

**MODELO MATEMÁTICO TIPO DATOS DE PANEL PARA PREDECIR EL PESO
DE POLLO DE ENGORDE EN AVIDESA MAC POLLO S.A.**

LIZETH MAYERLY MOLINA JIMÉNEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2016

**MODELO MATEMÁTICO TIPO DATOS DE PANEL PARA PREDECIR EL PESO
DE POLLO DE ENGORDE EN AVIDESA MAC POLLO S.A.**

LIZETH MAYERLY MOLINA JIMÉNEZ

**Trabajo de grado para optar al título de:
Ingeniera Industrial**

**Director:
HENRY LAMOS DIAZ
Ph.D en Matemáticas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

*Flor Angel Bernal, a tu nombre, por la paz que me das al acudir a tí,
gracias por brindarme a la mejor formadora y motivo de vida, mi
mamá.*

De tu mano cada nuevo proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Eternamente a Dios todopoderoso por poner en mi camino no más de lo que puedo soportar, a Él por guiar mis pasos y los de mi familia.

A mi mamá Elena por su cuidado, apoyo y amor cada día de mi vida, a Albeiro por su infinita y desinteresada colaboración, a mi hermano Michael por ser y existir en mi vida, a Diego por ser el mejor novio y consejero, a Dilsa por su ejemplar trayecto, a Katherine por su hermandad y cariño.

Al profesor Henry Lamos Díaz por su amabilidad, disposición, inagotable paciencia y conocimientos aportados en el desarrollo de este trabajo.

Al Sr. Leonardo Cotamo por sus aportes a mi vida profesional y su motivación constante en la realización de mi trabajo, a su equipo del departamento de granjas en Avidesa Mac Pollo S.A. por el acogedor tiempo compartido.

A cada uno de los docentes y colaboradores de mi querida UIS por los conocimientos y ayuda recibidos.

A los amigos que deja este camino por permitirme ser parte de su vida y ser parte de la mía, a cada una de las personas que durante este proceso me brindaron toda su hospitalidad y cariño.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2. ALCANCE DEL PROYECTO	22
1.2.1. Objetivo General.	22
1.2.2. Objetivos Específicos.....	22
2. MARCO TEORICO	23
2.1. ESTRUCTURA DE DATOS ECONOMETRICOS	23
2.1.1. Datos de corte transversal	23
2.1.2. Datos de serie temporal.	24
2.1.3. Combinación de cortes transversales.	25
2.1.4. Datos de panel o longitudinales.	26
2.2. MODELOS PARA LA ESTIMACIÓN DE PARAMETROS.....	28
2.2.1. Supuestos para estimación del modelo de regresión por MCO	30
2.2.2. Modelo de coeficientes constantes	30
2.2.3. Modelo de efectos fijos (FE – Fixed effects models).....	31
2.2.4. Modelo de efectos o coeficientes aleatorios (Random effects models)	32

2.2.5. Modelos dinámicos con datos de panel.	33
2.3. VALIDACIÓN	34
2.3.1. Pruebas de bondad y ajuste.	34
3. DISEÑO DE EXPERIMENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE VARIABLES ..	36
3.1. CONSTRUCCIÓN DE BASE DE DATOS	37
3.1.1. Recolección de Información Proveniente de SAP.....	37
3.1.2. Limpieza y Transformación de los Datos	38
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS	39
3.2.1. Definición de Variables.	39
3.2.2. Análisis Descriptivo de la Base de Datos.....	41
3.2.2.1. Descripción de los registros	41
3.2.2.2. Análisis de resultados	49
3.3. SELECCIÓN DE VARIABLES	54
3.3.1. Pruebas de hipótesis.....	55
3.3.2. Modelos de regresión.	75
3.3.2.1. Correlación de variables	75
3.3.2.2. Modelos de regresión lineal	76
4. MODELO MATEMÁTICO TIPO DATOS DE PANEL	79
4.1. MODELO DE COEFICIENTES CONSTANTES.....	83
4.2. MODELO DE EFECTOS FIJOS	86
4.2.1. Modelo de efectos fijos de sección cruzada.....	87
4.2.2. Modelo de efectos fijos de tiempo.....	88

4.3. MODELO DE EFECTOS ALEATORIOS.....	90
4.3.1. Modelo de efectos aleatorios de sección cruzada.	91
4.4. DEFINICIÓN DE MODELO.....	92
4.5 ESTIMACION DE PARAMETROS.....	93
4.5.1. Parámetros periodo $t - 1$	94
4.5.2. Parámetros para $t - 2$	96
4.5.3. Parámetros para $t - 3$	98
5. VALIDACIÓN DEL MODELO.....	101
5.1. MUNICIPIO	101
5.2. CLIMA.....	103
5.3. LOTE – COCHADA.....	104
6. CONCLUSIONES	106
7. RECOMENDACIONES.....	107
BIBLIOGRAFÍA.....	108

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Consumo per cápita de pollo en Colombia	17
Figura 2. Grupo de procesos - Departamento de Granjas	19
Figura 4. Metodología para selección de variables	36
Figura 5. Galpones en granja.....	39
Figura 6. Registros por edad.....	42
Figura 7. Registros totales	43
Figura 8. Granjas incorporadas.....	43
Figura 9. Galpones por granja	44
Figura 10. Granjas por municipio	44
Figura 11. Participación por municipios.	45
Figura 12. Granjas por zona	45
Figura 13. Granjas por clima.....	46
Figura 14. Clima y zona	47
Figura 15. Sexos de encasetamiento.....	47
Figura 16. Raza de encasetamientos	48
Figura 17. Aves encasetadas (millones de aves/año).....	48
Figura 18. Encasetamientos mensuales	49
Figura 19. Aves encasetadas por municipio	49
Figura 20. Peso en aves por edad	50
Figura 21. Peso por edad	51
Figura 22. Peso por sexo	51
Figura 23. Peso por clima	52
Figura 24. Pesos por raza.....	52
Figura 25. Edad media de sacrificio.....	53
Figura 26. Medias de peso por sexo.....	57

Figura 27. Peso a sacrificio por raza y sexo	59
Figura 28. Peso promedio por cochada y sexo.....	64
Figura 29. Medias para peso a sacrificio por sexo.....	65
Figura 30. Pesos a sacrificio / edad reproductora.....	67
Figura 31. Pesos medios por clima.....	69
Figura 32 Peso a sacrificio Municipios fríos.....	70
Figura 33. Similitud de pesos clima frío	71
Figura 34 Pesos a sacrificio municipios cálidos.....	73
Figura 35. Similitud de pesos clima cálido	73
Figura 36. Edades del ave	80
Figura 37. Etapas de predicción	82
Figura 38. Modelo de coeficientes constantes.....	84
Figura 39. Residuales modelo de coeficientes constantes	85
Figura 40. Prueba de heterocedasticidad	86
Figura 41. Modelo de efectos fijos de sección cruzada	87
Figura 42. Test de efectos fijos – Sec. Cruzada	88
Figura 43. Modelo por efectos fijos de tiempo	89
Figura 44. Test de efectos fijos - Tiempo.....	90
Figura 45. Modelo de efectos aleatorios de sección cruzada	91
Figura 46. Test de Hausman	92
Figura 47. Edades de predicción	93
Figura 48. Parámetros estimados (t-1)	94
Figura 49. Pesos estimados en periodo (t-1) - Macho	95
Figura 50 Pesos estimados en periodo (t-1) - Hembra	95
Figura 51. Pesos estimados en periodo (t-1) - Mixto	96
Figura 52. Parámetros estimados (t-2)	97
.Figura 53. Pesos estimados en periodo (t-2) - Macho	97
Figura 54. Pesos estimados en periodo (t-2) – Hembra	98
Figura 55. Pesos estimados en periodo (t-2) – Mixto.....	98
Figura 56. Parámetros estimados (t-3)	99

Figura 57. Pesos estimados en periodo (t-3) – Macho	99
Figura 58. Pesos estimados en periodo (t-3) – Hembra	100
Figura 59. Pesos estimados en periodo (t-3) – Mixto.....	100
Figura 60. Estimaciones de Peso - Mesa	101
Figura 61. Estimación de peso Lebrija.....	102
Figura 62. Estimación de peso Girón.....	102
Figura 63. Estimación de peso Clima frío	103
Figura 64. Peso por cochada macho	104
Figura 65. Peso por cochada hembra.....	104
Figura 66. Peso por cochada mixto	105

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Corte Transversal - Resultados zootécnicos de aves – edad 7	24
Tabla 2. Ejemplo Serie de Tiempo – Resultados día 7	25
Tabla 3. Resultados – Combinación de Cortes Transversales	26
Tabla 4. Datos tipo panel	27
Tabla 5. Registros por año.....	42
Tabla 6. Pesos promedio por sexo	53
Tabla 7. Medias para peso/municipio	54
Tabla 8. Variables X_i	55
Tabla 9. Anova – Medias de peso por sexo	56
Tabla 10. Tukey - Pesos medios por sexo.....	56
Tabla 11. Anova – Medias de peso por raza	58
Tabla 12. Anova – Pesos por raza segmentando sexos.....	58
Tabla 13. Anova – Peso por sexo y año de sacrificio	60
Tabla 14. Tukey – Pesos medios por año.....	61
Tabla 15 Cochadas.....	62
Tabla 16. Anova – Pesos generales por cochada.....	62
Tabla 17. Tukey – Pesos medios por cochada	63
Tabla 18. Anova – Pesos por cochada y sexo	63
Tabla 19. Clasificación de cochadas por sexo	64
Tabla 20 Anova - Peso por edad de sacrificio	65
Tabla 21 Rangos Reproductora.....	66
Tabla 22 Anova – Medias de peso por rango de reproductora	67
Tabla 23 Anova – Pesos por clima y sexo	68
Tabla 24 Anova – Medias peso en clima frío	69
Tabla 25 Tukey peso promedio machos clima frío.....	70

Tabla 26 Anova – Medias peso en clima cálido	72
Tabla 27. Tukey peso promedio clima cálido	72
Tabla 28. Anova – Administración de granjas	74
Tabla 29. Medias de peso por administración	75
Tabla 30. Correlación de variables	75
Tabla 31. Resultados de modelos por variable	76
Tabla 32. Regresiones lineales – dos variables incidentes.....	77
Tabla 33. Híbridos.....	81
Tabla 34. Parámetros del modelo	94

RESUMEN

TÍTULO: MODELO MATEMÁTICO TIPO DATOS DE PANEL PARA PREDECIR EL PESO DE POLLO DE ENGORDE EN AVIDESA MAC POLLO S.A.*

AUTOR: LIZETH MAYERLY MOLINA JIMÉNEZ**

PALABRAS CLAVES: Modelo matemático, datos de panel, efecto fijo, sección cruzada, galpón, predicción, peso.

DESCRIPCIÓN

El presente trabajo tiene como propósito elaborar un modelo matemático tipo datos de panel para predecir el peso de aves en Avidesa Mac Pollo S.A, para tal fin se elabora la estimación de parámetros por medio de un modelo de regresión lineal tipo datos de panel mediante la metodología de efectos fijos de sección cruzada, estimado por mínimos cuadrados ordinarios.

La información utilizada corresponde a una base de datos tipo panel que relaciona la procedencia, desempeños semanales y resultados a sacrificio de 10377 encasetamientos durante los años 2012 a 2014, evaluando la incidencia del desempeño a temprana edad en el peso logrado al final del proceso, la selección de variables se realizó por medio de pruebas de hipótesis y regresiones lineales que permiten evidenciar si hay incidencia individual y conjunta de las variables en el peso de las aves.

El modelo matemático define parámetros para cada una de las edades de predicción, estando éstas entre la semana 3 y 5 de las aves, el modelo se diseña para realizar predicciones de pesos entre las semanas 6 y 7, edades apropiadas para el sacrificio de aves.

La predicción de peso a sacrificio tiene como propósito apoyar la programación de sacrificio de 756 galpones en los cuales se realiza en engorde de aves, el uso de la metodología datos de panel permitió evaluar el efecto de cada uno de los galpones en el peso de las aves, incorporándolo en el error del modelo como indica la metodología de efectos fijos.

* Proyecto de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Director Ph. D Henry Lamos Díaz.

SUMMARY

TITLE: MATHEMATICAL MODEL DATA PANEL TYPE TO PREDICT THE BIRD'S WEIGHT OF SACRIFICE IN AVIDESA MAC POLLO S.A.*

AUTHOR: LIZETH MAYERLY MOLINA JIMÉNEZ**

KEYWORDS: Mathematic model, data panel, fixed effects, cross section, shed, prediction, weight

DESCRIPTION

This work has the purpose to develop a mathematical model data panel type for prediction the weight in birds in Avidesa Mac Pollo S.A, for that end, the parameter estimation to use a lineal regression model data panel type by fixed effects methodology of cross section, the estimate is using ordinary least squares

The information used corresponds to a database type panel that relates the origin, weekly performances and results sacrifice of 10377 fattenings during the years 2012 to 2014, evaluating the impact of performance early in the weight achieved at the end of the process, the variable selection was performed by means of hypothesis testing and linear regressions that allowed if there was evidence individually and jointly impact of the variables on the weight of the birds.

The mathematical model defines parameters for each of the age of prediction, you still are between weeks 3 and 5 of the birds, the model is designed to make predictions of weight between weeks 6 and 7, suitable for poultry bird's slaughter.

The weight sacrifice prediction intended to support the bird's programming sacrifice of 765 sheds, the data panel methodology assess the effect of each of the sheds on the weight of the birds, and incorporated in the model error as indicated by the fixed effects methodology.

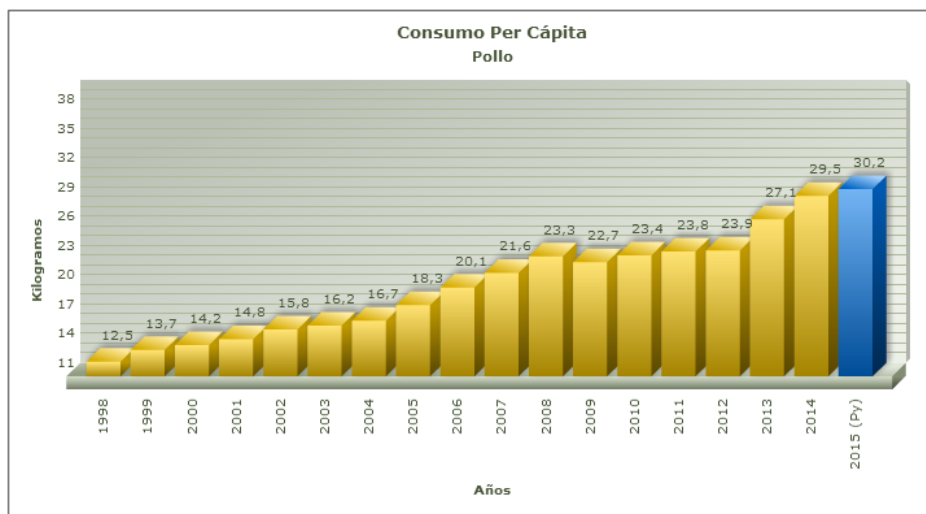
* Degree Work.

** Faculty of Physique Mechanics Engineering, School of Industrial and Managerial Studies, Project manager: Henry Lamos Diaz, PhD.

INTRODUCCIÓN

El consumo per cápita de pollo determinado por la Federación Nacional de Avicultores (FENAVI) para el 2014 fue de 29.5kgs, representando un incremento de consumo del 26,06% entre los últimos cuatro años (Figura 1), demostrando la importancia de este alimento en la cadena alimenticia colombiana, razón por la cual las empresas avícolas nacionales se ven comprometidas a administrar de manera efectiva sus procesos, buscando ofrecer productos de calidad que permitan mejores las condiciones de vida a los consumidores y la permanencia y rentabilidad de las compañías en el mercado.

Figura 1. Consumo per cápita de pollo en Colombia



Tomado de fenavi.org

Dada esta situación, uno de los procesos más importantes a controlar en la producción avícola tiene que ver con el engorde de aves, ya que la alimentación de las mismas representa un 84,6% de los costos de producción.¹

Es necesario que dentro de las metodologías implementadas por las compañías avícolas se considere importante el uso de la información generada en el desarrollo de sus procesos.

El desarrollo de este proyecto tiene como finalidad usar la información generada por los procesos de engorde de Avidesa Mac Pollo S.A., para crear un modelo matemático tipo datos de panel, que basado en la información del proceso de engorde de la compañía permita prever el peso a obtener (kilogramos/ave) para pollos de engorde en su etapa final, atendiendo a la necesidad de mejorar las estimaciones de peso en la programación de sacrificio para su departamento de granjas.

La información utilizada para la determinación del modelo corresponde a registros de desempeño del engorde de aves de tres años de la compañía, periodo de 2012 a 2014, contando con datos de desempeño zootécnico de las cinco semanas de engorde de aves y los resultados obtenidos al finalizar el proceso en planta de beneficio, la información fue extraída del ERP SAP de la compañía.

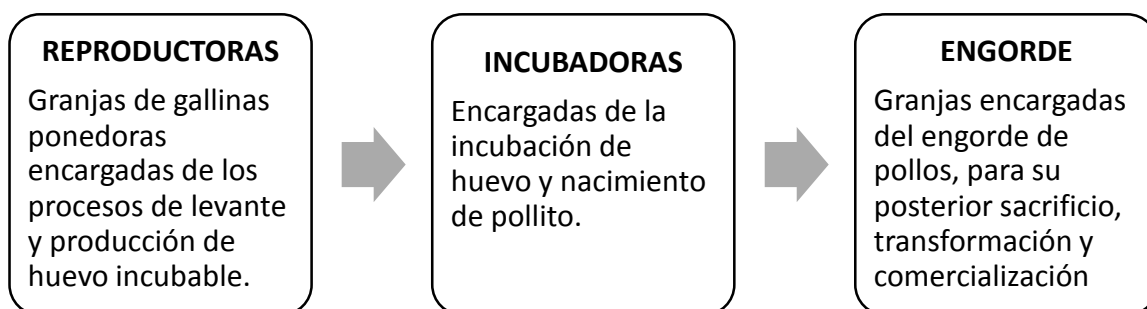
¹ GOMEZ, P.D. (25 de Marzo de 2015). Así se cría a un pollo en 45 días sin usar hormonas. Obtenido de Diario La República: http://www.larepublica.co/as%C3%AD-se-cr%C3%ADa-un-pollo-en-45-d%C3%ADas-sin-usar-hormonas_235451

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El departamento de granjas de Avidesa Mac Pollo, regional Oriente, se encarga de tres grupos de procesos, clasificados por tipo de actividad como lo muestra la Figura 2, generando al final de procesos carne de pollo y demás derivados.

Figura 2. Grupo de procesos - Departamento de Granjas



En la división de *pollo de engorde* se realizan labores de gestión de recursos y seguimiento a todos los procesos necesarios para el engorde de pollos, con el fin de cumplir con los requerimientos de calidad y salubridad establecidos, realizando actividades como:

- ✓ Gestión de insumos: programación de insumos requeridos en el proceso de engorde de pollo por granja y traslado de alimento granja a granja.
- ✓ Dirección en el engorde de aves.
- ✓ Seguimiento a desempeño zootécnico diario de aves.*
- ✓ Asistencia zootécnica y sanitaria en el manejo de las aves.

* Se registra en el sistema diariamente a cada granja y galpón encasetado variables como consumo, peso promedio de las aves y mortalidad por galpón.

- ✓ Programación del sacrificio de pollo de engorde*.
- ✓ Determinación de costos asociados al proceso.
- ✓ Registro de la información generada en el proceso en el portal SAP.

Para el proceso de engorde de aves, la compañía cuenta con 756 galpones en 175 granjas activas, con encasetamientos mensuales de aproximadamente cinco millones de aves. Para dicho proceso a cada granja por programación en SAP le es asignada una fecha de encasetamiento y una cantidad aproximada de aves a recibir por galpón, estas aves deben ser engordadas hasta lograr el peso requerido en un periodo no mayor a 49 días, posterior a esto las aves son enviadas a sacrificio.

Para mantener seguimiento al ciclo productivo en cada granja, la dirección de pollo de engorde cuenta con personal encargado del registro diario en SAP del desempeño zootécnico de las aves; información guía para el personal de dirección de pollo de engorde en la programación de las fechas de sacrificio de las aves. Este proceso por lote dura entre 42 y 49 días, y cada galpón debe ingresar en la programación de sacrificio, cuando sus aves cumplen 21 días ya que la información recientemente registrada de su seguimiento en el portal SAP permite realizar una predicción de la edad a la que las aves tendrán el peso requerido para ser sacrificadas.

Es el proceso de programación de sacrificio el que representa un trabajo extenso para la dirección de engorde, pues de manera manual y basada en los registros y conocimientos ya adquiridos por la dirección de engorde debe ser determinado el día tentativo en el que las aves logran el peso promedio requerido para su sacrificio*.

* Basados en la demanda del producto, peso proyectado para las aves y capacidad de sacrificio disponible en las plantas de beneficio.

* Para el 5 de Marzo de 2015; 313 galpones, correspondientes a 67 granjas registraban 21 o más días en granja, por lo tanto deben aparecer en la programación de sacrificio.

Este proceso debería ser llevado a cabo de manera sistemática por el software, ya que se contiene los registros recientes e históricos necesarios para determinar la fecha de sacrificio. La compañía cuenta con una fórmula de predicción de peso ya registrada en su portal SAP, realizada en el año 2011, pero esta, por su desactualización genera predicciones erróneas en el caso granjas incluidas en la compañía en los años posteriores a su formulación.

La fórmula registrada se basa en los registros de desempeño de 148 granjas encasetas entre Marzo y Octubre de 2010, y determinando como variables incidentes en el peso; la raza*, el sexo, la edad y un calificativo adicional a cada granja. La desactualización de dicha fórmula representa diferencias inaceptables entre pesos estimados y reales, generando constantes modificaciones a toda la programación de sacrificio ya elaborada.

Si las predicciones de la fórmula arrojaran pronósticos más cercanos a los pesos reales obtenidos por las aves, el sistema realizaría una proyección automática y más exacta. Por lo tanto se consideró necesaria la actualización de esta, para asegurar que los resultados arrojados sean confiables y poder disminuir el tiempo destinado a la programación semanal de sacrificio de aves.

Se considera que al contar con información perteneciente a los resultados de las aves tanto en granja como en planta de sacrificio es posible crear una base de datos tipo datos de panel que recopile dicha información para cada una de las granjas en cada uno de los lotes encasetas entre 2012 y 2014.

PEREZ define una base de datos de panel (o longitudinal de sección cruzada) como una matriz con tres dimensiones: unidad de análisis, variables y tiempo². En este

* Raza: Línea genética de las aves, la compañía encaseta aves *ross* y *cobb*.

² PEREZ, Cesar. Econometría avanzada. Técnicas y herramientas. Econometría de los datos de panel, raíces unitarias y cointegración en paneles. Cuarta Edición. Michigan: Cengage Learning Editores. 890 p

caso, las tres dimensiones estarían presentes al identificar a cada uno de los galpones encasetados como *unidad de análisis o agente social*, a cada uno de los indicadores de desempeño zootécnico de las aves como *variables* y al tener observaciones para diferentes periodos de *tiempo*.

1.2. ALCANCE DEL PROYECTO

1.2.1. Objetivo General. Desarrollar un modelo matemático tipo datos de panel con el propósito de determinar los factores más importantes que tienen un poder predictivo en el peso obtenido en pollos de engorde.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar una recopilación teórica sobre modelos tipo datos de panel para la elaboración de modelos de predicción.
- Estimar los parámetros del modelo de predicción por medio de datos que se obtienen a partir de la observación directa y de experimentos diseñados.
- Validar el modelo mediante datos test y medir la bondad de ajuste en la predicción

2. MARCO TEORICO

2.1. ESTRUCTURA DE DATOS ECONOMETRICOS

El método de la investigación econométrica busca en esencia una conjunción entre la teoría económica y la medición real, con la teoría y la técnica de la inferencia estadística como puente³. Las estructuras de datos econométricos representan los tipos de bases de datos presentes en análisis econométricos. Dentro de sus principales estructuras de datos se encuentran los datos transversales, series de tiempo, combinaciones de cortes transversales o en casos bases de datos que evalúan tres dimensiones, denominadas datos de panel o longitudinales.

