

Comparación del nacimiento de pollitos entre los diferentes lotes de reproductoras de una empresa santandereana entre octubre de 2015 y diciembre de 2017, utilizando un modelo lineal generalizado

Camilo Andrés Medina Santos

Proyecto de grado para optar al título de Especialista en Estadística

Director:

Germán Moreno Arenas

Doctor en Estadística

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Matemáticas

Especialización en Estadística

Bucaramanga

2019

Contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Justificación	13
2. Objetivos	15
2.1 Objetivo General	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. Metodología	16
3.1 Descripción de la muestra	16
3.2 Etapas del análisis	16
3.2.1 Selección de las variables	16
3.3 Ejecución del Modelo Lineal Generalizado	17
4. Resultados y Discusión	23
4.1 Resultados	23
4.1.1 Semanas 24 a 37	23
4.1.2 Semanas 38 a 68	33
4.2 Discusión	46
4.2.1 Análisis exploratorio	46
4.2.2 Modelos de regresión Beta	48
5. Conclusiones	55
Referencias bibliográficas	57

Lista de gráficas

	Pág.
<i>Gráfica 1.</i> Comportamiento del Nacimiento entre las semanas 24 a 37.....	24
<i>Gráfica 2.</i> Histograma del Nacimiento de pollitos entre semanas 24 a 37.....	24
<i>Gráfica 3.</i> Nacimiento para cada año entre las semanas 24 a 37.....	25
<i>Gráfica 4.</i> Nacimiento para cada granja entre las semanas 24 a 37.	25
<i>Gráfica 5.</i> Nacimiento para cada zona e incubadora, entre las semanas 24 a 37.	26
<i>Gráfica 6.</i> Gráficas de cumplimiento de los supuestos del Modelo Beta para las semanas 24 a 37.	31
<i>Gráfica 7.</i> Modelo Ajustado para el nacimiento de cada incubadora, comparando los tres años entre las semanas 24 a 37(Líneas: Roja – Floridablanca, Negra – Chimita, Verde – Girón, Azul – Maquilas)	32
<i>Gráfica 8.</i> Modelo Ajustado para el nacimiento de cada Incubadora, con las bandas de confianza, comparando el año 2015, entre las semanas 24 a 37.	33
<i>Gráfica 9.</i> Comportamiento del Nacimiento entre las semanas 38 a 68.	34
<i>Gráfica 10.</i> Histograma del Nacimiento de pollitos entre semanas 38 a 68.....	34
<i>Gráfica 11.</i> Nacimiento para cada año entre las semanas 38 a 68.....	35
<i>Gráfica 12.</i> Nacimiento para cada granja entre las semanas 38 a 68.	36
<i>Gráfica 13.</i> Nacimiento para cada zona e incubadoras, entre las semanas 38 a 68.....	37

<i>Gráfica 14.</i> Gráficas de cumplimiento de los supuestos del Modelo Beta para las semanas 38 a 68.....	43
<i>Gráfica 15.</i> Modelo Ajustado para el nacimiento de cada zona, comparando los tres años en cada incubadora, entre las semanas 38 a 68 (Líneas: Roja – Mesa, Negra – Lebrija, Verde – Piedecuesta, Azul – Los Santos).....	45
<i>Gráfica 16.</i> Modelo Ajustado para el nacimiento de cada zona, con las bandas de confianza, comparando el año 2016 en la incubadora Floridablanca, entre las semanas 38 a 68.....	46

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Modelo Bivariados– SEMANA 24 A 37</i>	27
Tabla 2. <i>Modelo de regresión Beta – SEMANA 24 A 37 (Coeficientes para la media con Logit)</i>	28
Tabla 3. <i>Modelo Bivariados– SEMANA 38 A 68</i>	38
Tabla 4. <i>Modelo de regresión Beta – SEMANA 38 A 68 (Coeficientes para la media con Logit)</i>	39
Tabla 5. <i>Modelo de regresión Beta – SEMANA 38 A 68 (Coeficientes para precisión Log -Phi)</i>	39

Resumen

Título: Comparación del nacimiento de pollitos entre los diferentes lotes de reproductoras de una empresa santandereana entre octubre de 2015 y diciembre de 2017, utilizando un modelo lineal generalizado.*

Autor: Camilo Andrés Medina Santos**

Palabras clave: gallina reproductora, nacimiento, incubación, regresión beta.

