en comparación con el resto (Cuadro 1). La estandarización de variables, en general, no aumentó el valor de R^2 , no obstante, agrega la ecuación que estima RVC. La regresión cuantílica estimó 6 modelos (Cuadro 2) con pseudo $R^2 \geq 0.21$ ($P \leq 0.05$), de 3 variables relacionadas con el peso (PCC, PCF e IC), y 3 con morfometría (PG, AG y PIT). El error absoluto medio fue mayor para variables de rendimiento y longitud; para la mayoría de variables se mantuvo cercano a 1.0; para IC se obtuvieron valores bajos en los 3 cuantiles.

CONCLUSIONES. La variabilidad de las observaciones permitió ajustar 5 ecuaciones de regresión lineal múltiple para predecir el PCC, PCF, PG, PIT, RV e IC. Además, la regresión cuantílica permitió estimar 6 ecuaciones de predicción, agregando ancho de grupa (AG), pero con la ventaja de predecir valores alejados de la media y la mediana.

Bibliografía: 1. Chica AA, Fránces FJ *et al.* (2015). Análisis multivariante para las ciencias sociales I. 1er Ed. PYDLOS ediciones. 168 p. 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. FAOSTAT Livestock Primary. Disponible en: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL_3. Koenker R, Machado AF. Goodness of fit and related inference processes for quantile regression. SAJA. 1999; 94:1296-1310. 4. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 5136 p. 5. Waldmann E. Quantile regression: a short story on how and why. Statistical Modelling. 2018; 18:1-16.



REUNIONES NACIONALES DE
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN PECUARIA,
AGRÍCOLA, FORESTAL Y ACUÍCOLA
PESQUERA

OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA

A

Ricardo Antonio Calderón Ramírez, Ignacio Arturo Domínguez Vara¹, Daniel Trujillo
Gutiérrez, José Luis Bórquez Gastelum

Por su participación con el trabajo denominado:

**PDESARROLLO Y COMPARACIÓN DE MODELOS DE REGRESIÓN PARA PREDICCIÓN
DE VARIABLES DE CALIDAD DE CANAL DE OVINOS EN ENGORDA INTENSIVA.**



DR. LUIS ÁNGEL RODRÍGUEZ DEL BOSQUE
Vicepresidente del Comité Organizador Nacional

CIUDAD DE MÉXICO 10, 11 Y 12 DE NOVIEMBRE DE 2021



LVI REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
PECUARIA



XI REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
FORESTAL



XI REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
AGRÍCOLA



VII REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
ACUÍCOLA Y
PESQUERA

Anexo 6. Acuse de recepción de artículo.

De: Carlos A. SANDOVAL-CASTRO <revistaccba_boletines@correo.uady.mx>

Enviado: miércoles, 16 de marzo de 2022 07:29 p. m.

Para: Igy Ignacio Dominguez Vara <igy92@hotmail.com>

Asunto: [TSA] Envío recibido

Igy Ignacio Dominguez Vara

Gracias por enviarnos su manuscrito "AJUSTE DE MODELOS PARA PREDECIR EL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE CANAL EN BASE A VARIABLES PRODUCTIVAS ANTEMORTEM DE OVINOS EN ENGORDA CON ALIMENTACIÓN INTENSIVA" a Tropical and Subtropical Agroecosystems.

Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito:

<https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/author/submission/4285>

Nombre de usuario/o: ignaciodominguez

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as.

Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Carlos A. SANDOVAL-CASTRO

Tropical and Subtropical Agroecosystems

Tropical and Subtropical Agroecosystems
<http://www.veterinaria.uady.mx/ojs/index.php/TSA>