Para la adecuada identificación de cada una de las estructuras de datos, se realiza a continuación una descripción y se presentan como ejemplos tablas de datos, que representan el desempeño zootécnico de aves en proceso de engorde

2.1.1. Datos de corte transversal. Consiste en el estudio de un conjunto de unidades sociales en un momento de tiempo⁴, también llamado sección cruzada⁵ en este tipo de datos cada observación presenta los datos obtenidos para K variables por cada unidad social, teniendo así X_K variables, y tantas unidades sociales como observaciones, a menudo estos datos correspondientes a una muestra obtenida mediante muestreo aleatorio.

³ T. HAAVELMO, "The Probability Approach in Econometrics", suplemento de Econometrica. Citado por GUJARATI, Damodar. En: Econometría: ¿qué es la econometría?. Quinta Edición. México. Mc Graw Gill. p. 3.

⁴ PEREZ, Cesar. Econometría avanzada. Técnicas y herramientas. Econometría de los datos de panel, raíces unitarias y cointegración en paneles. Cuarta Edición. Michigan: Cengage Learning Editores. P. 890.

⁵ Ibid.,p 739.

Tabla 1. Corte Transversal - Resultados zootécnicos de aves – edad 7

Observ.	Ganancia Peso x día	Conversión	Eficiencia	Raza 0: Ross / 1: Cobb	Sexo 0: H / 1: M
1	0,014	1,194	11,64	0	1
2	0,02	0,962	18,92	0	1
3	0,021	0,856	21,85	1	0
4	0,019	0,874	20,02	1	1
...
99	0,023	0,719	27,68	0	0
100	0,021	0,751	24,63	0	1

La Tabla 1. Presenta un conjunto de datos de corte transversal, en el que se evalúan la ganancia de peso /día, conversión y eficiencia en una muestra de 100 granjas (*unidades o agentes sociales*) al cumplir siete días de su proceso de engorde, las variables raza y sexo describen características del tipo de aves evaluadas, por lo tanto su representación es con variables binarias.

Dentro de las particularidades presentes en bases de datos de tipo *corte transversal* encontramos que las variables en algunos casos corresponden a periodos de tiempo diferentes, pero la correlación de los datos es ignorada, adicional a esto el orden de las observaciones no representa alteración en el proceso de análisis.

2.1.2. Datos de serie temporal. Las series temporales corresponden a observaciones realizadas de una o más variables a lo largo del tiempo⁶, razón por la cual el orden en que son almacenados los datos cobra importancia en su análisis dado que al corresponder a observaciones del mismo evento se puede determinar incidencia entre ellos.

⁶ PEREZ, Cesar. Econometría avanzada. Técnicas y herramientas. Econometría de los datos de panel, raíces unitarias y cointegración en paneles. Cuarta Edición. Michigan: Cengage Learning Editores. 890 p

Tabla 2. Ejemplo Serie de Tiempo – Resultados día 7

Observ.	Lote	Ganancia Peso x día	Conversión	Eficiencia
1	33	0,014	1,194	11,64
2	34	0,023	0,798	24,81
3	35	0,024	0,782	26,34
4	36	0,022	0,845	22,84
5	37	0,021	0,877	21,32
...
15	47	0,021	0,892	20,74
16	48	0,021	0,889	21,37

La Tabla 2. Representa datos correspondientes al desempeño zootécnico de aves de pollo de engorde (X_i) a edad 7, para 16 lotes o secuencias de encasetado (T) de una misma granja, la periodicidad corresponde a dos meses de año en los cuales se lleva el proceso de preparación de la granja y engorde de las aves.

Dentro de las particularidades de este tipo de estructura de datos se encuentra, que pocas veces puede suponerse independencia de las observaciones en el tiempo y que su adecuada periodicidad puede identificar patrones de estacionalidad.

2.1.3. Combinación de cortes transversales. Se identifican por tener características tanto de corte trasversal como de serie de tiempo; unión de cortes transversales. En este, se observan variables de varios periodos de tiempo.

En la tabla 3 Se presentan resultados del desempeño zootécnico de aves a edad 7, para siete granjas de engorde correspondientes a dos periodos de tiempo (2012 y 2013), las observaciones no corresponden exactamente a la misma granja.

Tabla 3. Resultados – Combinación de Cortes Transversales

Observ.	Año	Ganancia Peso x día	Conversión	Eficiencia
1	2012	0,022	0,802	23,94
2	2012	0,02	0,911	19,65
...
7	2012	0,02	0,82	22,32
8	2013	0,023	0,809	24,6
...
13	2013	0,02	0,812	22,29
14	2013	0,021	0,829	22,56

Al pertenecer las observaciones a periodos de tiempo diferentes, se estima que si es tomada en cuenta la variación que puedan presentar las variables respecto al tiempo, adicionalmente el tamaño de las muestras puede diferir.

2.1.4. Datos de panel o longitudinales. Según WOOLDRIDGE⁷, un conjunto de datos de panel (o longitudinales) consiste en una serie de tiempo por cada unidad de una base de datos de corte transversal.

Los datos de panel, son definidos también como un conjunto de variables para un conjunto de unidades sociales o secciones, cuyos valores se observan durante un periodo de tiempo.⁸ Un conjunto de datos de panel presenta tres dimensiones: unidad de análisis o agente social, variables y tiempo, la particularidad de esta estructura se presenta en que la muestra tomada permanece constante a lo largo de los periodos de tiempo observados.

⁷ WOOLDRIDGE, Jeffrey M. Introducción a la econometría. Un enfoque Moderno: La naturaleza de la econometría y los datos económicos. Cuarta Edición. Michigan: Cengage Learning Editores. 890 p.

⁸ PEREZ, Cesar. Econometría avanzada. Técnicas y herramientas. Econometría de los datos de panel, raíces unitarias y cointegración en paneles. Cuarta Edición. Michigan: Cengage Learning Editores. 890 p

Tabla 4. Datos tipo panel

Observ.	Granja	Lote	Edad Observada	Ganancia Peso x día	Conversión	Eficiencia	Raza	Sexo
							0: Ross 1: Cobb	0: H 1: M
1	A	1	7	0,022	0,762	25,33	0	0
3	A	2	7	0,025	0,674	32,34	0	0
5	A	3	7	0,022	0,742	26,15	0	0
7	B	1	7	0,019	0,849	20,26	0	1
9	B	2	7	0,02	0,839	21,45	0	1
11	B	3	7	0,019	0,854	20,02	0	1
13	C	1	7	0,02	0,816	21,94	0	0
15	C	2	7	0,02	0,881	20,09	0	0
17	C	3	7	0,019	0,912	18,64	0	0
19	D	1	7	0,019	0,871	19,52	0	0
21	D	2	7	0,02	0,772	23,32	0	0
23	D	3	7	0,023	0,784	25,38	0	0
25	E	1	7	0,02	0,866	20,67	0	0
27	E	2	7	0,02	0,858	21,33	1	1
29	E	3	7	0,019	0,895	19,22	0	1

Las bases de datos de panel se pueden clasificar como: *balanceadas* cuando no hay observaciones perdidas (*missing values*); es decir todos los agentes sociales incluidos presentan igual número de observaciones en el tiempo ($T_i = T$ para cada i)⁹ y no *balanceados* cuando algunas unidades o individuos no se observan en algunos periodos¹⁰.

El objetivo de estudios que emplean información tipo panel de datos es identificar heterogeneidad no observable, analizando los efectos individuales específicos y los efectos temporales ya que se cuenta con una dimensión temporal de los datos que enriquece el estudio.¹¹

⁹ COBACHO T., Ma Belen y BOSCH M., Mariano. Métodos lineales de estimación con datos de panel: Una aplicación al estudio de los efectos de la inversión pública federal en México. [en línea]. 13 p.[Consultado 18 Feb 2015]. Disponible en <http://www.uv.es/asepuma/XII/comunica/cobacho_bosch.pdf>

¹⁰ TOLEDO, Wilfredo. Una introducción a la econometría con datos de panel. [en línea]. (2012); 30 p. [Consultado 18 Feb. 2015]. Disponible en < <http://economia.uprrp.edu/Ensayo%20152.pdf>>

¹¹ MAYORGA M., Mauricio y MUÑOZ S., Evelyn. La técnica de datos de panel una guía para su uso e interpretación. En: Banco central de Costa Rica. [en línea]. 20 p. [Consultado 13 de febrero de 2015]. Disponible en

La tabla 4 muestra un conjunto de datos de panel, que representan el *desempeño zootécnico* (variables observadas) de *cinco granjas* (agentes sociales) durante su primer semana de engorde, para tres periodos seguidos -lotes- que corresponden a la secuencia de encasetamiento de aves (tiempo), se observa en el conjunto de datos que las observaciones en diferentes periodos de tiempo corresponden a las mismas granjas (agentes sociales).

2.2. MODELOS PARA LA ESTIMACIÓN DE PARAMETROS

Para poder determinar la incidencia de una o más variables en otra, a través del tiempo y diferentes agentes sociales es necesario establecer un modelo de regresión, en este caso el planteamiento general es el siguiente:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + U_{it}$$

Donde $i = 1, \dots, N$ corresponde a los agentes o unidades sociales, $t = 1, \dots, T$ a las unidades temporales, $k = 1, \dots, K$ corresponde al número de variables explicativas, y_{it} es la variable que se desea explicar, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ son los parámetros a estimar; siendo β_0 el término constante del modelo y por ultimo U_{it} que corresponde al error del modelo.

Para la adecuada estimación de parámetros es necesaria la aplicación de modelos de estimación de datos de panel, con el fin de determinar relaciones de causalidad o de comportamiento entre diferentes tipos de variables, a partir de los datos disponibles¹²

<http://www.bccr.fi.cr/investigacioneseconomicas/metodoscuantitativos/Tecnica_datos_panel,_una_guia_para_su_uso_e_interpretacion.pdf>

¹² MAYORGA M., Mauricio y MUÑOZ S., Evelyn. La técnica de datos de panel una guía para su uso e interpretación. En: Banco central de Costa Rica. [en línea]. 20 p. [Consultado 13 de febrero de 2015]. Disponible

Para poder realizar estimación del modelo por mínimos cuadrados ordinarios – MCO es necesario que el panel de datos cumpla con los supuestos de homocedasticidad y no correlación descritos en 2.2.1.

TOLEDO¹³ afirma que dos problemas econométricos que se examinan en la estimación de los modelos son *autocorrelación* y *heterocedasticidad*.

Al no cumplir con alguno de los supuestos, la estimación de parámetros por MCO no es la más eficiente o de mínima varianza. Por lo tanto es importante contar con modelos que tengan en cuenta las posibles relaciones entre el conjunto de datos, siendo sin embargo estimaciones no sesgadas y de mínima varianza.

La presencia del efecto aleatorio invariante en el tiempo (α_i) o a través de los agente sociales (ϕ_t) hace que se presente heterogeneidad. Al no cumplir con el principio de homocedasticidad y no autocorrelación, la estimación por MCO no es la metodología más adecuada para evitar sesgos en la estimación, las siguientes son algunas de las metodologías con las que se cuenta para dar una estimación más apropiada

en http://www.bccr.fi.cr/investigacioneseconomicas/metodoscuantitativos/Tecnica_datos_panel,_una_guia_para_su_uso_e_interpretacion.pdf

¹³ TOLEDO, Wilfredo. Una introducción a la econometría con datos de panel. [en línea]. (2012); 30 p. [Consultado 18 Feb. 2015]. Disponible en < <http://economia.uprrp.edu/Ensayo%20152.pdf>>

2.2.1. Supuestos para estimación del modelo de regresión por MCO

$E[U_{it}] = 0$ para todo agente i

U_{it} sigue una distribución normal, con media 0 y $Var[U_{it}] = \sigma^2$

o **Homocedasticidad**

$Var[U_{it}] = \sigma^2$ para todo agente i , y para todo instante t

o **Términos de error no correlacionados** para diferentes unidades de tiempo.

$Cov[U_{it}, U_{js}] = 0$ para todo agente $i \neq j$, y para todo instante $t \neq s$

o **Términos de error no correlacionados** para diferentes instantes de tiempo

Tomado de: Econometría avanzada. Técnicas y herramientas¹⁴

2.2.2. Modelo de coeficientes constantes

Asume: Los coeficientes son los mismos para todas las unidades de la muestra.

Supuestos:

$Var[U_{it}] = \sigma^2$ para todo agente i , y para todo instante t

$Cov[U_{it}, U_{js}] = 0$ para todo agente $i \neq j$, y para todo instante $t \neq s$

Al presentarse heterocedasticidad y autocorrelación en la valoración por mínimos cuadrados ordinarios se obtienen estimadores insesgados pero no de mínima varianza, en este caso es conveniente estimar el modelo por medio de mínimos cuadrados generalizados MCG.

¹⁴ PEREZ, Cesar. Econometría avanzada. Técnicas y herramientas. Econometría de los datos de panel, raíces unitarias y cointegración en paneles. Cuarta Edición. Michigan: Cengage Learning Editores. 890 p

En el caso de mínimos cuadrados generalizados, se supone para el modelo:

$$\begin{aligned} \text{Var}[U_{it}] &= \sigma_{it}^2 \\ \text{Cov}[U_{it}, U_{js}] &= \sigma_{ijts}^2 \end{aligned}$$

Al contar con que para el término error se presentan varianzas diferentes y covarianzas diferentes a cero dependiendo del agente social y momento en el tiempo, es necesario adicionar al conjunto de datos un conjunto de parámetros equivalente a:

$$\frac{((N \times T)(N \times T) + 1)}{2}$$

Al contar con una muestra grande o gran cantidad de momentos de tiempo, se hace extensa, casi incalculable la estimación de dichos parámetros, por lo tanto la estimación debe ser realizada por medio de modelos dinámicos, calculando parámetros adicionales a los $k + 1$ invariantes del modelo, aun con estimación por MCG.

2.2.3. Modelo de efectos fijos (FE – *Fixed effects models*)

Asume: Los coeficientes varían dependiendo del agente social y del momento del tiempo.

Por lo tanto este modelo pretende estimar la variación por presencia de varios agentes sociales o momentos de tiempo, para realizar estimación por este modelo se incluyen variables de forma binaria al modelo (*LSDV mínimos cuadrados con variables binarias para modelar los efectos individuales*), si se desea controlar la variación por presencia de varios agentes sociales se deben incluir $N - 1$ variables ($N - 1$ porque un agente social se toma como referencia), igual en el caso de control por efectos del tiempo, se adicionan $T - 1$ variables al modelo.

Para la estimación de este modelo se descompone el error U_{it} así:

$$U_{it} = \alpha_{it} + \phi_{it} + \varepsilon_{it}$$

Siendo α_{it} una variable no observable, que puede estar correlacionada con las variables independientes,¹⁵ siendo entonces el componente que recopila la variación por presencia de agentes sociales y que es invariante en el tiempo, denominado también *componente “entre grupos”*, ϕ_{it} la variación por la presencia de varios periodos de tiempo, componente “intragrupos” y ε_{it} representa el error aleatorio del modelo (ruido blanco¹⁶). El modelo a estimar quedaría representado de la siguiente forma:

$$y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_K X_{kit} + U_{it}$$

La estimación del modelo se lleva a cabo por MCO, incluyendo los $T + N - 2$ parámetros mencionados anteriormente, este modelo permite la correlación entre los efectos individuales α_{it} , ϕ_{it} y las variables explicativas X_{it} , pero para que los estimadores sean consistentes se requiere exogeneidad estricta de X_{it} y ε_{it} ¹⁷

2.2.4. Modelo de efectos o coeficientes aleatorios (Random effects models)

Supone: Los términos α_i y ϕ_t , son términos que varían de forma aleatoria en el tiempo a través de los agentes sociales

Al igual que en el modelo de efectos fijos, se cuenta con varios componentes de error, en este caso definido como:

¹⁵ TOLEDO, Wilfredo. Una introducción a la econometría con datos de panel. [en línea]. (2012); 30 p. [Consultado 18 Feb. 2015]. Disponible en < <http://economia.uprrp.edu/Ensayo%20152.pdf>>

¹⁶ PEREZ, Cesar. Econometría avanzada. Técnicas y herramientas. Econometría de los datos de panel, raíces unitarias y cointegración en paneles. Cuarta Edición. Michigan: Cengage Learning Editores. 890 p

¹⁷ Ibid. 890 p

$U_{it} = \alpha_i + \phi_t + \varepsilon_{it}$, define a α_i como el error aleatorio por las diferentes unidades sociales, no correlacionado con los regresores, ϕ_t error aleatorio por los momentos de tiempo y ε_{it} como el error aleatorio que depende del tiempo y unidades sociales. Supone:

Cada componente del error sigue una distribución normal, con media 0,

$$E[\alpha_i] = E[\phi_t] = E[\varepsilon_{it}] = 0$$

$$Var[\alpha_i] = \sigma^2_\alpha; Var[\phi_t] = \sigma^2_\phi; Var[\varepsilon_{it}] = \sigma^2_\varepsilon$$

$$Cov[\alpha_i, \alpha_j] = 0; Cov[\phi_t, \phi_s] = 0; Cov[\varepsilon_{it}, \varepsilon_{js}] = 0$$

$$E(\alpha_i \alpha_j) = 0 \text{ y } E(\phi_t \phi_s) = 0 \text{ para todo agente } i \neq j, \text{ y todo instante } t \neq s$$

2.2.5. Modelos dinámicos con datos de panel. Para la estimación del modelo con retardos de la variable dependiente, por lo tanto la estructura del modelo es la siguiente:

$$y_{it} = \beta_0 + \eta y_{it-1} + \sum \beta_k X_{kit} + u_{it}$$

En este modelo se adiciona al modelo habitual el coeficiente η asociada con y_{t-1} y representa la tasa de decremento del efecto de valores pasados de y_{t-1}

En ocasiones el modelo es estimado en dos partes, en la primera se estima una a variable: I_{it}^* , sustituyendo la variable retardada, esta variable se define como:

$$I_{it} = a + \sum_{r=1}^R b_r Z_{Kit} + u$$

Posteriormente es incluido el término al modelo sustituyendo la variable endógena retardada, el modelo puede ser estimado por MCO.

2.3. VALIDACIÓN

2.3.1. Pruebas de bondad y ajuste. Las pruebas de bondad y ajuste se aplican en diseños de investigación en los que se estudia un único grupo¹⁸, esta prueba tiene como objetivo medir el ajuste de la distribución de frecuencia de una muestra (O_i frecuencia observada) con la distribución de interés o de estudio.

Para determinar si hay diferencias significativas entre las distribuciones observadas O_i y esperadas E_i , se plantean las siguientes hipótesis

H₀: $O_i = E_i$ La muestra proviene de una población con X distribución

H₁: $O_i \neq E_i$ La muestra no proviene de una población con X distribución,

Construcción de estadístico

El estadístico X_o para la prueba de bondad y ajuste, mide la discrepancia entre los valores observados y los valores esperados, siendo:

$$X_o = \sum_{i=1}^K \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Para realizar la estimación de la hipótesis se aplica una prueba chi cuadrado, estimando $X_{\alpha}^2, k - p - 1$, dónde: α el nivel de significancia, p los parámetros estimados y k las clases o intervalos estudiados, i la cantidad de observaciones de cada clase.

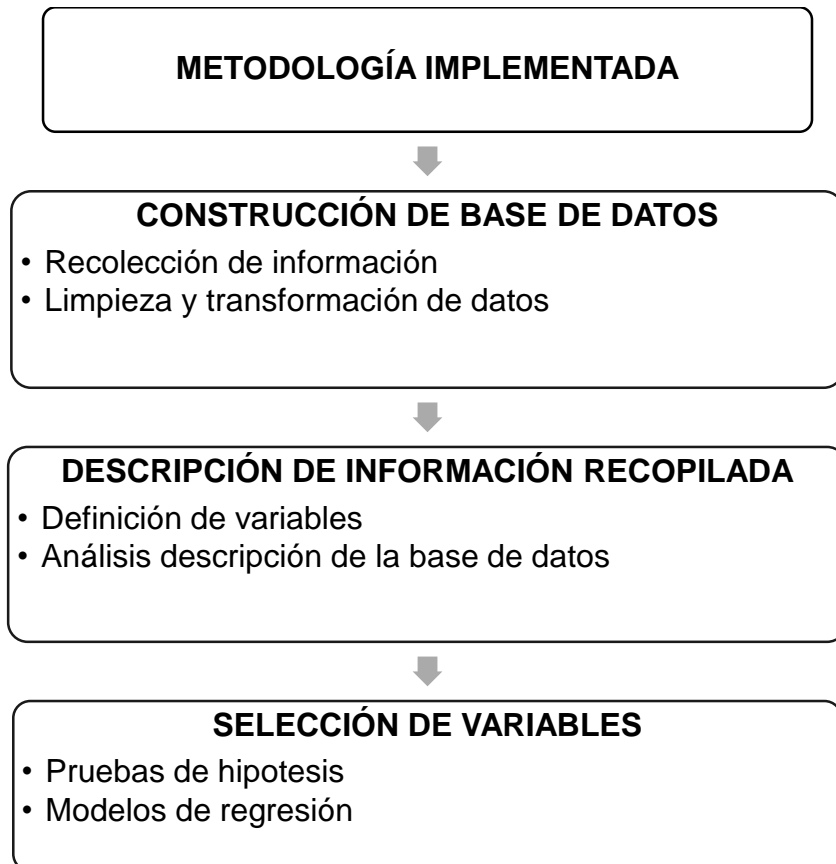
¹⁸ OBREGON, Jesús. Prueba de Bondad y ajuste. En: Universidad nacional Autónoma de México. [en línea] 8 p. [Consultado el 13 de febrero de 2015.] Disponible en <<http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/planunico/spii/antologia2012/3.pdf>>

La hipótesis nula H_0 es aceptada, siempre y cuando $X_0^2 < X_{\alpha}^2, k - p - 1$, comprobando que la muestra si proviene de la distribución

3. DISEÑO DE EXPERIMENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE VARIABLES

A continuación se lleva a cabo el desarrollo de la metodología implementada para la determinación de variables incidentes en el peso de las aves a sacrificio. Como lo indica la Figura 3 en este capítulo se da desarrollo a la selección de variables, partiendo de la integración de información en una base de datos, realizando un análisis descriptivo de ella para identificar perfiles de información, realizando pruebas de hipótesis que evalúan la incidencia de variables en el peso de las aves, y finalmente realizando modelos de regresión lineal que permiten evaluar incidencia individual y conjunta de variables en el peso de las aves.

Figura 3. Metodología para selección de variables



3.1. CONSTRUCCIÓN DE BASE DE DATOS

3.1.1. Recolección de Información Proveniente de SAP. El peso alcanzado por las aves el día de su sacrificio es el resultado de un proceso en el que la oportuna toma de decisiones es indispensable para asegurar los mejores resultados, ya que dichas decisiones son tomadas sobre la marcha y basados en la información verídica y oportuna que logra manejar la compañía entre sus áreas al trabajar integralmente sus procesos con las herramientas ofrecidas por el sistema SAP.

En este caso, como es de interés el desempeño de las aves desde su puesta en galpón hasta sus resultados en planta de sacrificio, se determinó que la información propia para la creación de la base de datos era la proveniente de dos tipos de registros; la primera correspondiente al desempeño semanal que registran las aves en sus primeras cinco semanas de vida y la segunda referente a los resultados de peso en planta de beneficio el día de su sacrificio.