Descripción

El análisis desarrollado en el presente documento, pretende ser una herramienta más en la continua búsqueda de optimizar los recursos en el manejo de reproductoras y busca aportar al conocimiento de las condiciones de reproducción e incubación de pollo de engorde en Colombia. Además, la literatura que se encuentra a nivel nacional con respecto a modelos estadísticos utilizados en análisis de datos reales de la industria es limitada.

En el campo de las reproductoras pesadas se cuenta con un gran número de variables para analizar, pero algo que recoge todo el trabajo desde las etapas de cría, levante y producción, es el nacimiento de pollo de engorde, pues es en este parámetro donde se obtiene la materia prima que impulsa toda una industria.

Se compararon varios modelos lineales generalizados (MGL) con el caso particular de la distribución beta, incluyendo las variables: zona, incubadora, edad en semanas y año de producción, para describir el comportamiento del nacimiento, durante dos intervalos de vida de las reproductoras; el primero desde la semana 24 a 37 y el segundo entre la semana 38 a 68 en una empresa ubicada en el departamento de Santander.

Se observó que el modelo que mejor se adaptó a los datos fue el $y_{ijkl} = x^T \cdot \beta + \varepsilon$, donde i =Plantas Incubadoras, j =Zona, k = Año y l = Edad En semanas.

El modelo definitivo para la semana 24 a 37 mostró resultados estadísticamente significativos para las variables año, edad e incubadora, y obtuvo un $\text{pseudoR}^2=0,51$ y $\text{AIC}=-2656,14$, y para el modelo de la semana 38 a 68 las variables que permanecieron fueron zona, año, edad e incubadora y se obtuvo $\text{pseudoR}^2=0,68$ y $\text{AIC}=-7739,54$), además cumplieron con los supuestos para la regresión beta.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Matemáticas. Especialista en Estadística. Director: Germán Moreno Arenas, Doctor en Estadística

Abstract

Title: Comparison of the birth of chicken between the different lots of breeders of a santanderean enterprise between october 2015 and december 2017, using a generalized linear model*

Author: Camilo Andrés Medina Santos **

Key Words: breeding hen, birth, incubation, beta regression.

Description

The analysis developed in this document aims to be yet another tool in the continuous search to optimize the resources in the management of breeders and seeks to contribute to the knowledge of the conditions of reproduction and incubation of broiler chicken in Colombia. In addition, the literature that is found at national level dealing with statistical models used in real data analysis of the industry is limited.

In the field of heavy breeders there are many variables to analyze, but something that includes all the work from the stages of breeding, raising and production, is the birth of broiler chicken, it is in this parameter where the raw material that drives an entire industry is obtained.

Several generalized linear models (LGM) were compared with the particular case of the beta distribution, including the variables: zone, incubator, age in weeks and year of production, to describe the behavior of the birth, during two intervals of life of the breeders; the first from week 24 to 37 and the second between week 38 to 68 in a company located in the department of Santander.

It was observed that the model that best adapted to the data was the $y_{ijkl} = x^T \cdot \beta + \varepsilon$, where i = Incubator Plants, j = Zone, k = Year and l = Age In weeks.

The final model for week 24 to 37 showed statistically significant results for the variables year, age and incubator, and obtained a pseudoR2 = 0.51 and AIC = -2656.14, and for the model of week 38 to 68 the variables which remained were zone, year, age and incubator and obtained pseudoR2 = 0.68 and AIC = -7739.54), also met the assumptions for beta regression.