Para tal fin se exporto en formato Excel del ERP SAP de la compañía, la información correspondiente al periodo 2012 - 2014 proveniente de las siguientes transacciones:

- *Encasetamiento por galpón.* Permite evidenciar la cantidad de aves asignadas a cada galpón en cada uno de los lotes por año, obtenido además información de su procedencia y clasificación.
- *Informe técnico semanal por galpón.* Se obtiene el desempeño semanal de las aves, por galpón, a corte de semana, para las primeras cinco semanas de las aves (edades 7, 14, 21, 28 y 35).
- *Sacrificio por galpón.* Obteniendo los resultados de desempeño de las aves por galpón el día de su sacrificio.

3.1.2. Limpieza y Transformación de los Datos

- Integración de resultados

Como primera medida se procede a la asociación de registros provenientes de cada una de las transacciones involucradas, obteniendo un archivo que relaciona; la procedencia, características, desempeño y resultados para cada uno de los galpones encasetados entre 2012 y 2014 para todas las granjas de la compañía.

- Limpieza de la base de datos

El depurado de la base de datos, permite realizar la eliminación de registros que presenten características que afecte de manera no explicada los resultados o que no presenten incidencia para la realización del modelo, bajo esos criterios es eliminado de la base de datos:

- ✓ Registros de desempeño donde las medias sean superior a tres desviaciones estándar.
- ✓ Datos perdidos, es decir registros con faltantes de información, variables erróneos (ceros, negativos o vacíos)
- ✓ Granjas no activas* a Diciembre de 2014, ya que la evaluación individual de sus efectos no sería tenida en cuenta para próximas estimaciones.
- ✓ Registros correspondientes a la granja experimental de la compañía, ya que por su función experimental no encaseta aves bajo las mismas condiciones que las demás granjas.
- ✓ Registros que no corresponden a la edad correcta en la que es evaluado el galpón dentro de las primeras cinco semanas (ejemplo: registros a edad 6 de las aves)

* Se eliminan los registros de 23 granjas que a Diciembre de 2014 no se encontraban activas para Avidesa Mac Pollo S.A.

- Registros finales

La limpieza de datos deja un 94,5% de los registros originales en la base de datos final, teniendo 51721 registros de desempeño semanal y 10157 de resultados en sacrificio, conservando un 94% la proporción de 5 a 1 entre los dos tipos de datos (por cada cinco registros de desempeño semanal se debería tener uno de sacrificio, esto para cada galpón en un lote del año).

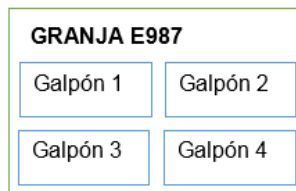
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS

Como se mencionó anteriormente, la integración de datos recolectados permite identificar la procedencia, características, desempeño semanal y resultados a sacrificio para cada uno de los galpones de la compañía. A continuación se realiza una descripción de esta información recopilada.

3.2.1. Definición de Variables. Se cuenta con 26 variables tomadas de las transacciones relacionadas con el desempeño de aves en Avidesa Mac Pollo Oriente, a continuación se realiza una breve descripción de cada una de ellas para poder comprender mejor la estructuración del proceso de engorde en la compañía.

- *Registro:* Medición de cada una de las variables que conforman la base de datos para un galpón en un tiempo determinado.
- *Granja:* Cada una de las locaciones destinadas al engorde de aves, estas en su mayoría divididas en galpones. La cantidad de galpones de cada granja está determinado por su área.

Figura 4. Galpones en granja



- *Nombre de Granja:* Es el nombre asignado a cada una de las granjas de la compañía, son elegidos por la compañía o el administrador tercero.
- *Lote - Cochada:* Corresponde a la secuencia de encasetamiento de cada granja, estas se encasetan en promedio seis veces al año.
- *Galpón:* Corresponde a las divisiones de área dentro de cada granja; son 756 galpones distribuidos en las 175 granjas.
- *Sexo:* Corresponde al sexo de las aves encasetadas; macho o hembra, en ocasiones se encaseta en un mismo galpón aves de ambos sexos denominando a esta combinación galpón mixto.
- *Raza:* Corresponde a la raza de las aves encasetadas; ross, cobb y mixto en el caso en que las dos razas sean encasetadas en un mismo galpón.
- *Edad:* Corresponde a la edad que presentan las aves (en días) en cada uno de los registros; desempeño semanal entre edades 7, 14, 21, 28, 35 y su resultado a sacrificio cuando las aves cumplen el peso requerido para ser sacrificados.
- *Edad Reproductora:* Corresponde a la edad en semanas de las aves ponedoras.
- *Municipio:* Ubicación de las granjas en el departamento de Santander, las granjas se ubican en diez municipios del departamento.
- *Administración:* Corresponde al personal destinado a la administración de la granja; ya sean profesionales de Avides Mac pollo o profesionales integrado¹⁹.
- *Zona Avides:* Corresponde a la clasificación de las granjas dependiendo de su administración, correspondiendo a *Zona 1* y *Zona 2* las granjas administradas por Avides y a *Zona 3* (integrada) las granjas administradas por terceros.
- *Clima:* Corresponde a la clasificación climática de las granjas en el departamento; clima frío y clima cálido.
- *Jefe de Zona:* Corresponde al administrador de la granja, ya sea un jefe de zona (para las zonas 1 y 2), o una compañía tercera (en el caso de las granjas integradas).

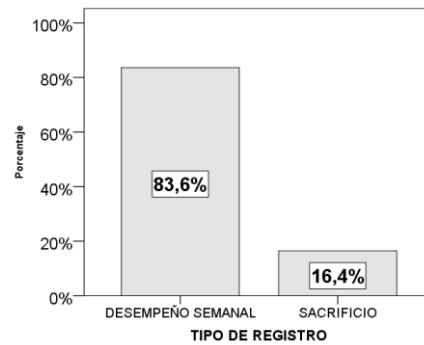
¹⁹ Integrado define a la sociedad entre veterinarios dedicada al engorde de aves para Avides Mac Pollo.

- *Aves Encasetadas*: Corresponde al número de aves que fueron encasetadas en cada uno de los galpones de cada granja en un periodo determinado.
- *Mortalidad*: Corresponde al número de aves muertas durante en el encasetamiento en cada uno de los galpones.
- *Selección*: Aves que son retiradas del galpón porque se prevé se convertirán en mortalidad o que afectarán el desempeño de otras aves.
- *Consumo de alimento*: Kilogramos de alimento consumido en la edad evaluada por cada ave en su proceso de engorde.
- *Peso Ave*: Corresponde al peso promedio de las aves por cada galpón a la edad registrada.
- *Ganancia de peso/día*: Corresponde a los gramos promedio de peso que gana cada ave en su proceso de engorde por día.
- *Conversión alimenticia*: Relación entre el consumo de las aves y el peso obtenido, este indicador determina los gramos requeridos de consumo para que el ave aumente en un gramo su peso.
- *Eficiencia*: Relación entre el peso de las aves y su conversión alimenticia.

3.2.2. Análisis Descriptivo de la Base de Datos. El análisis de la base de datos se divide en dos partes, la primera descriptiva definiendo la procedencia de los datos, y la segunda realizando un análisis de los registros obtenidos.

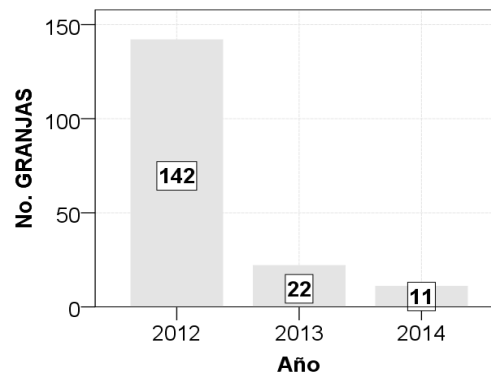
3.2.2.1. Descripción de los registros: Los registros corresponden a dos tipos de datos, como lo indica la Figura 5; *desempeño semanal* que representa el seguimiento a los resultados de los galpones cada siete días a partir del nacimiento de las aves hasta el día 35, generando entonces por galpón cinco registros (uno para cada semana), y los *resultados a sacrificio* que corresponden a los resultados

Figura 6. Registros totales



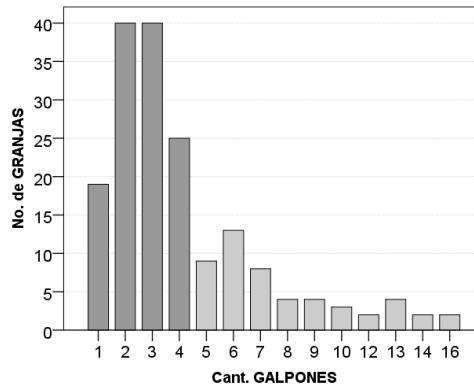
Para 2012 la compañía ya contaba con el 81% de las granjas totales vinculadas, Figura 7, entre los años 2013 y 2014 se vincularon 33 granjas.

Figura 7. Granjas incorporadas



Las 175 granjas dedicadas al engorde de aves, dividen su terreno en los galpones permitidos por su área, teniendo granjas con 1 hasta 16 galpones, el 71% de las granjas tiene entre uno y cuatro galpones, el 29% restante entre cinco y dieciséis.

Figura 8. Galpones por granja

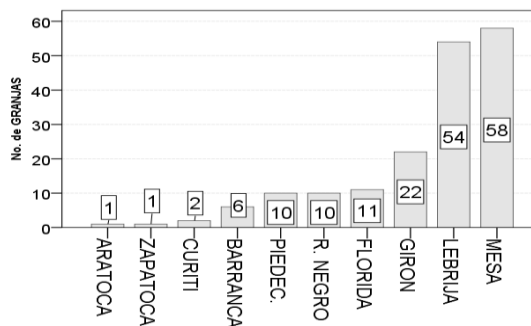


Las 175 granjas de engorde de Avidesa Mac Pollo S.A regional Oriente dependiendo del interés pueden ser clasificadas por:

- ✓ Ubicación en el departamento

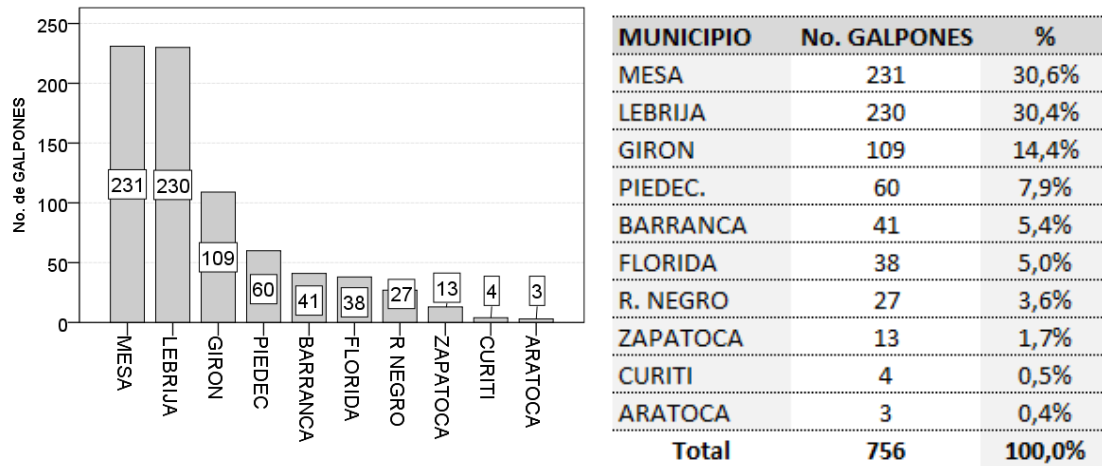
El 76.6% de las granjas, correspondiente a 134 de ellas, son ubicadas en los municipios de Girón, Lebrija y Mesa de los Santos, como lo indica la Figura 9, el 23.4% restante se ubica en los municipios de Floridablanca, Rio Negro, Piedecuesta, Barrancabermeja, Curití, Zapatocá y Aratocá.

Figura 9. Granjas por municipio



En los municipios de Lebrija y Mesa de los Santos se cuenta con la mayor cantidad de galpones, con una participación conjunta mayor al 60%, en municipios como Aratocá y Curiti se encuentra solo el 1% de los galpones.

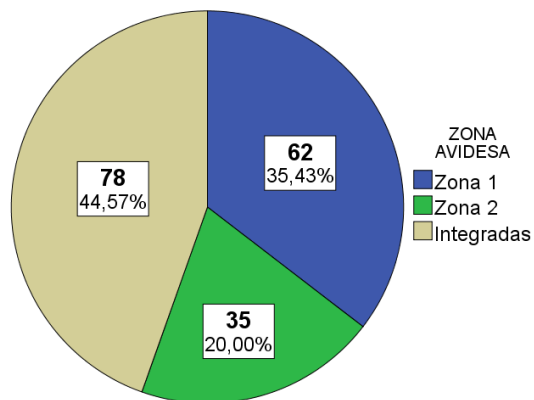
Figura 10. Participación por municipios.



✓ Zona

Las granjas de la compañía se dividen en tres zonas, dos administradas directamente por Avidesa Mac Pollo, siendo el 55,4% de las granjas (*zona 1 y 2*) y un 44,6% administrado por terceros bajo las directrices de la compañía (*zona 3*).

Figura 11. Granjas por zona



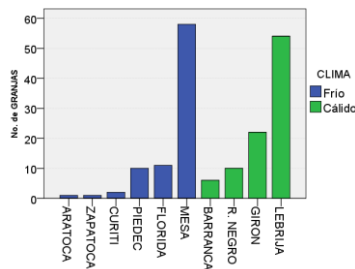
En la Figura 11 se observa que la *zona 1* administra 62 granjas, estas ubicadas en los municipios de Floridablanca, Piedecuesta y Mesa de los Santos, la *zona 2* administra 35 granjas de los municipios de Girón, Barrancabermeja y Lebrija y la *zona 3* a 78 granjas en los diez municipios.

✓ Clima

Los diez municipios son clasificados en dos tipos de clima: frío y cálido, la Figura 12 muestra el tipo de clima al que pertenece cada municipio*.

El 47,4% del total de las granjas se encuentran ubicadas en los municipios identificados como fríos y el 52,6% restante en la zona cálida, al clima frío pertenecen las granjas de la zona 1 y el 27% de las granjas de zona 3, al clima cálido pertenecen las granjas de la zona 2 y el 73% de las granjas de la zona 3.

Figura 12. Granjas por clima



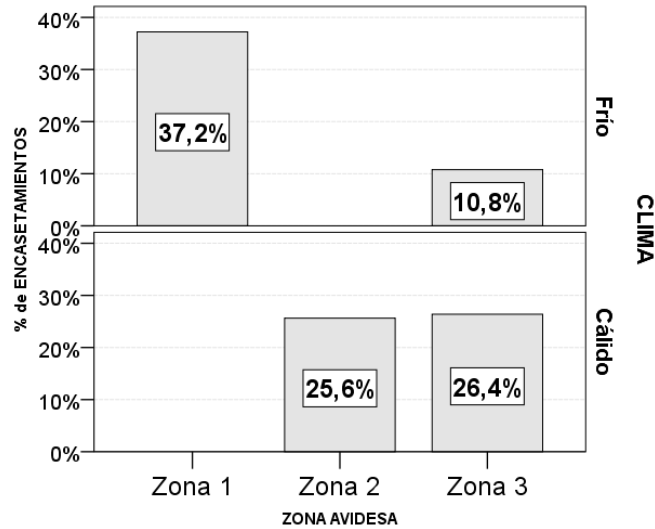
Los 61787 registros hacen seguimiento a 10377 encasetamientos en el transcurso de los tres años. A continuación se detalla una descripción de dichos encasetamientos.

✓ Clima y zona

Con un 52% del total, es el clima cálido es el que presento mayores encasetamientos. Como ya se comentó, la zona 3 es la única con granjas en los dos tipos de clima.

* Esta clasificación estaba previamente determinada por Avidesá.

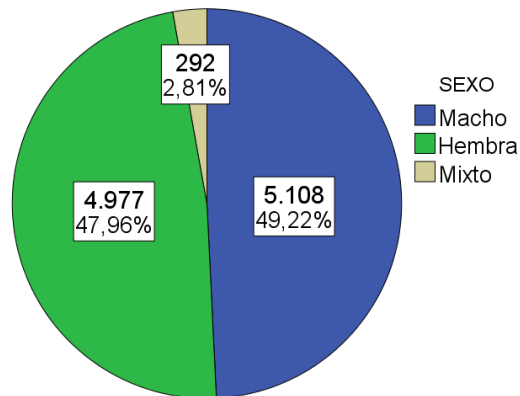
Figura 13. Clima y zona



✓ Sexo

La Figura 14 muestra la similitud de aves encasetas entre los sexos macho y hembra, siendo estos el 97,2% del total encasetao, el 2,8% restante corresponde a encasetas con mezcla de aves.

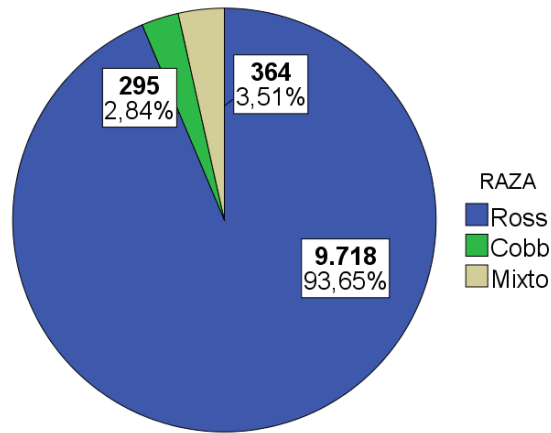
Figura 14. Sexos de encasetao



✓ Raza.

Con un 93,6% es Ross la raza con más encasetas realizados, un 2,8% son raza Cobb y galpones con mezcla de raza se presentaron en 3,5% de los encasetas.

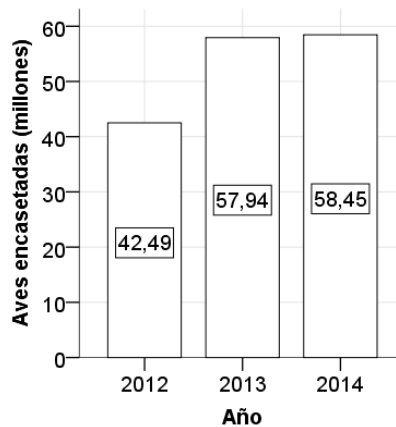
Figura 15. Raza de encasetamientos



✓ Encasetamientos

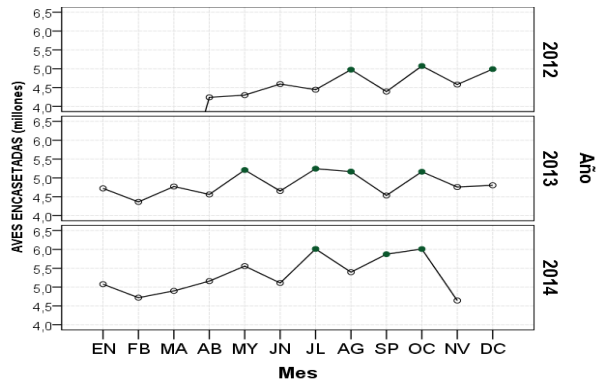
Los encasetamientos anuales para 2014 superaron los 58 millones de aves, entre 2012 y 2014 aumentaron los encasetamientos en un 37,5%

Figura 16. Aves encasetadas (millones de aves/año)



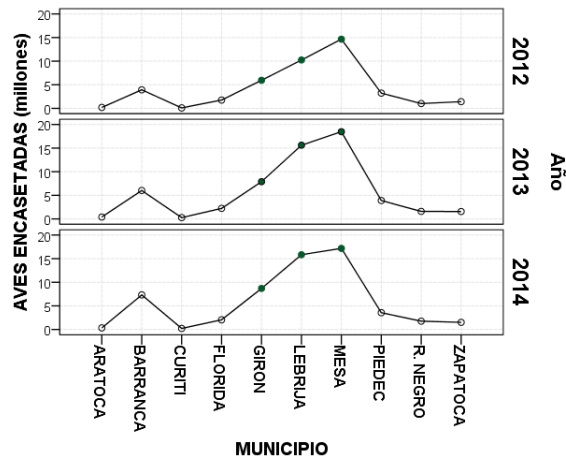
Para 2014 el promedio de encasetamientos mensuales fue 5,3 millones de aves, entre meses se presentan tendencia escalonada, sin embargo, los encasetamientos más altos se dan después de la mitad del año, teniendo a Julio, Agosto y Octubre (en los tres años) entre los meses con más aves encasetadas.

Figura 17. Encasetamientos mensuales



Lo municipios de Mesa de los Santos, Lebrija y Girón teniendo el 76,6% de las granjas de la compañía, son los municipios con mayor número de aves encasetas anualmente, encasetaando en promedio 15 millones de aves al año, como lo indica la Figura 18.

Figura 18. Aves encasetas por municipio

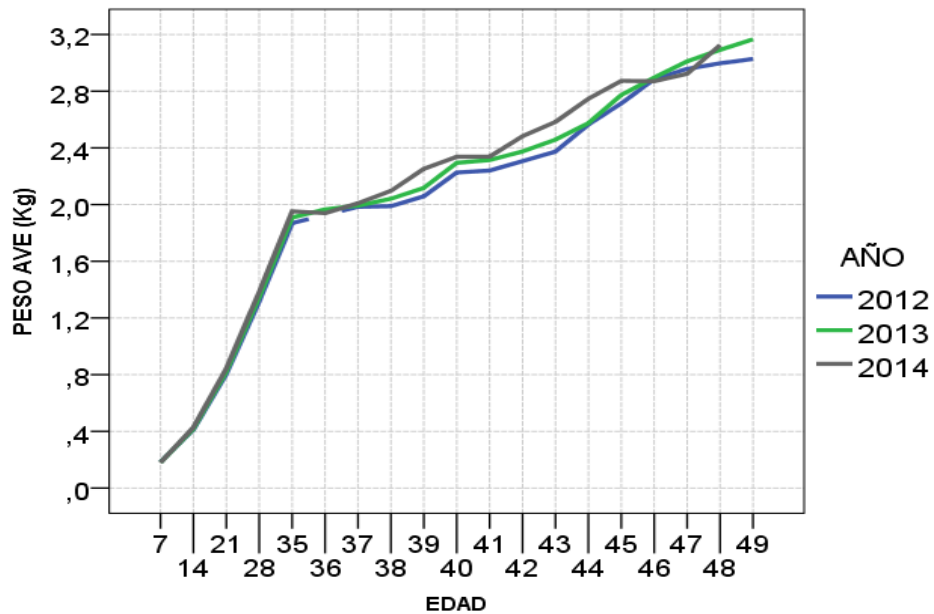


3.2.2.2. Análisis de resultados: A continuación se realiza un análisis de los resultados obtenidos por los 10377 encasetas para las variables observadas.

Los promedios generales de peso de aves muestran que al aumentar la edad de las aves aumenta su peso, como lo muestra la Figura 19, teniendo en sus primeras edades pesos muy similares para los tres años, se puede ver que en los años 2012

y 2013 se da un día más para el sacrificio de las aves que en 2014, este último logra en la mayoría de las edades los mejores promedios de peso a sacrificio. Se recuerda que edad de sacrificio corresponde a cualquier edad a partir del día 35 de las aves.

Figura 19. Peso en aves por edad

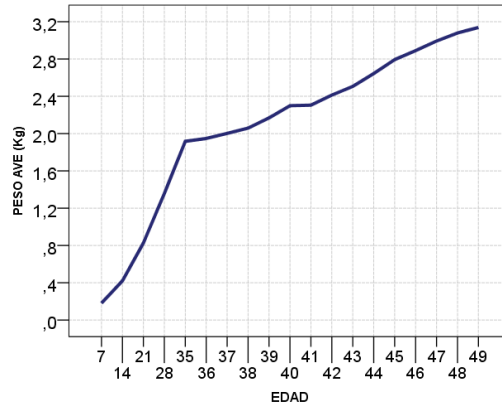


Es necesario determinar los pesos que registran las aves por cada una de las variables que se consideran incidentes en su desempeño final, tales como el sexo, clima, raza, administración, consumo, entre otras ya que estas variables pueden representar diferencias para el peso de las aves.

✓ Edad

El peso de las aves aumenta a medida que lo hace su edad (Figura 20), en promedio las aves pesan 180 gramos al finalizar su primera semana de engorde y alcanzan pesos hasta de 3200 gramos en su sacrificio. La edad promedio de sacrificio es 42,6 días y el peso promedio 2520 gramos.

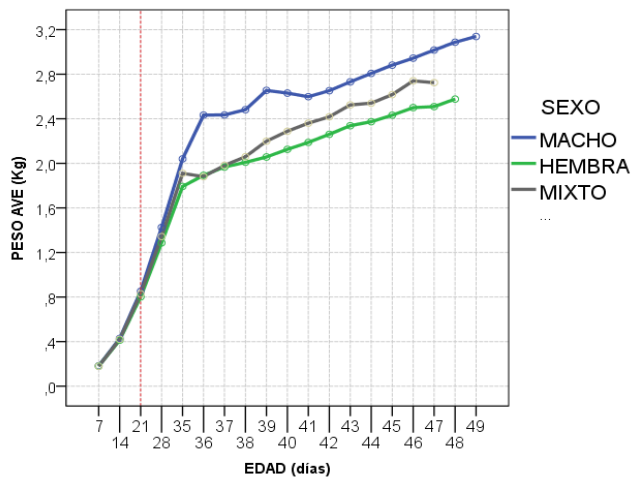
Figura 20. Peso por edad



✓ Sexo

En la Figura 21 se observa que entre edades 7 a 21 los pesos de las aves sin importar el sexo presentan comportamientos similares, en edad 28 se empiezan a presentar diferencias de peso superiores a 100 gramos entre sexos, presentándose que las aves de sexo macho logran los mejores pesos, seguidos por el sexo *mixto*, donde se presenta aves de ambos sexos, y por ultimo con los pesos más bajos las aves de sexo hembra. Las aves se sacrifican en promedio al lograr 2.8 kilogramos en sexo macho, 2.4 kilogramos en mixto y 2.2 kilogramos en hembra.

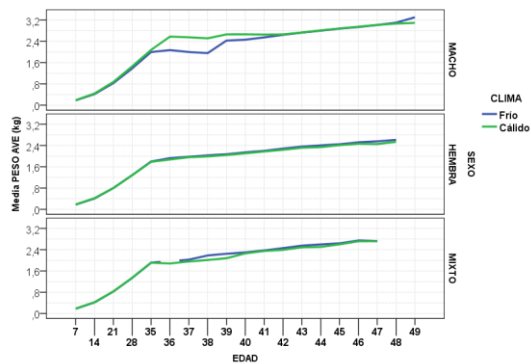
Figura 21. Peso por sexo



✓ Clima

En la Figura 22 se observa que los pesos promedios a través de las edades para los dos climas son similares, sin embargo se presentan en algunas edades diferencias altas para macho, teniendo para clima cálido pesos más altos, caso contrario en el sexo mixto, donde el clima frío presenta algunos pesos más altos.

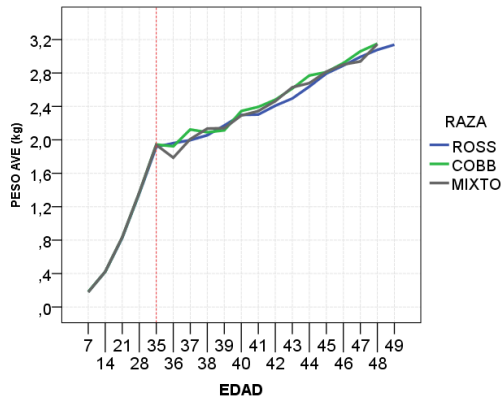
Figura 22. Peso por clima



✓ Raza

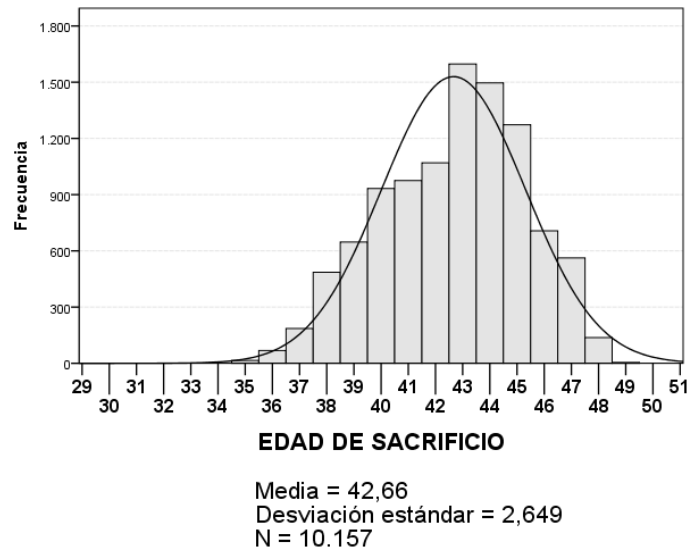
Entre edades 7 a 35 el peso de las aves es similar sin importar su raza, como se observa en la Figura 23, en el resto de edades se presentan algunas variaciones, teniendo en la mayoría de edades el sexo Ross como el de pesos más bajos.

Figura 23. Pesos por raza



- Edad de sacrificio

Figura 24. Edad media de sacrificio



El Sacrificio de aves se da entre los días 35 a 49 y es realizado cuando el galpón cumple el peso requerido para su sacrificio, la edad media de sacrificio de las aves es 42,6 días.

Al revisar los sacrificios por sexo, se identifica que los galpones de sexo macho son sacrificados en promedio a los 43.9 días, los galpones de sexo hembra y mixto a los 41.33 y 42.1 días en promedio respectivamente. Detalle en Tabla 6

Tabla 6. Pesos promedio por sexo

SEXO	PESO			EDAD SACRIF.		
	PROM.	MIN.	MAX.	PROM.	MIN.	MAX.
MACHO	2,82	1,73	3,36	43,98	35	49
HEMBRA	2,22	1,34	2,74	41,33	35	48
MIXTO	2,43	1,85	2,93	42,10	36	47

- Municipio

Para sexo macho los pesos más bajos se dan en los municipios de Barrancabermeja y Zapatocá, como observa en la Tabla 7, en estos la edad a la que se sacrifican es menor a la media para su sacrificio, para sexo hembra se presentan los pesos bajos en el municipios de Rio Negro, para mixto en Lebrija y Piedecuesta.

Tabla 7. Medias para peso/municipio

MUNICIPIO	MACHO		HEMBRA		MIXTO	
	PESO AVE (kg)	EDAD	PESO AVE (kg)	EDAD	PESO AVE (kg)	EDAD
Aratocá	2,82	44,00	2,28	41,27	-----	
Barranca	2,67	40,19	-----		-----	
Curiti	2,83	44,27	2,26	42,23	-----	
Florida	2,83	44,77	-----		-----	
Giron	2,86	44,55	2,21	41,11	2,41	41,89
Lebrija	2,85	44,59	2,19	41,31	2,39	42,18
Mesa	2,85	44,63	2,24	41,28	2,47	42,12
Piedec.	2,82	44,35	2,25	41,68	2,39	41,68
Rio Negro	2,81	45,12	2,13	41,02	-----	
Zapatocá	2,58	41,47	-----		-----	

3.3. SELECCIÓN DE VARIABLES

Del grupo de variables recopiladas en la base de datos se determina que las incluidas en la Tabla 8 son las que sintetizan el proceso y pueden ser incidentes en el peso a sacrificio de las aves.

Tabla 8. Variables X_i

POSIBLES VARIABLES REGRESORAS			
X_i	VARIABLE	X_i	VARIABLE
X1	Administración	X7	Edad Repro.
X2	Año	X8	Galpón
X3	Clima	X9	Granja
X4	Cochada	X10	Municipio
X5	Consumo	X11	Raza
X6	Edad	X12	Sexo

A Continuación se realizan algunas pruebas de hipótesis para identificar la variación generada en el peso de las aves al ser evaluado en función a dichas variables y su relación con el sexo de las aves.

3.3.1. Pruebas de hipótesis. Se hace necesario realizar algunas pruebas de hipótesis para poder comparar las medias de peso respecto a cada una de las variables y así poder determinar la incidencia de estas para su posterior uso en el modelo. En todas ellas se usar un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

✓ **Sexo de las aves**

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

H_a: al menos uno de los sexos tiene medias de peso diferente

Donde:

H_0 = La hipótesis nula

μ_1 = La media de peso a sacrificio para sexo macho

μ_2 = La media de peso a sacrificio para sexo hembra

μ_3 = La media de peso a sacrificio para sexo mixto

H_a = La hipótesis alternativa

Tabla 9. Anova – Medias de peso por sexo

ANOVA

PESO AVE (kg)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	896,529	2	448,264	13921,683	,000
Dentro de grupos	326,949	10154	,032		
Total	1223,477	10156			

En la prueba ANOVA para igualdad de medias, Tabla 9, El nivel de significancia inferior a 0.05, lleva al rechazo de la hipótesis nula H_0 y aceptar que al menos una de estas medias de peso de aves es diferente, por medio de prueba de Tukey se identifica los grupos de peso.

Las medias de cada uno de los sexos, mostrada en la Tabla 10 muestra que las aves de sexo macho son las que registran los pesos más altos a sacrificio, con 2.82 kilogramos en promedio, difieren de los galpones mixtos y hembra en promedio en 400 y 600 gramos respectivamente

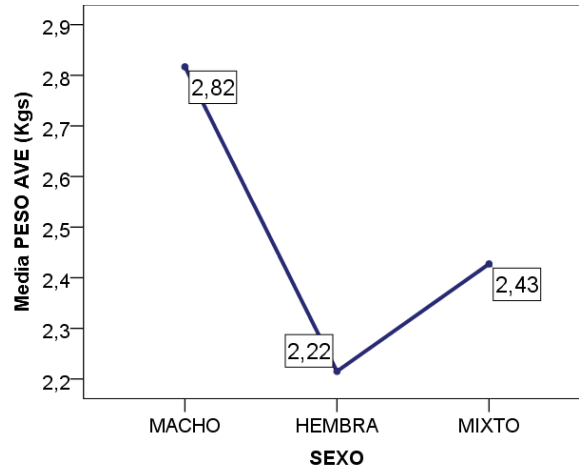
Tabla 10. Tukey - Pesos medios por sexo

PESO AVE (kg)

HSD Tukey^{a,b}

SEXO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HEMBRA	4845	2,21510		
MIXTO	270		2,42725	
MACHO	5042			2,81669
Sig.		1,000	1,000	1,000

Figura 25. Medias de peso por sexo



En la Tabla 10 de prueba Tukey, se observa que las diferencias de peso separan los tres tipos de sexo, como se observa en la Figura 25, las aves de sexo macho son las que presentan mejores pesos a su sacrificio, por lo tanto se deben analizar por separado las medias de pesos a sacrificio para cada uno de los sexos de las aves.

✓ **Raza**

$H_0: \mu_{ross} = \mu_{cobb} = \mu_{mixto}$

H_a : al menos una de las razas tiene medias de peso diferentes

Donde:

H_0 = La hipótesis nula

μ_{ross} = La media de peso a sacrificio para raza ross

μ_{cobb} = La media de peso a sacrificio para raza cobb

μ_{mixto} = La media de peso a sacrificio para combinación de sexos

H_a = La hipótesis alternativa

Se realiza la prueba ANOVA para identificar si entre las razas Ross, Cobb y mixta se presenta diferencias significativas entre sus medias de peso a sacrificio, la Tabla 11 muestra un p-valor superior a 0.05, por lo cual se debe rechazar la hipótesis nula

y afirmar que al menos una de las razas presenta medias significativamente diferentes.

Tabla 11. Anova – Medias de peso por raza

ANOVA

PESO AVE (kg)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,012	2	,506	4,201	<u>,015</u>
Dentro de grupos	1222,466	10154	,120		
Total	1223,477	10156			

Tabla 12. Anova – Pesos por raza segmentando sexos

ANOVA

PESO AVE (gr)

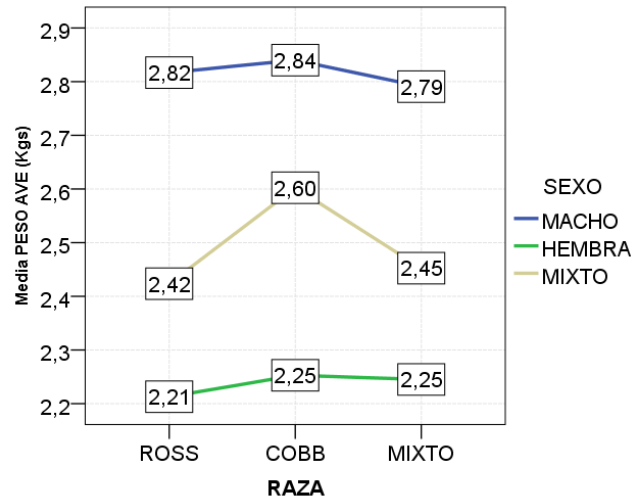
SEXO		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MACHO	Entre grupos	198759,283	2	99379,642	2,970	<u>,051</u>
	Dentro de grupos	168635536,7	5039	33466,072		
	Total	168834296,0	5041			
HEMBRA	Entre grupos	355338,993	2	177669,497	5,845	,003
	Dentro de grupos	147192979,0	4842	30399,211		
	Total	147548318,0	4844			
MIXTO	Entre grupos	105549,642	2	52774,821	1,347	<u>,262</u>
	Dentro de grupos	10460540,73	267	39178,055		
	Total	10566090,37	269			

Teniendo en cuenta que la prueba ANOVA para sexos (Tabla 9) se demostró que las medias de peso deben ser divididas por sexo, se realiza la prueba ANOVA para los tres sexos, Tabla 12 obteniendo que las medias obtenidas para peso por raza se encuentran en la región de aceptación para el sexo macho y mixto.

Siendo el 93,69% de las observaciones corresponden a aves de raza Ross, y solo el 2,83% Cobb y contando con que para los sexos macho y mixto no hay diferencia significativa entre sus pesos por la raza, se considera que el 1,6% de observaciones correspondientes al sexo hembra en raza Cobb no son suficientes para añadir la raza como un componente de variación en el modelo. En la Figura 26 se presentan

las medias de peso por raza y sexo, donde se observa que las diferencias de peso son alta para el sexo hembra únicamente.

Figura 26. Peso a sacrificio por raza y sexo



✓ Año

Se realiza la prueba de hipótesis por separado para los tres sexos, buscando identificar en cada sexo si hay diferencia significativa de medias en el peso obtenido a sacrificio entre los años evaluados (2012 a 2014)

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

Ha: al menos un año presenta medias diferente para el peso a sacrificio

Donde:

μ_1 = Peso promedio a sacrificio para el año 2012

μ_2 = Peso promedio a sacrificio para el año 2013

μ_3 = Peso promedio a sacrificio para el año 2014

La Tabla 13 muestra la prueba ANOVA por sexos, donde el P-valor inferior a 0.05 comprueba que en los tres casos hay diferencia significativa en la media de pesos a sacrificio por sexo logrado en cada uno de los años evaluados.

Tabla 13. Anova – Peso por sexo y año de sacrificio

ANOVA

PESO AVE (kg)

SEXO		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MACHO	Entre grupos	5,449	2	2,724	84,023	<u>.000</u>
	Dentro de grupos	163,386	5039	,032		
	Total	168,834	5041			
HEMBRA	Entre grupos	,653	2	,327	10,765	<u>.000</u>
	Dentro de grupos	146,895	4842	,030		
	Total	147,548	4844			
MIXTO	Entre grupos	,708	2	,354	9,587	<u>.000</u>
	Dentro de grupos	9,858	267	,037		
	Total	10,566	269			

La prueba de Tukey, Tabla 14, nos muestra que para el sexo macho con diferencia promedio de 66 gramos su mejor peso promedio por año se presentó en el año 2013 y su promedio más bajo en 2014, para el sexo hembra con diferencia promedio de 31 gramos sus mejores pesos se registraron en el año 2014 y los más bajos en 2012, para el sexo mixto los mejores pesos se registraron en el año 2013 y los más bajos en 2014 con diferencia promedio de 150 gramos.

Coinciden macho y mixto en identificar a 2014 con el promedio más bajo de pesos a sacrificio y 2013 como el de los promedios más altos.

Tabla 14. Tukey – Pesos medios por año

SEXO=MACHO

HSD Tukey

AÑO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2014	2003	2,78754	
2012	1095	2,79673	
2013	1944		2,85796
Sig.		,328	1,000

SEXO=HEMBRA

HSD Tukey

AÑO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2012	1142	2,19675	
2013	1829		2,21432
2014	1874		2,22705
Sig.		1,000	,107

SEXO=MIXTO

HSD Tukey

AÑO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2014	203	2,40112	
2012	31	2,45548	
2013	36		2,55025
Sig.		,364	1,000

✓ **Cochada***

Se han dividido en periodos bimensuales los sacrificios de las aves, teniendo la distribución indicada en la Tabla 15, contando entonces con seis periodos (cochadas) de sacrificio de aves a comparar.

La prueba ANOVA pretende determinar si hay diferencias significativas tanto de manera general como por sexo en el promedio de pesos obtenidos a sacrificio en cada uno de estos periodos.

* Se determina cochada a los sacrificios bimensuales; ejemplo: 1 corresponde a los sacrificios efectuados entre Enero y Febrero.

Tabla 15 Cochadas

COCHADA	Sacrificio de aves entre:
1	Enero - Febrero
2	Marzo - Abril
3	Mayo - Junio
4	Julio - Agosto
5	Septiembre - Octubre
6	Noviembre - Diciembre

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$

H_a : al menos una de las cochadas presenta medias diferentes en el peso de sacrificio

Donde:

μ_i = peso promedio obtenido en la cochada i con $i=1,2,\dots,6$.

Como se observa en la Tabla 16 el P-valor menor a 0.05, lleva al rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, al menos en una de las cochadas las medias son diferentes.

Tabla 16. Anova – Pesos generales por cochada

ANOVA					
PESO AVE (kg)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3,410	5	,682	5,674	<u>.000</u>
Dentro de grupos	1220,068	10151	,120		
Total	1223,477	10156			

De manera general se puede determinar que las cochadas 6, 2 y 3 son las que presentan los pesos más bajos en cada uno de los años, como lo indica la Tabla 17, y las cochadas 1, 5 y 4 las que presentan los mejores pesos a sacrificio.

Tabla 17. Tukey – Pesos medios por cochada

PESO AVE (kg)

HSD Tukey^{a,b}

COCHADA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
6	1440	2,49326		
2	1616	2,50273	2,50273	
3	1924	2,50575	2,50575	2,50575
1	1203		2,53227	2,53227
5	1991			2,53764
4	1983			2,53894
Sig.		,908	,144	,068

Se realiza ahora la prueba por sexos, con el fin de identificar si coinciden para cada uno de los sexos los resultados por cochada obtenidos anteriormente. La Tabla 18 confirma que para los tres sexos hay diferencias significativas en los pesos promedios obtenidos para cada una de las cochadas del año.

Tabla 18. Anova – Pesos por cochada y sexo

ANOVA

PESO AVE (kg)

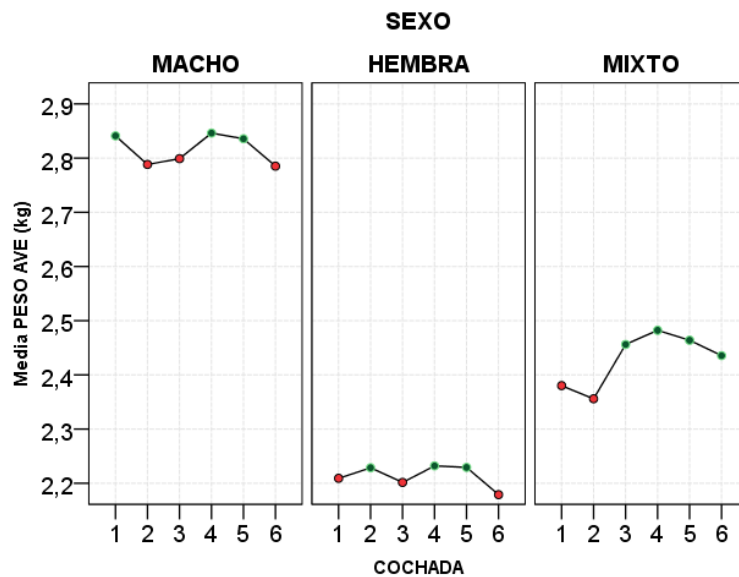
SEXO		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MACHO	Entre grupos	3,222	5	,644	19,593	<u>.000</u>
	Dentro de grupos	165,613	5036	,033		
	Total	168,834	5041			
HEMBRA	Entre grupos	1,680	5	,336	11,146	<u>.000</u>
	Dentro de grupos	145,868	4839	,030		
	Total	147,548	4844			
MIXTO	Entre grupos	,665	5	,133	3,544	<u>.004</u>
	Dentro de grupos	9,901	264	,038		
	Total	10,566	269			

Para determinar por sexo a qué cochadas corresponden los mejores - peores pesos se revisan los promedios de peso en general, por año de sacrificio y por clima, obteniendo que en general se logran los mejores pesos en las cochadas 4 y 5 (Julio a Octubre) como se observa en la Tabla 19, igualmente coinciden todos los sexos en determinar que 6 es la cochada que registra los pesos más bajos.

Tabla 19. Clasificación de cochadas por sexo

SEXO	PESOS BAJOS						PESOS ALTOS					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
MACHO		X	X			X	X				X	X
HEMBRA	X		X			X		X		X	X	
MIXTO	X	X				X			X	X	X	

Figura 27. Peso promedio por cochada y sexo



✓ **Edad**

En este caso se desea identificar si hay diferencia significativa en los pesos logrados por sexo en cada una de las edades en que se efectuó sacrificio

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{15} *$$

Ha: al menos una de las edades presenta medias diferentes en el peso de sacrificio

Donde:

μ_i = peso promedio obtenido en el día i de sacrificio, con $i=1,2,\dots,15$.

* Se cuenta con 15 edades de sacrificio; desde edad 35 hasta 49 que es la edad máxima de sacrificio registrada.

El P-valor inferior a 0.05 para la variable edad en la prueba ANOVA, Tabla 20, realizada en los tres sexos prueba que hay diferencia significativa en el peso logrado a sacrificio desde edad 35 hasta edad 49 en los tres sexos.

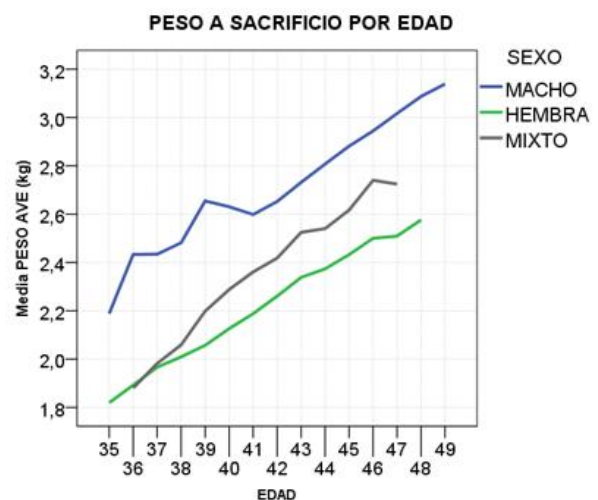
Tabla 20 Anova - Peso por edad de sacrificio

ANOVA						
PESO AVE (kg)						
SEXO		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MACHO	Entre grupos	97,494	14	6,964	490,707	<u>.000</u>
	Dentro de grupos	71,340	5027	,014		
	Total	168,834	5041			
HEMBRA	Entre grupos	103,368	13	7,951	869,449	<u>.000</u>
	Dentro de grupos	44,181	4831	,009		
	Total	147,548	4844			
MIXTO	Entre grupos	6,716	11	,611	40,922	<u>.000</u>
	Dentro de grupos	3,850	258	,015		
	Total	10,566	269			

En la Figura 28 se puede observar que para los tres sexos los pesos promedio registrados entre su primer y último día de sacrificio presentan diferencias de hasta 760 gramos.

Figura 28. Medias para peso a sacrificio por sexo

EDAD DE SACRIF. (días)	PESO AVE (Kgs)		
	MACHO	HEMBRA	MIXTO
35	2,19	1,82	-----
36	2,43	1,89	1,88
37	2,43	1,97	1,98
38	2,48	2,01	2,06
39	2,65	2,06	2,20
40	2,63	2,13	2,29
41	2,60	2,19	2,36
42	2,65	2,26	2,42
43	2,73	2,34	2,52
44	2,81	2,37	2,54
45	2,88	2,43	2,62
46	2,94	2,50	2,74
47	3,02	2,51	2,72
48	3,09	2,58	-----
49	3,14	-----	-----



✓ **Edad Reproductora**

Se ha clasificado en 5 categorías las edades de las reproductoras, como lo indica la Tabla 21, se desea identificar si la edad de la reproductora (semanas) puede incidir en el peso logrado por las aves.

Tabla 21 Rangos Reproductora

Categoría	Edad Reproductora (Semanas)
1	<= 36
2	37 - 45
3	46 - 55
4	56 - 65
5	>=65

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

Ha: al menos un rango de edades presenta medias diferentes en el peso de sacrificio

Donde:

μ_i = Peso promedio obtenido en la rango i de edad de la reproductora, con $i=1,2,\dots,5$

En la prueba ANOVA, Tabla 22, el P-valor inferior a 0.05 para los sexos macho y hembra prueba que hay diferencias significativas en los pesos obtenidos entre los rangos de encasamiento para estos sexos.

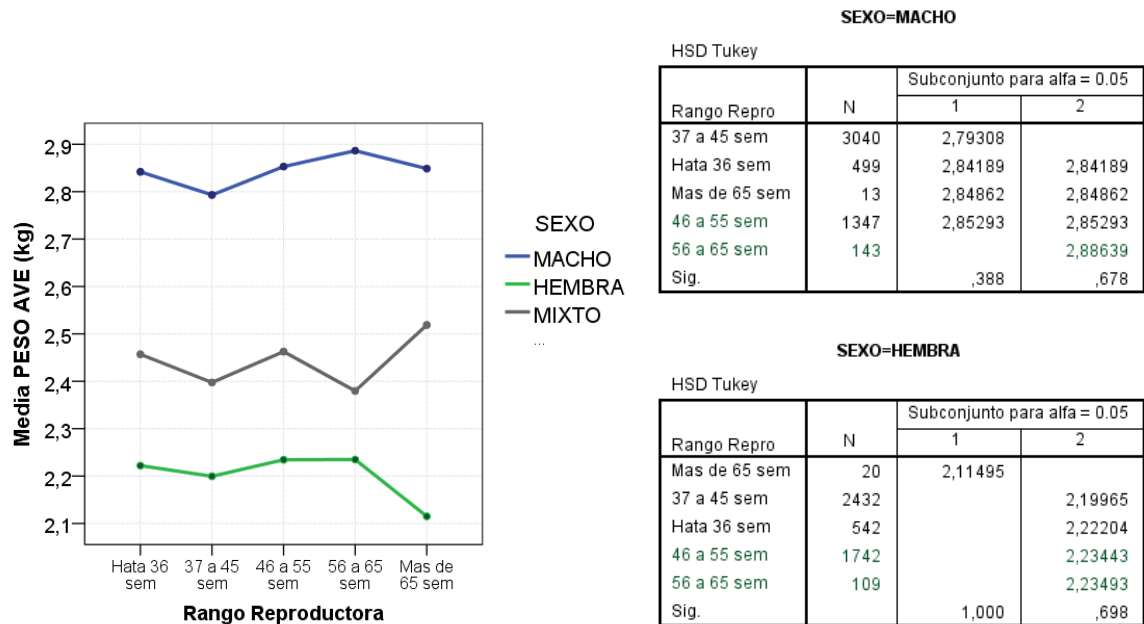
Tabla 22 Anova – Medias de peso por rango de reproductora

ANOVA

PESO AVE (kg)

SEXO		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MACHO	Entre grupos	4,489	4	1,122	34,394	<u>.000</u>
	Dentro de grupos	164,346	5037	,033		
	Total	168,834	5041			
HEMBRA	Entre grupos	1,501	4	,375	12,438	<u>.000</u>
	Dentro de grupos	146,047	4840	,030		
	Total	147,548	4844			
MIXTO	Entre grupos	,330	4	,083	2,138	,076
	Dentro de grupos	10,236	265	,039		
	Total	10,566	269			

Figura 29. Pesos a sacrificio / edad reproductora



Como se observa en Figura 29 los sexos macho y hembra presentan mejores pesos cuando las aves provienen de reproductoras que se encuentran entre las semanas 46 a 65, para mixto sus mejores pesos se dan cuando la reproductora tiene más de 65 semanas.

✓ **Clima**

Se cuenta con dos climas; frío y cálido, en la siguiente prueba ANOVA se pretende determinar si hay diferencia significativa en las medias para peso a sacrificio obtenido en cada uno de los sexos dada esta variable.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

Donde:

μ_1 = Peso promedio a sacrificio para el clima frío

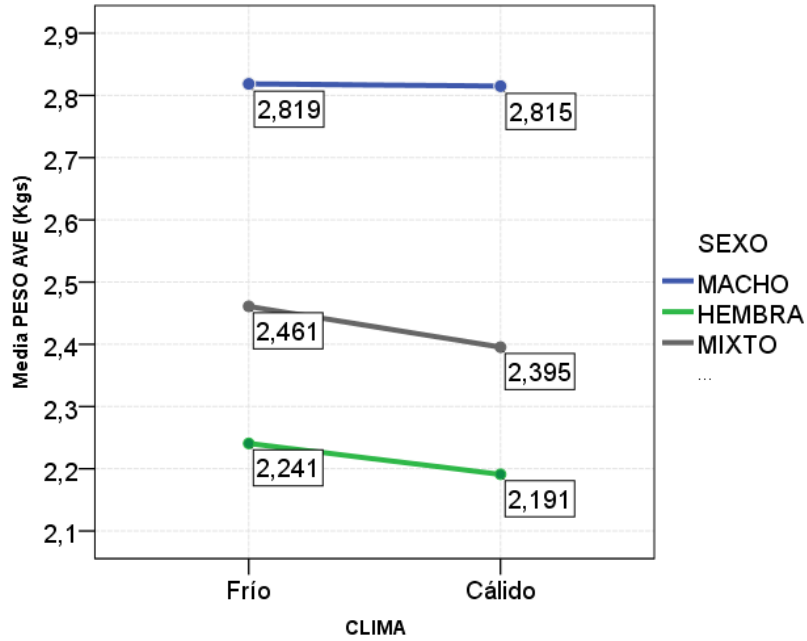
μ_i = Peso promedio a sacrificio para el clima cálido

Tabla 23 Anova – Pesos por clima y sexo

ANOVA						
PESO AVE (kg)						
SEXO		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MACHO	Entre grupos	,017	1	,017	,504	,478
	Dentro de grupos	168,817	5040	,033		
	Total	168,834	5041			
HEMBRA	Entre grupos	2,978	1	2,978	99,772	<u>,000</u>
	Dentro de grupos	144,570	4843	,030		
	Total	147,548	4844			
MIXTO	Entre grupos	,289	1	,289	7,546	<u>,006</u>
	Dentro de grupos	10,277	268	,038		
	Total	10,566	269			

En la Tabla 23 el P–valor inferior a 0.05 para hembra y mixto señala que para estos sexos es significativa la diferencia de pesos por clima, como se observa en la Figura 30, la diferencia más alta de pesos la registra el sexo mixto con 66 gramos. Dado que las diferencias son bajas se procede a revisar los pesos medios por municipios.

Figura 30. Pesos medios por clima



o **Municipios fríos**

A clima frío pertenecen los municipios de Aratocá, Curiti, Floridablanca, Mesa de los Santos, Piedecuesta y Zapatocá, la Tabla 24 muestra que para este clima solo el sexo macho presenta diferencias significativas en los pesos promedios a sacrificio en sus municipios. Se procede a comprobar por prueba Tukey la agrupación de municipios por similitud de pesos.

Tabla 24 Anova – Medias peso en clima frío

ANOVA

PESO AVE (kg)

SEXO		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MACHO	Entre grupos	15,366	5	3,073	111,630	,000
	Dentro de grupos	66,043	2399	,028		
	Total	81,409	2404			
HEMBRA	Entre grupos	,098	4	,024	,810	,519
	Dentro de grupos	70,869	2346	,030		
	Total	70,967	2350			
MIXTO	Entre grupos	,157	4	,039	1,131	,345
	Dentro de grupos	4,368	126	,035		
	Total	4,524	130			

La Tabla 25 muestra que el municipio de Zapatocá para el sexo macho es el que presenta los pesos más bajos, registrando diferencias de más de 240 gramos con los demás municipios

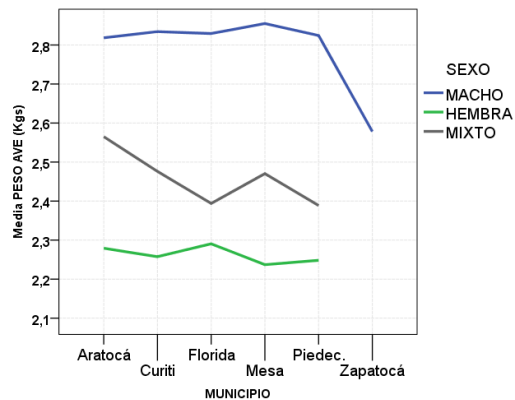
Tabla 25 Tukey peso promedio machos clima frío

SEXO=MACHO

HSD Tukey

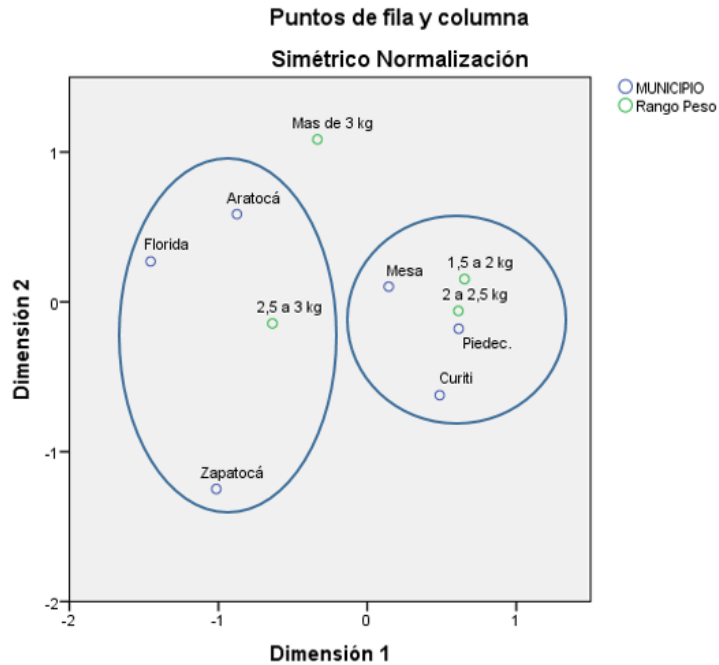
MUNICIPIO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Zapatocá	234	2,57828	
Aratocá	27		2,81848
Piedec.	269		2,82428
Florida	518		2,82942
Curiti	11		2,83427
Mesa	1346		2,85496
Sig.		1,000	,910

Figura 31 Peso a sacrificio Municipios fríos



Como se observa en la Figura 31, se dieron en clima frío los Municipios de Aratocá, Piedecuesta y Floridablanca presentan pesos a sacrificio similares, al igual que hay semejanza en pesos en los municipios de Curiti, y Mesa de los santos.

Figura 32. Similitud de pesos clima frío



En la Figura 32 se observa que los municipios de Mesa de los Santos, Curiti y Piedecuesta se caracterizan por tener pesos entre los 1.5 y 2.5 kilogramos, los municipios de Floridablanca, Aratocá y Zapatocá con promedios de peso de 2.5 a 3 kilogramos.

o **Municipios cálidos**

En clima cálido se encuentran los municipios de Barrancabermeja, Girón, Lebrija y Rio Negro, la prueba ANOVA, Tabla 26, muestra que las diferencias de peso son significativas para los sexos macho y hembra. Se procede a comprobar por prueba Tukey la agrupación de municipios por similitud de pesos.

Tabla 26 Anova – Medias peso en clima cálido

ANOVA

PESO AVE (kg)

SEXO		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MACHO	Entre grupos	15,030	3	5,010	182,252	<u>.000</u>
	Dentro de grupos	72,379	2633	,027		
	Total	87,408	2636			
HEMBRA	Entre grupos	1,257	3	,419	14,418	<u>.000</u>
	Dentro de grupos	72,346	2490	,029		
	Total	73,603	2493			
MIXTO	Entre grupos	,017	3	,006	,130	,942
	Dentro de grupos	5,736	135	,042		
	Total	5,752	138			

Para ambos sexos (macho y hembra) en clima cálido se comprueba que la diferencia de medias para peso de aves se da entre el municipio de Barrancabermeja y el resto, presentando este primero los pesos más bajos para el sexo macho y los más altos para el sexo hembra.

Tabla 27. Tukey peso promedio clima cálido

SEXO=MACHO

HSD Tukey

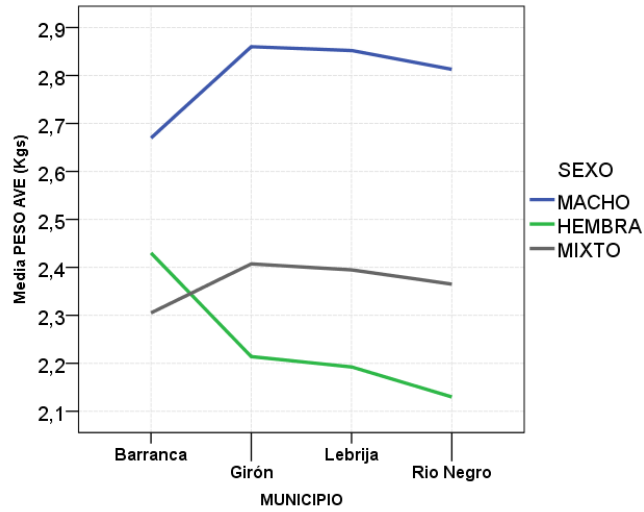
MUNICIPIO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Barranca	555	2,66967		
Rio Negro	95		2,81289	
Lebrija	1092			2,85203
Giron	895			2,85998
Sig.		1,000	1,000	,942

SEXO=HEMBRA

HSD Tukey

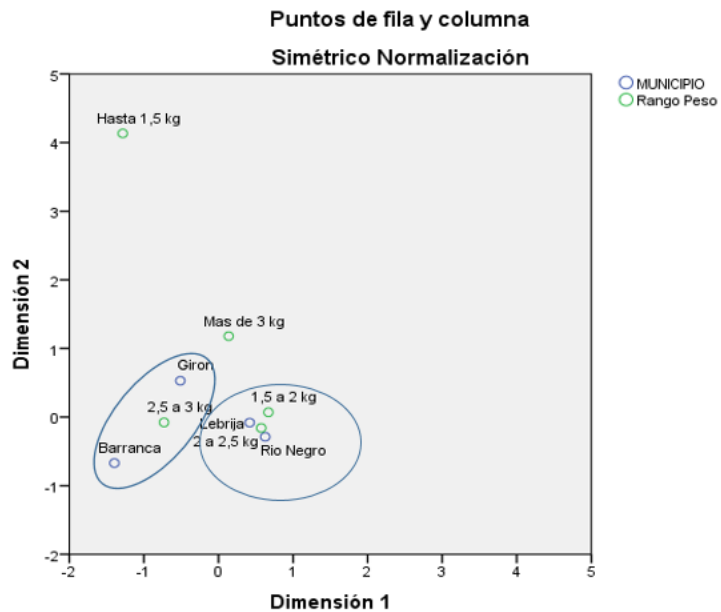
MUNICIPIO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Rio Negro	215	2,12986	
Lebrija	1851	2,19240	
Giron	424	2,21382	
Barranca	4		2,43000
Sig.		,517	1,000

Figura 33 Pesos a sacrificio municipios cálidos



Se observa en la Figura 33 que para los tres sexos el municipio de Girón se encuentra en los mejores promedios de peso, para el sexo macho, sus pesos más bajo se dan en el municipio de Barrancabermeja, para el sexo hembra en el municipio de Rio Negro y para el sexo mixto entre Barrancabermeja y Rio Negro.

Figura 34. Similitud de pesos clima cálido



Como se observa en la Figura 34 en clima cálido las similitudes de peso se dan entre Barrancabermeja y Girón con pesos entre los 2.5 y 3 kilogramos en promedio por ave y entre Rio Negro y Lebrija con pesos entre los 1.5 y 2.5 kilogramos

✓ Administración

Por prueba ANOVA se observa que con P-valor inferior a 0.05, las diferencia de peso entre las granjas administradas por Avidesa e integrados son significativas para, los machos en clima frío, hembra en los dos climas y mixto en clima cálido, coincidiendo en todos los casos como lo muestra la Tabla 28, que las granjas que presentan los mejores pesos son las administradas directamente por Avidesa Mac Pollo, sin embargo, la diferencia de pesos en promedio no superan los 150 gramos.

Tabla 28. Anova – Administración de granjas

			ANOVA				
PESO AVE (kg)			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
SEXO	CLIMA						
MACHO	Frío	Entre grupos	6,552	1	6,552	210,318	<u>.000</u>
		Dentro de grupos	74,857	2403	,031		
		Total	81,409	2404			
	Caliente	Entre grupos	,061	1	,061	1,851	,174
		Dentro de grupos	87,347	2635	,033		
		Total	87,408	2636			
HEMBRA	Frío	Entre grupos	,261	1	,261	8,674	<u>.003</u>
		Dentro de grupos	70,706	2349	,030		
		Total	70,967	2350			
	Caliente	Entre grupos	2,214	1	2,214	77,270	<u>.000</u>
		Dentro de grupos	71,390	2492	,029		
		Total	73,603	2493			
MIXTO	Frío	Entre grupos	,063	1	,063	1,814	,180
		Dentro de grupos	4,462	129	,035		
		Total	4,524	130			
	Caliente	Entre grupos	,487	1	,487	12,673	<u>.001</u>
		Dentro de grupos	5,265	137	,038		
		Total	5,752	138			

Tabla 29. Medias de peso por administración

Media		PESO AVE (kg)
SEXO	ADMON	
MACHO	Aidesa	2,90277
	Integradas	2,82235
HEMBRA	Aidesa	2,20937
	Integradas	2,17867
MIXTO	Aidesa	2,45406
	Integradas	2,38344

3.3.2. Modelos de regresión. Como se pudo observar en las pruebas de hipótesis realizadas en el numeral anterior, el comportamiento del peso de las aves, puede ser afectado por variables tales como el sexo, lote – cochada, el clima, la edad de las aves y la administración de las granjas. A continuación se realizara un modelado por regresión lineal simple para determinar de manera individual y conjunta la incidencia de variables en el peso de las aves.

3.3.2.1. Correlación de variables

Tabla 30. Correlación de variables

Correlaciones													
	PESO AVE (KGs)	ADMON	AÑO	CLIMA	COCHADA	CONSUMO (KGs)	EDAD	EDAD REPRO	GALPON	GRANJA	MUNICIPIO	RAZA	SEXO
PESO AVE (KGs)	1												
ADMON	-,013**	1											
AÑO	,042**	,100**	1										
CLIMA	,009*	,291**	,054**	1									
COCHADA	-,003	,005	-,138**	,006	1								
CONSUMO (KGs)	,991**	-,010*	,029**	,009*	-,001	1							
EDAD	,980**	-,003	,020**	-,004	-,001	,969**	1						
EDAD REPRO	,019**	,022**	-,005	,036**	-,061**	,019**	,020**	1					
GALPON	-,002	,203**	,175**	,308**	,033**	-,001	-,003	,034**	1				
GRANJA	-,006	,392**	,131**	,130**	,011**	-,008*	-,003	-,023**	,343**	1			
MUNICIPIO	-,044**	,103**	-,035**	-,439**	-,010**	-,031**	,001	,015**	-,290**	,001	1		
RAZA	,003	-,065**	,152**	-,024**	-,020**	-,003	-,001	,137**	-,001	-,014**	-,004	1	
SEXO	-,097**	,055**	,038**	-,007	-,016**	-,075**	-,019**	,009*	,030**	,055**	,242**	,004	1

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Entre las posibles variables explicativas X_i seleccionadas y la variable dependiente, no presentan correlaciones significativas las variables granja, cochada, galpón, raza y administración, como se puede observar en la Tabla 30. A continuación se busca confirmar por medio de regresiones lineales entre cada una de las variables explicativas y la variable Y la incidencia en esta de cada una de ellas.

3.3.2.2. Modelos de regresión lineal: El modelo de regresión a evaluar sería el siguiente:

$$Y = \beta_1 + \beta_2 * X_i$$

En el modelo se evalúa por separado la incidencia de cada X_i en el desempeño de la variable en la variable Y . Los resultados se presentan en la Tabla 31.

Tabla 31. Resultados de modelos por variable

X_i	VARIABLE	Constante	B1	R^2	Signif.	Durbin Watson
1	Administración	1,210	-0,022	0,010	0,002	1,624
2	Año	-90,050	0,045	0,040	0,000	1,622
3	Clima	1,194	0,015	0,010	0,030	1,624
4	Cochada	1,207	-0,001	0,000	0,485	1,623
5	Consumo	0,195	0,542	0,980	0,000	1,185
6	Edad	-0,461	0,068	0,980	0,000	1,042
7	Edad Repro	1,121	0,002	0,020	0,000	1,623
8	Galpón	1,204	0,000	0,000	0,681	1,623
9	Granja	1,211	0,000	0,010	1,623	1,623
10	Municipio	1,342	-0,023	0,040	0,000	1,626
11	Raza	1,201	0,007	0,000	0,393	1,623
12	Sexo	1,281	-0,147	0,100	0,000	1,634

En la columna 5 de la Tabla 31 se encuentra el valor correspondiente al coeficiente de determinación R^2 , donde se observa que las variables que mejor explicaría en comportamiento del peso de las aves, son *el consumo de alimento, la edad de las aves, el sexo, el año de la observación y el municipio.*

La cochada, el galpón la granja y la raza con las variables que en su transcurso no representan relación con la variable peso, se procede a modelar regresiones lineales de dos variables para verificar si su interacción genera efecto en el desempeño de la variable a estimar.

Se realizan modelos de regresión lineal con dos posibles variables incidentes en el peso de las aves, se desea saber si el efecto conjunto de variables es incidente en el peso de las aves, para ser consideradas en la evaluación del modelo final, y se obtiene los resultados de la Tabla 32, presentándose remarcadas las combinaciones que presentan una significancia conjunta y un coeficiente de determinación R^2 altos). Se tienen en cuenta a la hora de realizar el modelo de regresión.

Tabla 32. Regresiones lineales – dos variables incidentes

Xi1*Xi2	Significatividad (Sig.)			R ² ajustado
	Xi1	Xi2	Xi1*Xi2	
Clima*Admon	0,061	0,002	0,000	0,000
Clima*Edad	0,172	0,000	0,000	0,979
Cochada*Admon	0,019	0,008	0,965	0,000
Cochada*Clima	0,454	0,034	0,929	0,000
Cochada*Municipio	0,951	0,000	1,000	0,003
Edad*Admon	0,000	0,000	0,000	0,979
Edad*Cochada	0,000	0,000	0,000	0,979
Municipio*Admon	0,000	0,758	0,083	0,003
Municipio*Clima	0,000	-	-	0,003
Municipio*Edad	0,000	0,000	0,000	0,986
Municipio*Periodo	0,000	0,000	0,000	0,968
Sexo*Administración	0,000	0,335	0,813	0,011
Sexo*Clima	0,000	0,704	0,004	0,011
Sexo*Cochada	0,000	0,971	1,000	0,011
Sexo*Edad	0,000	0,000	0,000	0,992

Del grupo de variables se decide no incluir en el modelo de regresión las variables: *raza* de las aves ya que más del 95% de los registros corresponden a una sola raza, y como se observó en anteriores pruebas de comparación de medias, la diferencia de peso obtenido no es significativamente diferente por su causa. El *Galpón, año del registro y granja* porque al elaborar el modelo de regresión tipo

datos de panel, esta variable está incluida al revisar los resultados obtenidos por cada uno de estos galpones en cada uno de los periodos. El modelo de predicción definirá una variable Y_{it} , siendo $i = 1, 2, 3, \dots, 756$ y $t =$ al número de periodos evaluados, contando así con un modelo de predicción que considera el efecto de cada una de los individuos. No se toma la granja como unidad de evaluación ya que esta cuenta con galpones para los cuales en cada periodo se realiza observación del desempeño de cada una de sus variables.

Siendo así se cuenta con las variables: consumo, edad de predicción, sexo, y clima para la elaboración del modelo.

4. MODELO MATEMÁTICO TIPO DATOS DE PANEL

En el desarrollo de este capítulo se evalúa mediante las metodologías de regresión lineal tipo datos de panel por mínimos cuadrados ordinarios MCO y el programa EViews – 8 los posibles modelos de predicción a estimar, determinando el que mejor explique el comportamiento de las variables incidentes en el peso a sacrificio de las aves, para la evaluación de cada uno de los modelos se tendrán como estadísticos de valoración:

- ✓ Coeficiente de determinación - R^2 que mide la bondad de ajuste de la ecuación de regresión; es decir, da la proporción o porcentaje de la variación total en la variable dependiente y explicada por las variables explicativas X .²⁰
- ✓ Estadístico de Durbin - Watson para detectar correlación serial, se basa en los residuos estimados, que se calculan de manera rutinaria en los análisis de regresión.²¹
- ✓ Significancia –Prob. individual y conjunta, con el fin de determinar la incidencia de cada una de las variables y su conjunto en el efecto a la variable endógena.

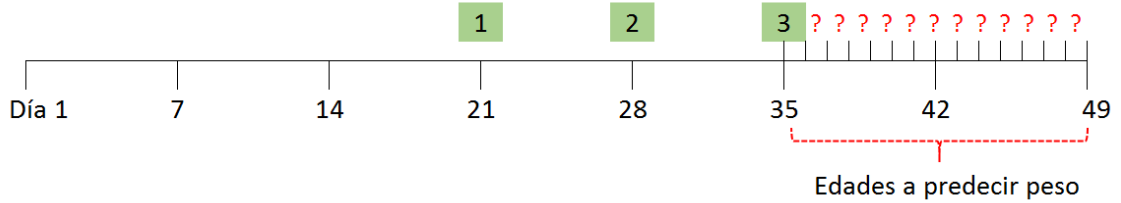
Estos estadísticos, unidos con las pruebas de homocedasticidad y correlación y en cada modelo determinaran el modelo más apropiado para la estimación.

La Figura 35 representa la finalidad del modelo de predicción de peso para Avides Mac Pollo S.A Regional Oriente, el cual tiene como propósito generar una predicción confiable en edades 21, 28 y 35 del peso que registraran sus 756 galpones en edades 36 a 49, periodo en el cual las aves logran el peso requerido para su sacrificio, basados en los datos históricos de tres años del proceso.

²⁰ GUJARATI, Damodar, PORTER, Dawn C. Econometría. Quinta Edición, McGraw Hill Pag 196,

²¹ La misma

Figura 35. Edades del ave



La metodología econométrica de datos de panel integra la información referente a una variable dependiente con observaciones para distintos instantes de tiempo con la dimensión agente social (individuo evaluado), ofreciendo como ventaja ante modelos de serie temporal o sección cruzada la posibilidad de evaluar conjuntamente el efecto de estas dimensiones en la variable dependiente.

El modelo de regresión general por datos de panel es el siguiente

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_K X_{kit} + U_{it}$$

Siendo:

$k = 1, 2, 3, \dots, K$ número de variables exógenas incluida en el modelo, $i = 1, \dots, N$ agente sociales, $t = 1 \dots T$ periodos evaluados y U_{it} = Error generado en la ecuación por los factores incidentes en peso de las aves no incluidos en el modelo de regresión.

En el modelo de regresión lineal para predicción de peso en pollo de engorde y_{it} de Avides Mac Pollo se definieron las siguientes X_{kit} variable explicativas:

Consumo: Corresponde a los kilogramos de alimento por ave consumidos en una edad determinada.

Peso: Kilogramos promedio de peso obtenido por cada ave en una edad determinada.

Edad: Edad en la que se evalúa la predicción de peso de las aves, corresponde a las edades 21, 28 y 35 (edad en días).

Δ *Consumo*: Corresponde al promedio del consumo por ave (kilogramos/día) entre la edad de predicción y la edad de sacrificio.

Δ *Peso*: Corresponde al promedio de incremento de peso por ave (kilogramos/día) logrado entre la edad de predicción y la edad de sacrificio.

Híbridos: Corresponden a variables dicotómicas que representan el sexo de las aves, siendo:

Tabla 33. Híbridos

SEXO DEL GALPÓN	HIBRIDO 1	HIBRIDO 2
MACHO	1	0
HEMBRA	0	1
MACHO - HEMBRA	0	0

Error: Error generado en la ecuación por los factores incidentes en peso de las aves no incluidas en el modelo de regresión.

Siendo así, se estipula como modelo general de regresión lineal a evaluar por las metodologías de datos de panel:

$$y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1(\text{consumo}_{i,t-s} * \text{edad}_{i,t-s}) + \beta_2(\text{peso}_{i,t-s} * \text{edad}_{i,t-s}) + \beta_3(s * \Delta\text{consumo}) + \beta_4(s * \Delta\text{peso}) + \beta_5(\text{hibrido 1}) + \beta_6(\text{hibrido 2}) + U_{it}$$

Donde:

$y_{i,t}$: Peso a sacrificio del galpón i en el periodo t

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$: Parámetros a estimar,

edad: Edad de predicción, siendo $edad = 21, 28, 35$

s: Días adicionales a la edad *a* para llegar a la edad de sacrificio.

$t = edad + s$: La edad de sacrificio corresponde a la edad de predicción más los días adicionales hasta la edad de sacrificio.

Ejemplo: Un galpón encasetado lleva 21 días en engorde y a esta edad se desea estimar que peso tendrá a edad 41, entonces:

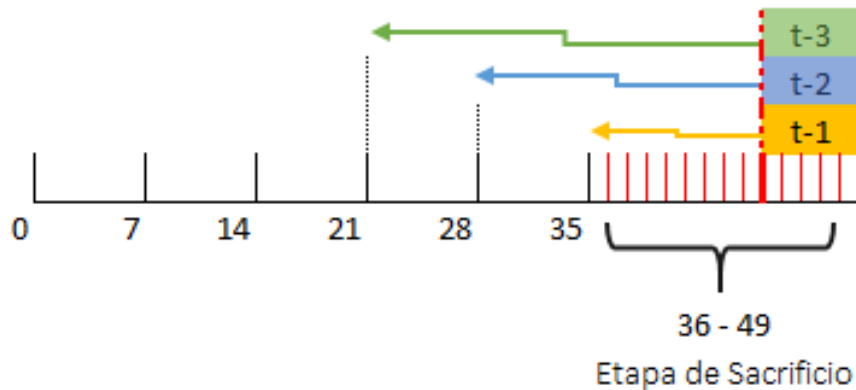
$t = 41$, Siendo la edad a la cual se desea predecir el peso por ave del galpón *i*

$a = 21$, Siendo la edad desde la cual desea realizar la predicción

$s = 20$, Los días por transcurrir entre la edad en que se predice y la edad predicha.

Siendo *t* la edad a la cual se desea predecir el peso de las aves, se ha denominado a las edades 21, 28 y 35 como $t - 3, t - 2$ y $t - 1$ respectivamente, como lo indica la Figura 36, para evaluar por separado las brechas de consumo entre dichas edades y la edad de sacrificio.

Figura 36. Etapas de predicción



Se realizan las siguientes consideraciones para la elaboración del modelo:

- Se desea predecir pesos para una edad determinada desde tres periodos distintos de tiempo.

- b. Las variables de desempeño con las que se cuenta son el consumo de alimento y el peso obtenido por las aves en cada periodo.
- c. El incremento de peso/consumo varía dependiendo del periodo de predicción

A continuación se procede a evaluar el modelo de regresión lineal para predecir pesos de aves mediante cada uno de los métodos ofrecidos por datos de panel, mediante la herramienta de análisis estadístico *EViews* - 8 con el fin de elegir el modelo más adecuado a usar para los periodos de predicción ya indicados.

Se consideran varias maneras de caracterizar la relación entre la variable dependiente y_{it} y las variables independientes X_{kit} , por medio de modelos que realizan algunos supuestos adicionales a la variable error²².

A continuación se evaluarán dichos modelos para el caso de predicción $t - 1$ con el fin de identificar el método más adecuada para la predicción de peso a sacrificio, posteriormente se probará con las observaciones para $t - 2$ y $t - 3$.

4.1. MODELO DE COEFICIENTES CONSTANTES

Como su nombre lo indica, en el primer modelo de regresión por datos de panel los coeficientes que acompañan a cada una de las variables explicativas son constantes para todos los agentes sociales evaluados, siendo así, el modelo a comprobar es el siguiente:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1(\text{consumo}_{i,t-s} * \text{edad}_{i,t-s}) + \beta_2(\text{peso}_{i,t-s} * \text{edad}_{i,t-s}) + \beta_3(s * \Delta\text{consumo}) + \beta_4(s * \Delta\text{peso}) + \beta_5(\text{hibrido 1}) + \beta_6(\text{hibrido 2}) + U_{it}$$

²² PEREZ, Cesar. Econometría avanzada. Técnicas y herramientas. Econometría de los datos de panel, raíces unitarias y cointegración en paneles. Cuarta Edición. Michigan: Cengage Learning Editores. 681 p

Siendo cada β_i igual a través de los agentes sociales, la estimación se realiza por MCO y el modelo se puede apreciar en la Figura 37, se estima en el alta significatividad individual y conjunta de las variables, que nos indica que estas si son aptas para explicar la variable dependiente, R^2 ajustado de 0.97 y estadístico Durbin Watson de 1.7, indicando baja autocorrelación.

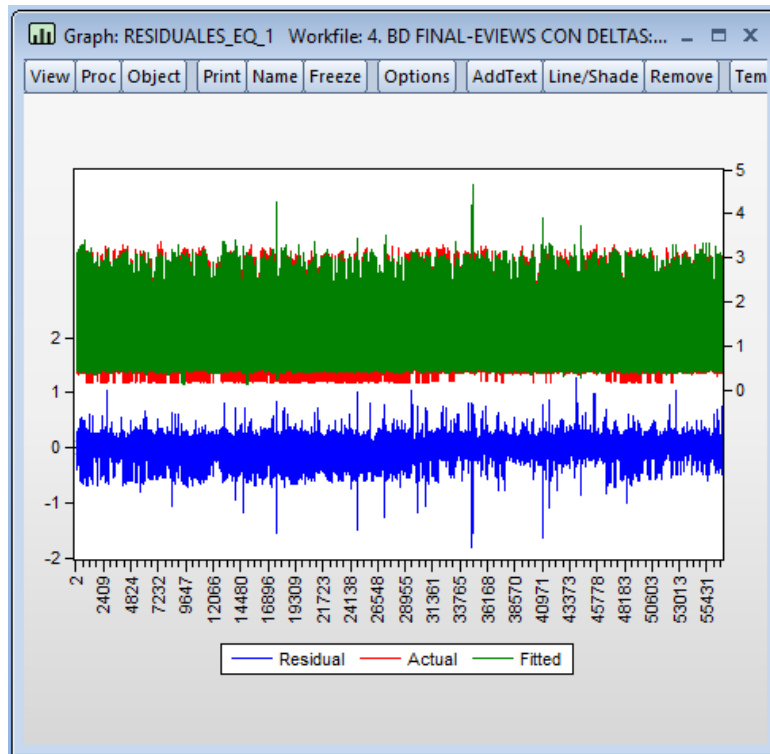
Figura 37. Modelo de coeficientes constantes

View	Proc	Object	Print	Name	Edit+/-	CellFmt	Grid+/-	Title	Comments+/-
1				A				B	
2				C				D	
3				D				E	
4				E					
1				Dependent Variable: PESOAVE_KG					
2				Method: Panel Least Squares					
3				Date: 04/21/16 Time: 18:06					
4				Sample (adjusted): 1/08/2012 12/08/2013					
5				Periods included: 87					
6				Cross-sections included: 756					
7				Total panel (unbalanced) observations: 47158					
9				Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	
11				C	-0.032208	0.004932	-6.529962	0.0000	
12				EDAD*CONSUMO_T_1	-0.012925	0.000163	-79.17729	0.0000	
13				EDAD*PESO_T_1	0.052004	0.000254	204.9921	0.0000	
14				S*D_KGDIA	0.234415	0.003314	70.73425	0.0000	
15				S*D_PESODIA	0.085959	0.005612	15.31594	0.0000	
16				HIBRIDO1	-0.029463	0.003666	-8.036537	0.0000	
17				HIBRIDO2	0.015123	0.003650	4.143441	0.0000	
19				R-squared	0.972948	Mean dependent var	1.406555		
20				Adjusted R-squared	0.972945	S.D. dependent var	0.774745		
21				S.E. of regression	0.127433	Akaike info criterion	-1.282299		
22				Sum squared resid	765.6965	Schwarz criterion	-1.280999		
23				Log likelihood	30242.33	Hannan-Quinn criter.	-1.281891		
24				F-statistic	282642.0	Durbin-Watson stat	1.732371		
25				Prob(F-statistic)	0.000000				

A continuación se procede a evaluar los supuestos para que la estimación por MCO sea insesgado y de mínima varianza la estimación.

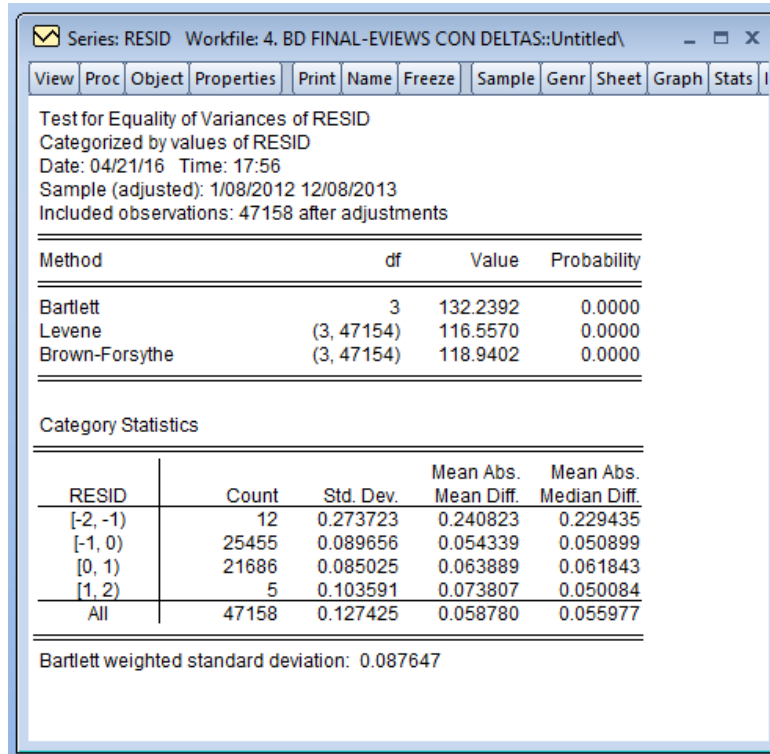
Los Residuales del modelo de regresión se observa en la Figura 38, se aclara que la predicción se evalúa para la última edad de las aves, la validación se realiza al modelo de predicción elegido en el capítulo siguiente.

Figura 38. Residuales modelo de coeficientes constantes



Se procede a evaluar si hay heterocedasticidad de sección cruzada, por medio del estadístico de Levene que presenta P-valor inferior a 0.05, por lo tanto se afirma que hay heterocedasticidad en el modelo.

Figura 39. Prueba de heterocedasticidad



El modelo de regresión de coeficientes constantes estimado sería:

$$y_{i,t} = -0,0322 - 0,0129(\text{consumo}_{i,t-s} * \text{edad}_{i,t-s}) + 0,052 (\text{peso}_{i,t-s} * \text{edad}_{i,t-s}) + 0,2344 (s * \Delta \text{consumo}) + 0,0859 (s * \Delta \text{peso}) - 0,0294 (\text{hibrido } 1) + 0,0151 (\text{hibrido } 2) + U_{it}$$

4.2. MODELO DE EFECTOS FIJOS

La estimación del modelo por efectos fijos, define que los coeficientes que acompañan el efecto de cada X_i en los modelos son fijos, ya sea para todos los instantes de tiempo, agentes sociales o ambos, este efecto es vinculado en el error de la regresión a descomponer este factor así:

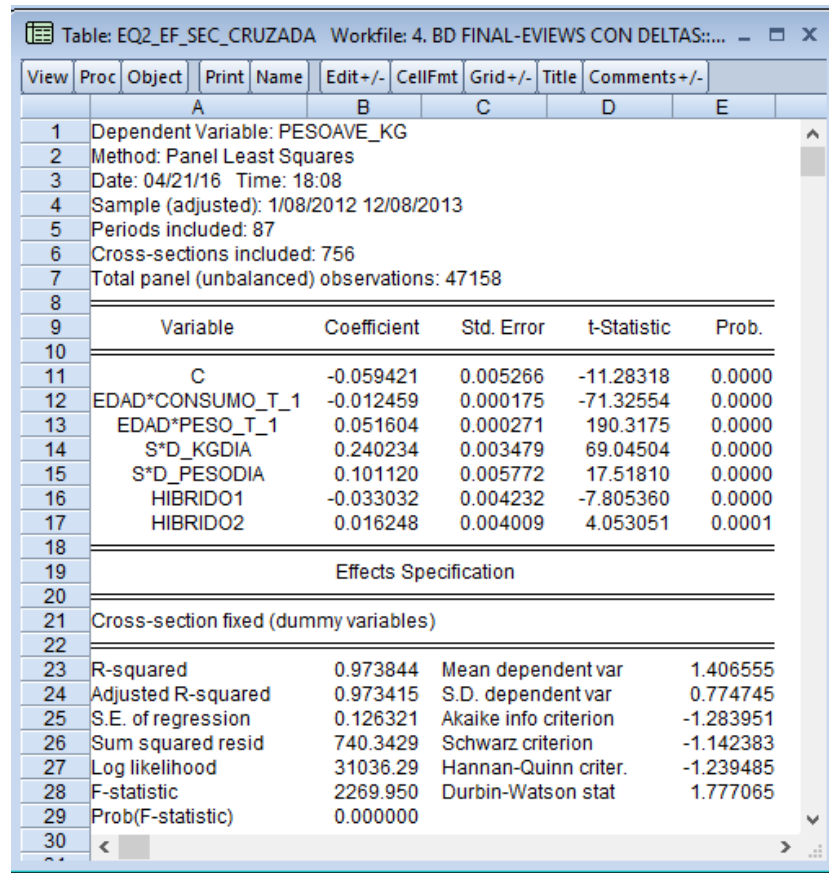
$$U_{it} = \alpha_i + \phi_t + \varepsilon_{it}$$

Siendo α_i un efecto invariante en el tiempo que describe el efecto del agente social, ϕ_t el efecto invariante a través de los agentes sociales, que representa el efecto del tiempo en el modelo de predicción y ε_{it} el error alatorio de la predicción.

Se evaluará por separado cada uno de los efectos

4.2.1. Modelo de efectos fijos de sección cruzada. Se obtiene en el modelado los parámetros observados en la Figura 40, se observa que el modelo presenta un coeficiente de determinación de 0.97 y estadístico DW cercano a 2.

Figura 40. Modelo de efectos fijos de sección cruzada



View	Proc	Object	Name	Edit+/-	CellFmt	Grid+/-	Title	Comments+/-
1			Dependent Variable: PESOAVE_KG					
2			Method: Panel Least Squares					
3			Date: 04/21/16 Time: 18:08					
4			Sample (adjusted): 1/08/2012 12/08/2013					
5			Periods included: 87					
6			Cross-sections included: 756					
7			Total panel (unbalanced) observations: 47158					
9			Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	
11			C	-0.059421	0.005266	-11.28318	0.0000	
12			EDAD*CONSUMO_T_1	-0.012459	0.000175	-71.32554	0.0000	
13			EDAD*PESO_T_1	0.051604	0.000271	190.3175	0.0000	
14			S*D_KGDIA	0.240234	0.003479	69.04504	0.0000	
15			S*D_PESODIA	0.101120	0.005772	17.51810	0.0000	
16			HIBRIDO1	-0.033032	0.004232	-7.805360	0.0000	
17			HIBRIDO2	0.016248	0.004009	4.053051	0.0001	
19			Effects Specification					
21			Cross-section fixed (dummy variables)					
23			R-squared	0.973844	Mean dependent var	1.406555		
24			Adjusted R-squared	0.973415	S.D. dependent var	0.774745		
25			S.E. of regression	0.126321	Akaike info criterion	-1.283951		
26			Sum squared resid	740.3429	Schwarz criterion	-1.142383		
27			Log likelihood	31036.29	Hannan-Quinn criter.	-1.239485		
28			F-statistic	2269.950	Durbin-Watson stat	1.777065		
29			Prob(F-statistic)	0.000000				

Si evalúa a continuación si los efectos de galpón pueden considerarse iguales por medio del test de máxima verosimilitud. Se observa p – valor menores a 0.05, que lleva a afirmar que los efectos de galpón son diferentes.

Figura 41. Test de efectos fijos – Sec. Cruzada

Equation: UNTITLED Workfile: 4. BD FINAL-EVIEWS CON DELTAS:...

View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Redundant Fixed Effects Tests
Equation: Untitled
Test cross-section fixed effects

Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	2.104459 (755,46396)		0.0000
Cross-section Chi-square	1587.924536	755	0.0000

Cross-section fixed effects test equation:
Dependent Variable: PESOAVE_KG
Method: Panel Least Squares
Date: 04/21/16 Time: 20:57
Sample (adjusted): 1/08/2012 12/08/2013
Periods included: 87
Cross-sections included: 756
Total panel (unbalanced) observations: 47158

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.032208	0.004932	-6.529962	0.0000
EDAD*CONSUMO_T_1	-0.012925	0.000163	-79.17729	0.0000
EDAD*PESO_T_1	0.052004	0.000254	204.9921	0.0000
S*D_KGDIA	0.234415	0.003314	70.73425	0.0000
S*D_PESODIA	0.085959	0.005612	15.31594	0.0000
HIBRIDO1	-0.029463	0.003666	-8.036537	0.0000
HIBRIDO2	0.015123	0.003650	4.143441	0.0000

R-squared	0.972948	Mean dependent var	1.406555
Adjusted R-squared	0.972945	S.D. dependent var	0.774745
S.E. of regression	0.127433	Akaike info criterion	-1.282299
Sum squared resid	765.6965	Schwarz criterion	-1.280999
Log likelihood	30242.33	Hannan-Quinn criter.	-1.281891
F-statistic	282642.0	Durbin-Watson stat	1.732371
Prob(F-statistic)	0.000000		

4.2.2. Modelo de efectos fijos de tiempo. Como se puede ver en la Figura 42 para el modelo por efectos fijos de tiempo se presentan buenos estadísticos al presentar significancia individual y conjunta alta, estadístico DW cercano a 2, y coeficiente de determinación ajustado de 0.99, el mejor ajuste hasta ahora presentado

Figura 42. Modelo por efectos fijos de tiempo

View	Proc	Object	Print	Name	Edit+/-	CellFmt	Grid+/-	Title	Comments+/-
1				Dependent Variable: PESOAVE_KG					
2				Method: Panel Least Squares					
3				Date: 04/21/16 Time: 21:01					
4				Sample (adjusted): 1/08/2012 12/08/2013					
5				Periods included: 87					
6				Cross-sections included: 756					
7				Total panel (unbalanced) observations: 47158					
9				Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	
11				C	0.235692	0.004224	55.79272	0.0000	
12				EDAD*CONSUMO_T_1	0.002476	0.000113	21.93383	0.0000	
13				EDAD*PESO_T_1	0.030309	0.000161	188.7346	0.0000	
14				S*D_KGDIA	-0.162450	0.002297	-70.73019	0.0000	
15				S*D_PESODIA	0.309308	0.003526	87.71445	0.0000	
16				HIBRIDO1	0.031257	0.002033	15.37579	0.0000	
17				HIBRIDO2	-0.014008	0.002008	-6.976899	0.0000	
19				Effects Specification					
21				Period fixed (dummy variables)					
23				R-squared	0.992034	Mean dependent var	1.406555		
24				Adjusted R-squared	0.992018	S.D. dependent var	0.774745		
25				S.E. of regression	0.069216	Akaike info criterion	-2.501187		
26				Sum squared resid	225.4844	Schwarz criterion	-2.483909		
27				Log likelihood	59068.48	Hannan-Quinn criter.	-2.495760		
28				F-statistic	63706.55	Durbin-Watson stat	1.744021		
29				Prob(F-statistic)	0.000000				

Para probar los efectos fijos de tiempo se usa el test de máxima verosimilitud para la redundancia de efectos fijos, Figura 43 donde se observa p – valor menores a 0,05, lo que lleva a afirmar que los efectos de galpón son diferentes.

Figura 43. Test de efectos fijos - Tiempo

Equation: UNTITLED Workfile: 4. BD FINAL-EIEWS CON DELTA...

View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Redundant Fixed Effects Tests
Equation: Untitled
Test period fixed effects

Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Period F	1311.135145	(86,47065)	0.0000
Period Chi-square	57652.303914	86	0.0000

Period fixed effects test equation:
Dependent Variable: PESOAVE_KG
Method: Panel Least Squares
Date: 04/21/16 Time: 21:08
Sample (adjusted): 1/08/2012 12/08/2013
Periods included: 87
Cross-sections included: 756
Total panel (unbalanced) observations: 47158

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.032208	0.004932	-6.529962	0.0000
EDAD*CONSUMO_T_1	-0.012925	0.000163	-79.17729	0.0000
EDAD*PESO_T_1	0.052004	0.000254	204.9921	0.0000
S*D_KGDIA	0.234415	0.003314	70.73425	0.0000
S*D_PESODIA	0.085959	0.005612	15.31594	0.0000
HIBRIDO1	-0.029463	0.003666	-8.036537	0.0000
HIBRIDO2	0.015123	0.003650	4.143441	0.0000

R-squared	0.972948	Mean dependent var	1.406555
Adjusted R-squared	0.972945	S.D. dependent var	0.774745
S.E. of regression	0.127433	Akaike info criterion	-1.282299
Sum squared resid	765.6965	Schwarz criterion	-1.280999
Log likelihood	30242.33	Hannan-Quinn criter.	-1.281891
F-statistic	282642.0	Durbin-Watson stat	1.732371
Prob(F-statistic)	0.000000		

4.3. MODELO DE EFECTOS ALEATORIOS

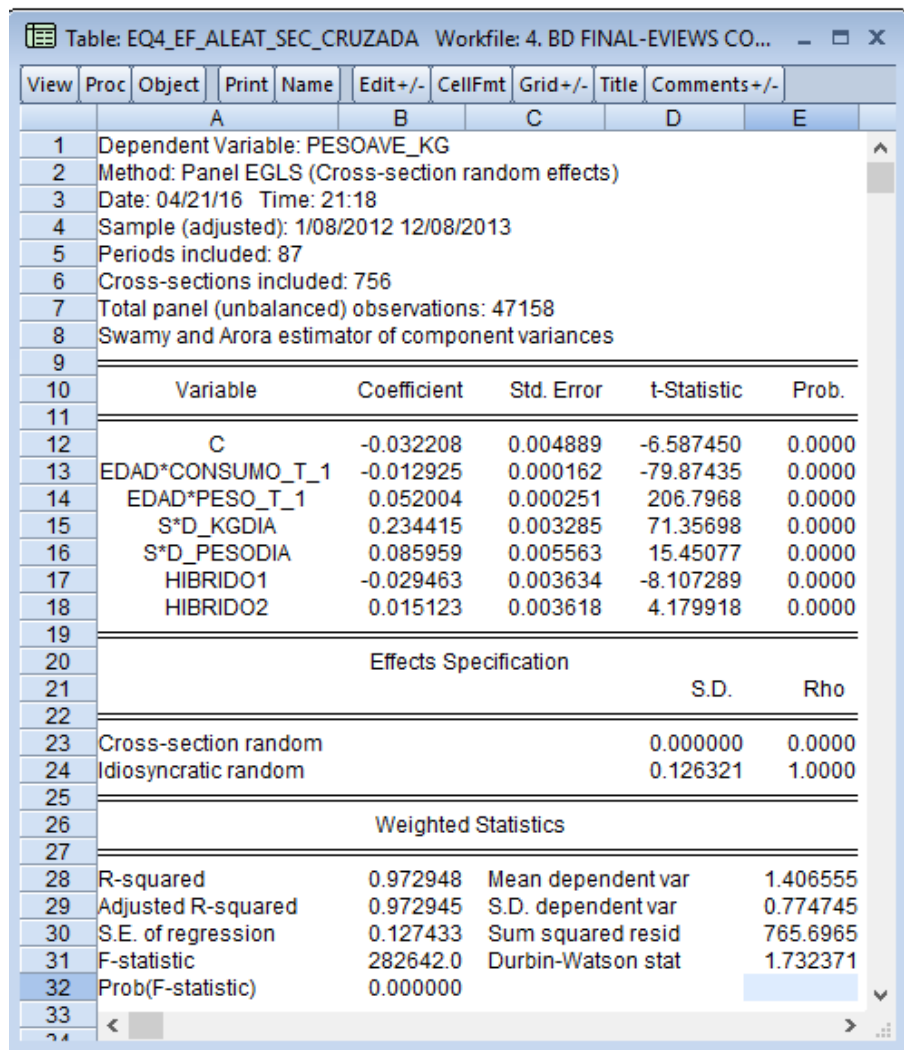
En el caso de modelos por efectos aleatorios, se descompone al igual que en efectos fijos al error de la regresión, en este caso por dos componentes aleatorias que representan el efecto de la presencia del tiempo y los agentes sociales y el error aleatorio del modelo.

$$U_{it} = \alpha_i + \phi_t + \varepsilon_{it}$$

Siendo α_i un efecto invariante en el tiempo que describe el efecto del agente social, ϕ_t el efecto invariante a través de los agentes sociales, que representa el efecto del tiempo en el modelo de predicción y ε_{it} el error alatorio de la predicción.

4.3.1. Modelo de efectos aleatorios de sección cruzada. Como se observa en la Figura 44. el modelo por efectos aleatorios presenta, buenos valores para los estadísticos evaluados, con significancia individual y conjunta alta, R^2 igual a 0.97, estadístico DW cercano a 2

Figura 44. Modelo de efectos aleatorios de sección cruzada



View	Proc	Object	Print	Name	Edit+/-	CellFmt	Grid+/-	Title	Comments+/-
		A	B	C	D	E			
1	Dependent Variable: PESOAVE_KG								
2	Method: Panel EGLS (Cross-section random effects)								
3	Date: 04/21/16 Time: 21:18								
4	Sample (adjusted): 1/08/2012 12/08/2013								
5	Periods included: 87								
6	Cross-sections included: 756								
7	Total panel (unbalanced) observations: 47158								
8	Swamy and Arora estimator of component variances								
9									
10		Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.			
11									
12		C	-0.032208	0.004889	-6.587450	0.0000			
13		EDAD*CONSUMO_T_1	-0.012925	0.000162	-79.87435	0.0000			
14		EDAD*PESO_T_1	0.052004	0.000251	206.7968	0.0000			
15		S*D_KGDIA	0.234415	0.003285	71.35698	0.0000			
16		S*D_PESODIA	0.085959	0.005563	15.45077	0.0000			
17		HIBRIDO1	-0.029463	0.003634	-8.107289	0.0000			
18		HIBRIDO2	0.015123	0.003618	4.179918	0.0000			
19									
20	Effects Specification								
21					S.D.	Rho			
22									
23		Cross-section random			0.000000	0.0000			
24		Idiosyncratic random			0.126321	1.0000			
25									
26	Weighted Statistics								
27									
28		R-squared	0.972948	Mean dependent var		1.406555			
29		Adjusted R-squared	0.972945	S.D. dependent var		0.774745			
30		S.E. of regression	0.127433	Sum squared resid		765.6965			
31		F-statistic	282642.0	Durbin-Watson stat		1.732371			
32		Prob(F-statistic)	0.000000						
33									

Validación de efecto aleatorio por test de Hausman, donde el p-valor inferior a 0.05, nos muestra que los efectos si están correlacionados, por lo tanto la estimación por efectos aleatorios es inapropiada para el modelo.

Figura 45. Test de Hausman

Correlated Random Effects - Hausman Test
Equation: Untitled
Test cross-section random effects

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	1188.083376	6	0.0000

** WARNING: estimated cross-section random effects variance is zero.

Cross-section random effects test comparisons:

Variable	Fixed	Random	Var(Diff.)	Prob.
EDAD*CONSUMO_T_1	-0.012459	-0.012925	0.000000	0.0000
EDAD*PESO_T_1	0.051604	0.052004	0.000000	0.0001
S*D_KGDIA	0.240234	0.234415	0.000001	0.0000
S*D_PESODIA	0.101120	0.085959	0.000002	0.0000
HIBRIDO1	-0.033032	-0.029463	0.000005	0.0998
HIBRIDO2	0.016248	0.015123	0.000003	0.5146

4.4. DEFINICIÓN DE MODELO

La finalidad de la estructura de tres dimensiones de los datos de panel (agentes sociales, y observaciones de sus variables para distintos periodos de tiempo) pretende incluir a los modelos de regresión el efecto de los individuos o periodos de tiempo, en uso de esa ventaja ofrecida por la estructura econométrica elegida, se considera pertinente en este caso evaluar los modelos de estimación de peso incorporando el efecto individual del galpón en el desempeño de las aves.

Por lo tanto, la estimación de parámetros se realizará por el modelo de efectos fijos de sección cruzada, creando la posibilidad de evaluar el efecto generado por el

galpón en el cual se lleva a cabo el engorde de aves, no excluyendo así la incidencia de los diferentes periodos de tiempo en el modelo, ya que al evaluar el modelo en tres momentos previos a sacrificio se incorpora un efecto del tiempo, al añadir una variable que indique los incrementos de desempeño que genera dejar las aves un periodo más en el galpón.

Dicho esto, el modelo de regresión a estimar sería:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1(\text{consumo}_{i(t-s)} * \text{edad}_{i(t-s)}) + \beta_2(\text{peso}_{i(t-s)} * \text{edad}_{i(t-s)}) + \beta_3(s * \Delta\text{consumo}) + \beta_4(s * \Delta\text{peso}) + \beta_5(\text{hibrido } 1) + \beta_6(\text{hibrido } 2) + U_{it}$$

Siendo $U_{it} = \alpha_i + \epsilon_{it}$

4.5 ESTIMACION DE PARAMETROS

El modelo de regresión realizará entonces para cada periodo de predicción una estimación de parámetros (Figura 46) por medio de mínimos cuadrados ordinados, siendo t cualquier edad entre 36 y 49 y los periodos de predicción *Edad 35* ($t - 1$), *edad 28* ($t - 2$) y *edad 21* ($t - 3$)

Figura 46. Edades de predicción

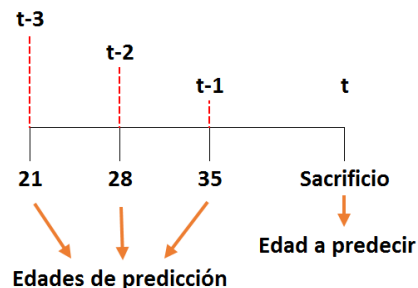


Tabla 34. Parámetros del modelo

VARIABLE Xi	β_s	t - 1	t - 2	t - 3
Constante del modelo	β_0	-0,059	0,877	1,649
Edad * Consumo $t-a$	β_1	-0,012	-0,034	-0,051
Edad * Peso $t-a$	β_2	0,052	0,077	0,089
S * D_consumo	β_3	0,240	0,413	0,359
S * D_peso	β_4	0,101	-0,729	-1,100
Hibrido 1	β_5	-0,033	0,101	0,246
Hibrido 2	β_6	0,016	-0,068	-0,135

Del modelado de datos se obtienen las estimaciones de parámetros observada en la Tabla 34. A continuación se presentarán las salidas del programa EViews para las estimaciones de parámetros y se evaluará de manera general la efectividad del modelo. El capítulo 5 presentará la evaluación completa del ajuste de parámetros,

4.5.1. Parámetros periodo $t - 1$. La Figura 47 presenta los parámetros estimados para predicción de peso en edad 35, contando con un coeficiente de determinación ajustado de 0,97.

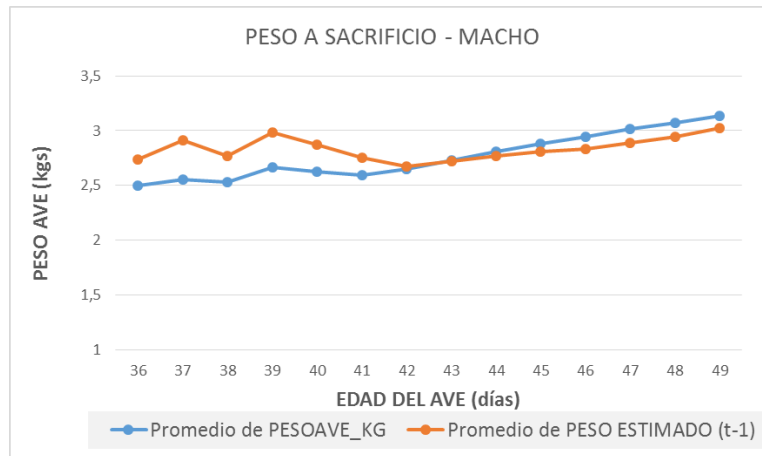
Figura 47. Parámetros estimados (t-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.059421	0.005266	-11.28318	0.0000
EDAD*CONSUMO_T_1	-0.012459	0.000175	-71.32554	0.0000
EDAD*PESO_T_1	0.051604	0.000271	190.3175	0.0000
S*D_KGDIA	0.240234	0.003479	69.04504	0.0000
S*D_PESODIA	0.101120	0.005772	17.51810	0.0000
HIBRIDO1	-0.033032	0.004232	-7.805360	0.0000
HIBRIDO2	0.016248	0.004009	4.053051	0.0001

Effects Specification			
Cross-section fixed (dummy variables)			
R-squared	0.973844	Mean dependent var	1.406555
Adjusted R-squared	0.973415	S.D. dependent var	0.774745
S.E. of regression	0.126321	Akaike info criterion	-1.283951
Sum squared resid	740.3429	Schwarz criterion	-1.142383
Log likelihood	31036.29	Hannan-Quinn criter.	-1.239485
F-statistic	2269.950	Durbin-Watson stat	1.777065
Prob(F-statistic)	0.000000		

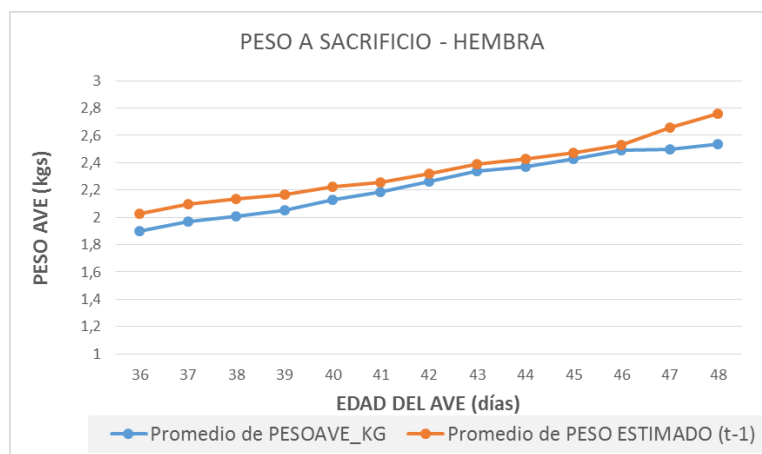
Estimación de pesos por sexo: Con un error de 5.8% la Figura 48 representa el contraste entre los pesos reales del proceso de engorde y los pesos estimados por el modelo para predicción a edad 35.

Figura 48. Pesos estimados en periodo (t-1) - Macho



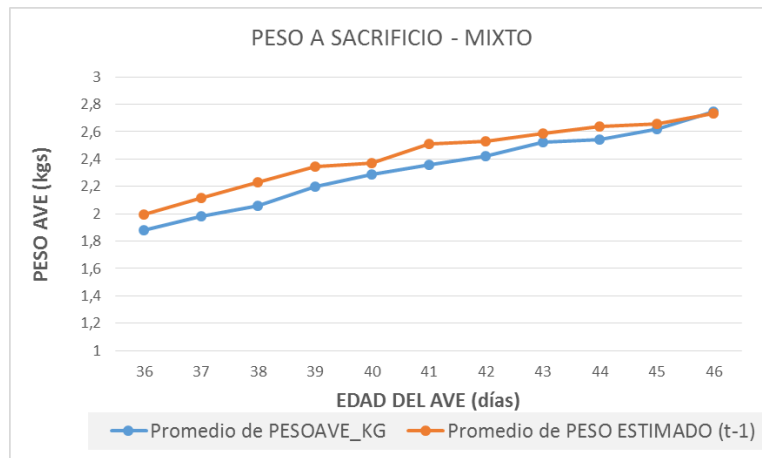
Con un 4.5% de error la Figura 49 representa el ajuste del modelo de regresión planteado para la predicción en edad 35 de peso a sacrificio de aves sexo hembra.

Figura 49 Pesos estimados en periodo (t-1) - Hembra



Con un 5,1% de error, la Figura 50 represente el comparativo entre el peso obtenido por las aves a sacrificio para sexo *mixto* y el peso estimado por el modelo de predicción en edad 35.

Figura 50. Pesos estimados en periodo (t-1) - Mixto



4.5.2. Parámetros para $t - 2$. La Figura 51 presenta los parámetros estimados para predicción de peso de aves en edad 28, presentando un R^2 de 0.90, a continuación se realiza la comparación de pesos para la estimación.

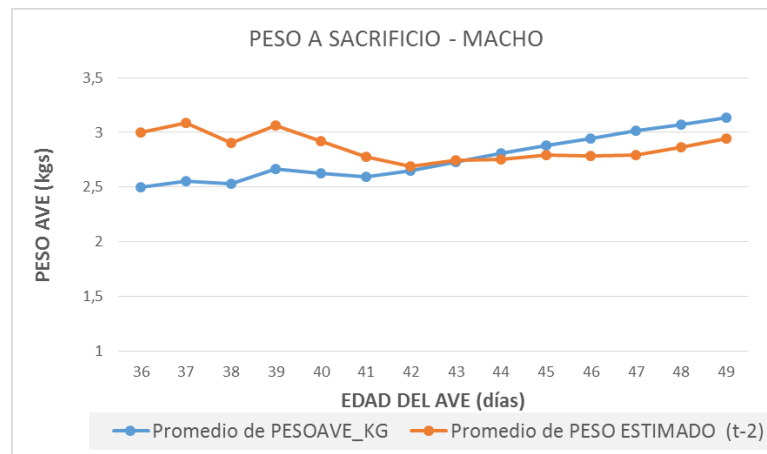
Con un 8.7% de error, la Figura 52 representa los pesos reales usados en el modelo de predicción y los pesos estimados por el modelo en edad 35, la gráfica presenta un buen ajuste entre edades 41 a 45 las más frecuentes de sacrificio de aves

Figura 51. Parámetros estimados (t-2)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.877201	0.011511	76.20338	0.0000
EDAD*CONSUMO_T_2	-0.033792	0.000354	-95.52290	0.0000
EDAD*PESO_T_2	0.076507	0.000555	137.7592	0.0000
S*D_KGDIA	0.412707	0.006010	68.67133	0.0000
S*D_PESODIA	-0.729340	0.010058	-72.51292	0.0000
HIBRIDO1	0.101494	0.007766	13.06835	0.0000
HIBRIDO2	-0.068348	0.007324	-9.332634	0.0000

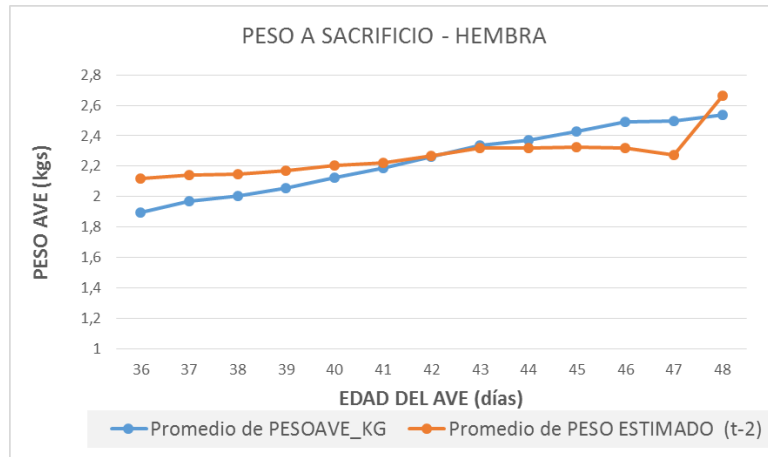
Effects Specification			
Cross-section fixed (dummy variables)			
R-squared	0.910307	Mean dependent var	1.635147
Adjusted R-squared	0.908477	S.D. dependent var	0.682056
S.E. of regression	0.206341	Akaike info criterion	-0.298752
Sum squared resid	1587.637	Schwarz criterion	-0.127598
Log likelihood	6445.904	Hannan-Quinn criter.	-0.244450
F-statistic	497.3107	Durbin-Watson stat	1.527534
Prob(F-statistic)	0.000000		

Figura 52. Pesos estimados en periodo (t-2) - Macho



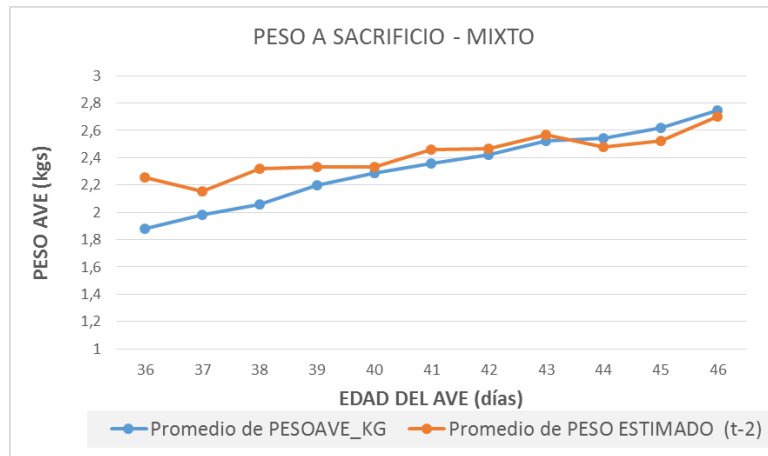
Con un error promedio de 5,8% la Figura 53 representa la comparación entre pesos reales y estimados por los parámetros de estimación en edad 28 de las aves.

Figura 53. Pesos estimados en periodo (t-2) – Hembra



La Figura 54 muestra el comparativo de pesos para sexo *mixto* con base a los parámetros estimados si la predicción de peso se realiza en edad 28, presentando un error de 5,9%.

Figura 54. Pesos estimados en periodo (t-2) – Mixto



4.5.3. Parámetros para $t - 3$. La Figura 55 presenta la estimación de parámetros de peso a sacrificio para predicciones de peso en edad 21 de las aves, a continuación se evalúa el ajuste del modelo para cada sexo de las aves.

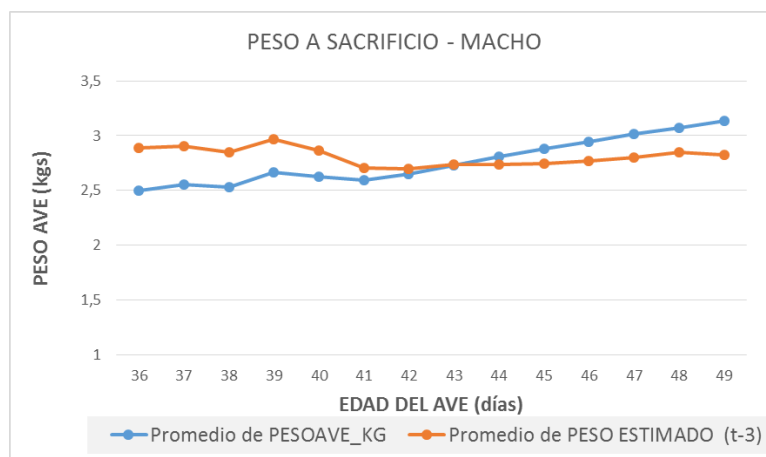
Figura 55. Parámetros estimados (t-3)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.649399	0.012101	136.3079	0.0000
EDAD*CONSUMO_T_3	-0.050914	0.000433	-117.5749	0.0000
EDAD*PESO_T_3	0.089267	0.000775	115.1944	0.0000
S*D_KGDIA	0.358732	0.007737	46.36297	0.0000
S*D_PESODIA	-1.100393	0.012577	-87.49439	0.0000
HIBRIDO1	0.246180	0.009386	26.22704	0.0000
HIBRIDO2	-0.134647	0.008892	-15.14308	0.0000

Effects Specification			
Cross-section fixed (dummy variables)			
R-squared	0.868170	Mean dependent var	1.878452
Adjusted R-squared	0.864614	S.D. dependent var	0.592821
S.E. of regression	0.218128	Akaike info criterion	-0.181519
Sum squared resid	1342.131	Schwarz criterion	0.036113
Log likelihood	3391.304	Hannan-Quinn criter.	-0.111573
F-statistic	244.1059	Durbin-Watson stat	1.436274
Prob(F-statistic)	0.000000		

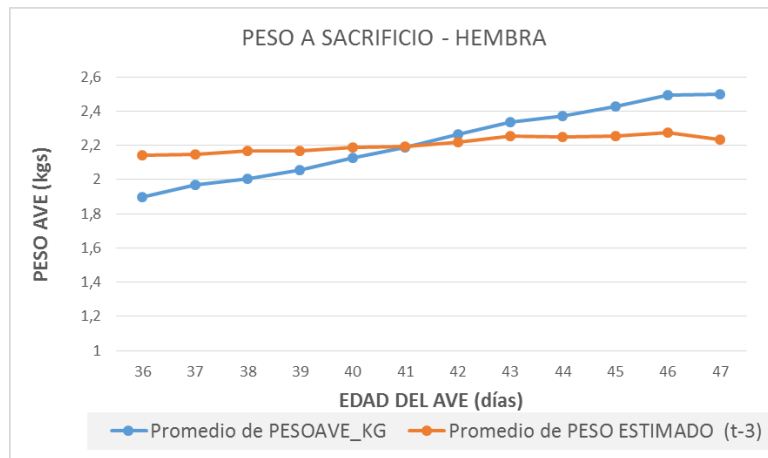
La Figura 56 presenta la estimación de pesos a sacrificio para sexo macho, realizando predicciones en edad 21, en este caso el error entre el peso real y estimado es de 7.6%

Figura 56. Pesos estimados en periodo (t-3) – Macho



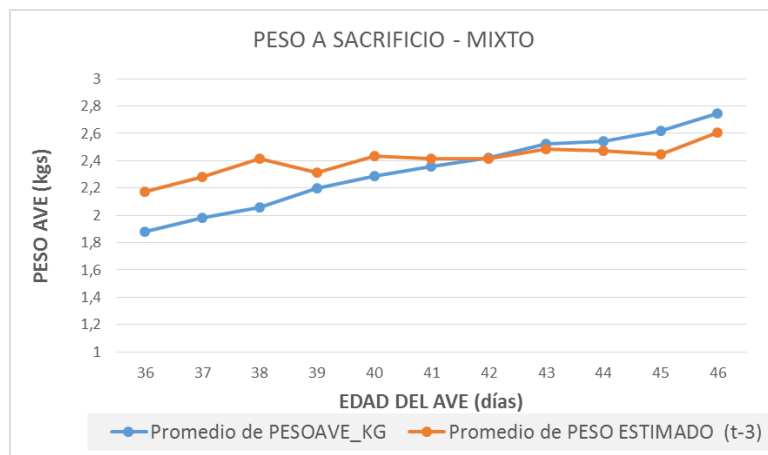
En el caso del sexo hembra, la Figura 57 muestra las estimaciones de peso por parámetros de predicción de edad 21, se presenta un error de 6.3%.

Figura 57. Pesos estimados en periodo (t-3) – Hembra



La Figura 58 con un error promedio de 6.5% presenta el ajuste del modelo de predicción a los pesos reales, usando los parámetros de predicción para edad 21.

Figura 58. Pesos estimados en periodo (t-3) – Mixto



5. VALIDACIÓN DEL MODELO

A continuación se realizará una evaluación de los pesos a sacrificio generados por la estimación de parámetros en los modelos de predicción por variables para identificar el ajuste del modelo.

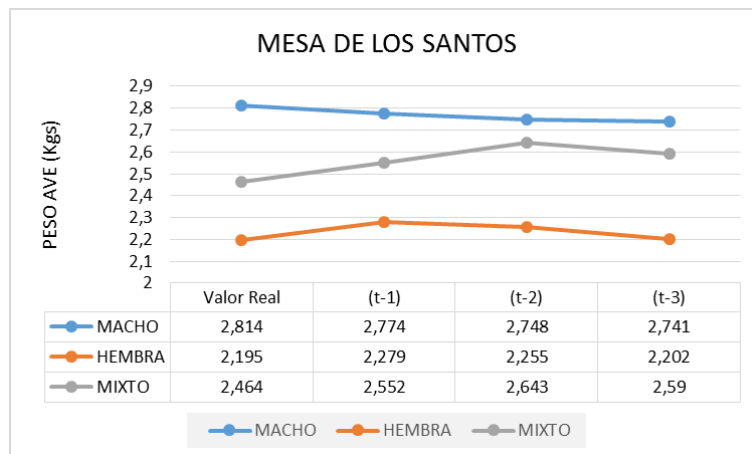
5.1. MUNICIPIO

Se evalúa las estimaciones de peso a sacrificio para la edad de sacrificio promedio, en los municipios de Mesa de los Santos, Lebrija y Girón; municipios que representan el 75,4% de los galpones de la compañía.

✓ Mesa de los santos

Se presenta en la Figura 59 los pesos real y estimado para los sexos encasetados, presentando errores en predicción no mayores a 2,7% con diferencias máximas de 73 gramos de peso para macho y 61 para hembra.

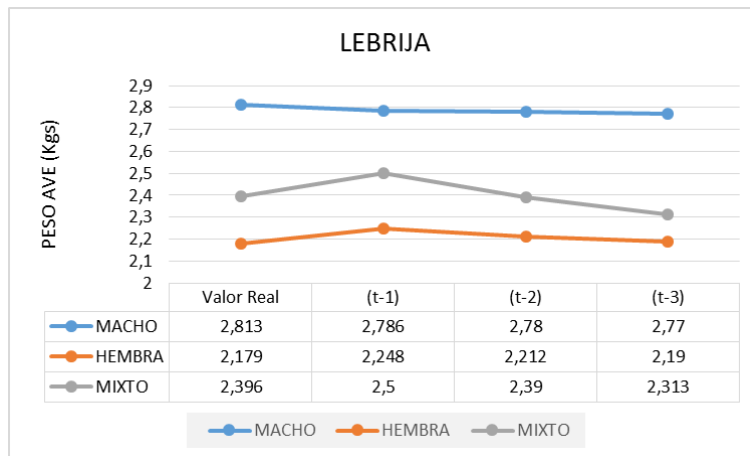
Figura 59. Estimaciones de Peso - Mesa



✓ **Lebrija**

Para el municipio de Lebrija los errores estimados de peso no superan el 3,1%, presentando las diferencias de peso más altas en el sexo hembra con 60 gramos.

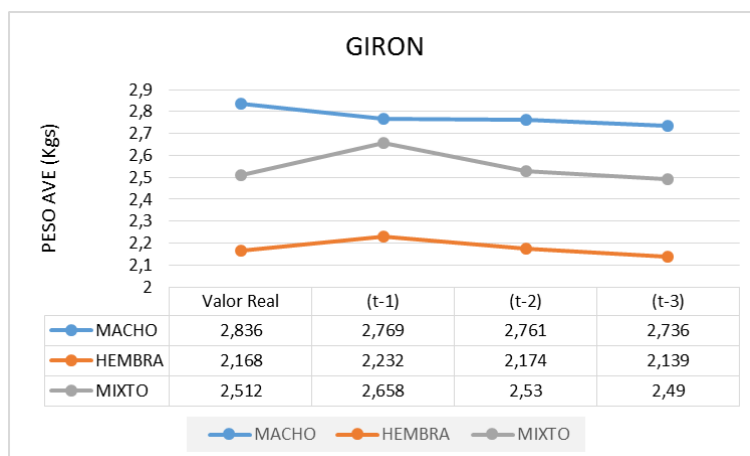
Figura 60. Estimación de peso Lebrija



✓ **Girón**

Para el municipio de Girón, el error de estimación de pesos no supera el 4,2%, y presenta su diferencia de peso más alta en galpones *mixtos* con 146 gramos.

Figura 61. Estimación de peso Girón



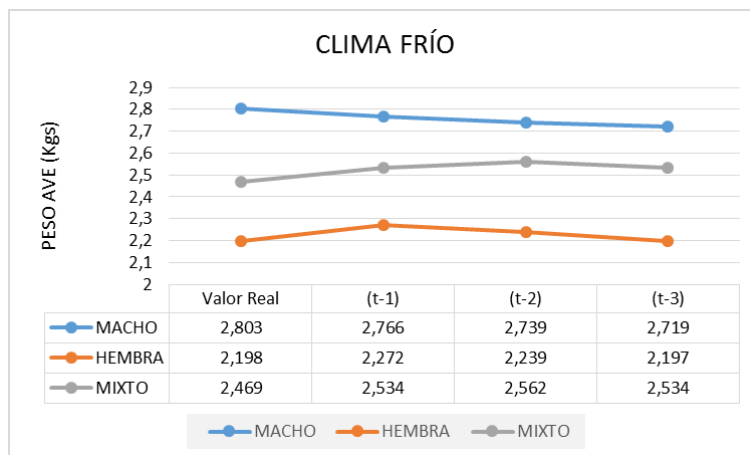
5.2. CLIMA

Se toman las estimaciones de parámetros por sexo para los dos tipos de clima de la compañía.

✓ Clima frío

Las estimaciones promedio para los municipios de Aratoca, Curiti, Mesa de los Santos y Piedecuesta, municipios fríos, los errores de peso se encuentran en promedio en 3,4%, presentando las diferencias de peso mas altas en 93 gramos para sexo mixto.

Figura 62. Estimación de peso Clima frío



✓ Clima cálido

Para los municipios de clima cálido, a los que pertenecen los municipios de Barrancabermeja, Girón, Lebrija y Rio Negro el error de estimación es de 2,4%, con las diferencias máximas de peso en sexo macho, con 70 gramos.

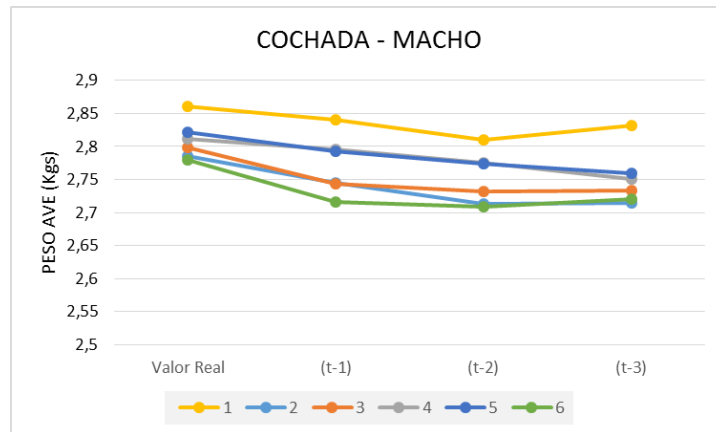
5.3. LOTE – COCHADA

Los lotes corresponden a los encasetamientos realizados al año, se evalúa por sexo los pesos estimados.

✓ Macho

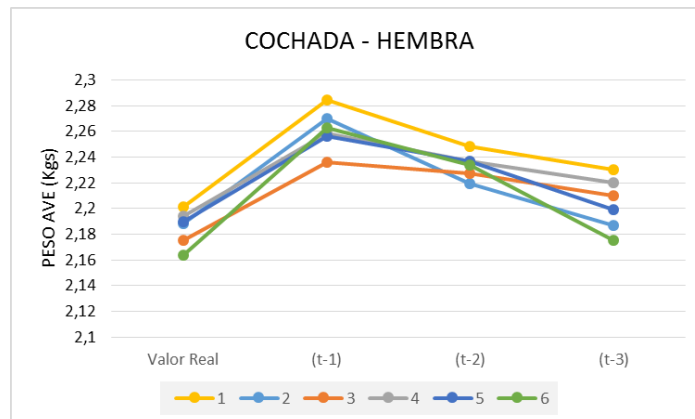
Se estima la máxima diferencia en 153 gramos entre el peso real y la predicción de peso a edad 21, representando un error máximo de 5,4%, las predicciones para las cochadas 2 y 5 son las más cercanas a los pesos reales obtenidos.

Figura 63. Peso por cochada macho



✓ Hembra

Figura 64. Peso por cochada hembra

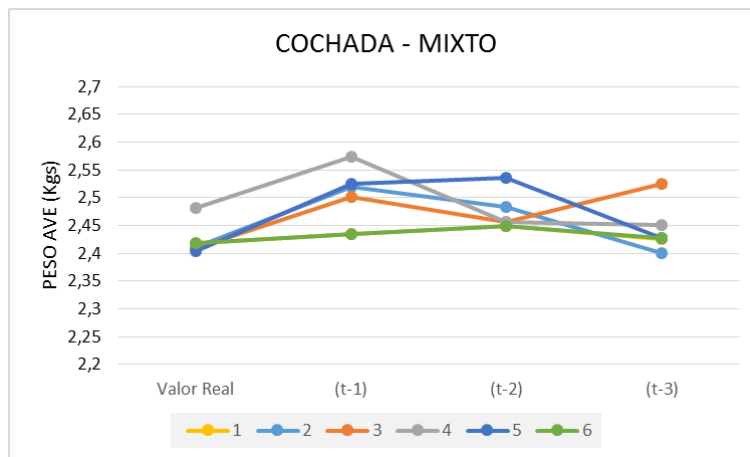


Para las aves hembra las estimaciones representan de buena forma los cambios de peso promedio tenido en granjas a través de los periodos del año, con no más de 50 gramos de diferencia por estimación.

✓ Mixto

Para sexo mixto las estimaciones por periodo se presentan con diferencia no más de 100 gramos, con error no mayor a 2%.

Figura 65. Peso por cochada mixto



Para la realización de predicciones por medio de los modelos elegidos se elaboró una herramienta administrativa en Excel, que permite que las estimaciones de pesos para aves sean elaboradas de manera rápida y adecuada por el departamento de granjas, en tanto esta es incorporada al ERP.

6. CONCLUSIONES

- ✓ Se estableció un modelo de predicción de peso para aves de engorde que permite estimar en edades 21, 28 y 35, el peso a sacrificio (edades 42 - 45) de cada galpón, mediante una estructura de datos tipo panel de históricos de desempeño de tres años, evaluando los efectos fijos de galpón (*sección cruzada*) mediante MCO.
- ✓ La estimación de parámetros se generó por edades de predicción eliminando la necesidad de crear variables dicotómicas en el análisis por edades, por lo tanto cada edad de predicción cuenta con efectos de sección cruzada.
- ✓ La evaluación de los modelos obtenidos no arrojó predicciones con error de estimación mayores al 9%, por lo tanto se considera que los parámetros estimados son útiles en el acompañamiento de toma de decisiones en los procesos de programación de sacrificio en el departamento de granjas de Avidesa Mac Pollo S.A.
- ✓ La obtención de predicciones de peso a edad final para aves de engorde se realiza evaluando estimaciones de alimento consumido y peso ganado por ave, por lo tanto entre más pequeño sea el periodo a estimar mejor será la predicción obtenida.

7. RECOMENDACIONES

- ✓ Al ser evaluado un proceso de engorde de aves, donde lo más importante es la estimulación metabólica lograda en la primer semana del pollito, variables que indiquen las condiciones iniciales tanto del ave como de su ambiente deberían ser tenidas en cuenta para la estimación de próximos modelos de predicción, ya que aquellas variables, podrían definir de una manera más explícita el efecto que tiene el galpón o granja en el engorde de aves.

- ✓ Se considera importante generar en el sistema de la compañía las transacciones necesarias que generen la integración de información de diferentes áreas, permitiendo identificar el desempeño conjunto de sus procesos, para facilitar el análisis y toma de decisiones basado en la información de la compañía, al igual que la necesidad de concientizar al personal involucrado en el manejo de información de la importancia de la veracidad y trazabilidad de la información registrada para la toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

APARICIO A., Adriana Alexandra y CABANA O., Uriel David. Modelo matemático predictivo del rendimiento de biooil en el proceso de pirolisis en lecho fluidizado y lecho fijo de biomasa residual agrícola. Proyecto de grado para obtener el título de Ingeniero Químico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías. Escuela de Ingeniería química, 2013. 78 p

AVICOL. 2002. Guía de manejo de pollo de engorde. [en línea]. 2002; 119 p. [Consultado el 01 de marzo de 2014]. Disponible en <<http://avicol.co/descargas2/GuiadeManejoEngordeross308.pdf> >

CLARAMOUNT Bielsa, M. Mercé; CASANOVAS, Ramón; CAICEDO C., Edinson. Modelo de predicción de indicadores de riesgo de crédito mediante razones financieras usando modelos estructurales y modelos de datos de panel: aplicación al mercado español. En: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Sistema de Información Científica. [En línea]. 2012; 31 p. [Consultado el 9 de febrero de 2015]. Disponible en <<http://www.redalyc.org/pdf/716/71624352009.pdf>. >

COBACHO T., Ma Belen y BOSCH M., Mariano. Métodos lineales de estimación con datos de panel: Una aplicación al estudio de los efectos de la inversión pública federal en México. [en línea]. 13 p.[Consultado 18 Feb 2015]. Disponible en http://www.uv.es/asepuma/XII/comunica/cobacho_bosch.pdf

DELGADO G, Paula. (2015). Así se cría un pollo en 45 días son usar hormonas. Diario La República. Recuperado el día 28 de Febrero de 2016, de http://www.larepublica.co/as%C3%AD-se-cr%C3%ADa-un-pollo-en-45-d%C3%ADas-sin-usar-hormonas_235451

FEDERACION NACIONAL DE AVICULTORES, FENAVI [en línea].
<http://www.fenavi.org/> [Citado en Abril de 2016].

GUJARATI, Damodar. PORTER, Dawn. Econometría. Quinta Edición. México: Mac Graw Gil

LABRA, R. y TORRECILLAS, C. Guía cero para datos de panel. Un enfoque práctico. [en línea]. 57 p. [Consultado el 18 de febrero de 2015]. Disponible en http://www.uam.es/docencia/degin/catedra/documentos/16_Guia%20CERO%20para%20datos%20de%20panel_Un%20enfocoque%20practico.pdf

MAYORGA M., Mauricio y MUÑOZ S., Evelyn. La técnica de datos de panel una guía para su uso e interpretación. En: Banco central de Costa Rica. [en línea]. 20 p. [Consultado 13 de febrero de 2015]. Disponible en http://www.bccr.fi.cr/investigacioneseconomicas/metodoscuantitativos/Tecnica_datos_panel,_una_guia_para_su_uso_e_interpretacion.pdf

MOLINA M., Carlos y VASQUEZ G., Belem i. Competitividad laboral de las manufactureras en la frontera norte: un análisis con datos de panel. Análisis Económico [en línea] 2012; 13 p. [Consultado 23 de febrero de 2015] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41324594005>>

NIÑO V., Edna Juliana y PELAEZ D., Johanna Carlina. Diseño de una propuesta de localización para los centros de distribución (CEDIs) de la empresa Comertex S.A. a partir de un modelo matemático. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, 2012, 205 p.

PEREZ, Cesar. Econometría avanzada. Técnicas y herramientas. Econometría de los datos de panel, raíces unitarias y cointegración en paneles. Cuarta Edición. Michigan: Cengage Learning Editores. 890 p.

ROITMAN, Mauricio. Aplicación de técnicas de datos de panel a la medición de la eficiencia relativa entre empresas de distribución eléctrica reguladas: Una guía para la práctica regulatoria. [en línea]. 2005; 25 p. [Consultado el 18 de febrero de 2015]. Disponible en <
http://www.uade.edu.ar/DocsDownload/Publicaciones/4_226_1608_STD056_2005.pdf >

TOLEDO, Wilfredo. Una introducción a la econometría con datos de panel. [en línea]. (2012); 30 p. [Consultado 18 Feb. 2015]. Disponible en <
<http://economia.uprrp.edu/Ensayo%20152.pdf>>

VASQUEZ, R. Julián S. Evaluación de la calidad educativa a partir de los resultados de las pruebas censales saber 11 en el municipio de Medellín 2000 – 2007. Trabajo de grado en maestría en desarrollo: Universidad pontificia Bolivariana. Ciencias sociales, 2013, 116 p.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. Introducción a la econometría. Un enfoque Moderno: La naturaleza de la econometría y los datos económicos. Cuarta Edición. Michigan: Cengage Learning Editores. 890