* Degree work

** Science Faculty. School of Mathematics Statistics Specialist Director: Germán Moreno Arenas, Doctor in Statistics

Introducción

La industria avícola usa múltiples parámetros para evaluar los resultados de los procesos relacionados con la producción de pollo de engorde buscando optimizar los costos de producción y obtener la mayor eficiencia (Cobb, 2013). En el campo de las reproductoras pesadas se cuenta con un gran número de variables para analizar, pero algo que recoge todo el trabajo, desde las etapas de cría, levante y producción, es el nacimiento de pollo de engorde, pues es en este parámetro donde se obtiene la materia prima que impulsa toda la industria avícola.

El objeto de este trabajo es analizar el nacimiento, el cual mide el número de pollitos de primera calidad producidos, expresado como un porcentaje de todos los huevos incubados; esto es normalmente llamado incubabilidad, que es el principal parámetro usado en incubación. (Cobb, 2013)

La incubabilidad está inversamente afectada por otros dos parámetros importantes: la infertilidad y la mortalidad, que tienen un impacto económico importante en la industria avícola. Ambos parámetros serán el tema de interés de los siguientes contenidos, dado que ambos aspectos son responsables del resultado en nacimiento: una correcta cría de los lotes de producción de huevo incubable y un adecuado manejo de las incubadoras. En cada una de estas dos áreas existen diferentes factores que contribuyen a la supervivencia y nacimiento de los embriones, de los cuales algunos son cruciales mientras que otros tienen un papel menos relevante sobre el resultado final. (Landauer, 1967)

La fertilidad hace referencia a la capacidad del espermatozoide y el óvulo para dar lugar a un huevo embrionado. La fertilidad se puede determinar desde el segundo día después de fertilizado

el huevo y durante la incubación, después de iniciado el desarrollo embrionario y se calcula a partir del porcentaje de huevos fértiles sobre el total de huevos incubados. Por otro lado, la mortalidad embrionaria determina cuantos embriones detuvieron su desarrollo durante cualquier momento en los 21 días de incubación y está dada por el porcentaje de los embriones muertos sobre el total de huevos fértiles. (Tullett, 2009)

El huevo recién puesto contiene la mayoría de los materiales necesarios para el desarrollo y crecimiento del embrión, excepto el oxígeno (O_2) y el calor, necesarios para el proceso. Los poros microscópicos en la cáscara permiten que el O_2 se difunda del ambiente al embrión, y el vapor de agua y el dióxido de carbono (CO_2) sean eliminados. El calor es proporcionado por el ave adulta, que además controla el microclima del huevo en condiciones naturales; o por la máquina incubadora, que en la industria avícola actual sustituye el papel de la madre. (Mueller, Burggren, & Tazawa, 2015, págs. 739-766)

La incubación abarca el periodo prenatal, previo al picoteo interno, en el cual el pico atraviesa la membrana corioalantoidea y las membranas de la cáscara en la cámara de aire; y el periodo perinatal, cuando el embrión fractura la cáscara (picoteo externo) y eclosiona (Mueller, 2015). Estas dos etapas se desarrollan en dos tipos de máquina: el periodo inicial, aproximadamente los primeros 18 días, se lleva a cabo en la incubadora, y los últimos 3 o 4 días, los embriones se trasladan a la bandeja de nacimientos (Van de Ven, Baller, Van Wagenberg, Kemp, & Van Den Brand, 2011) en la cual se produce la eclosión.

El nacimiento está influenciado por factores externos a los que se dan en la planta incubadora y son anteriores a la formación del huevo; Estas variables se presentan en la granja incubadora y pueden estar influenciados por la zona (tanto geográfica, como el manejo, pues cada zona está en cabeza de un veterinario), que es lo que se pretende determinar en este trabajo.

Dado que se cuenta con diferentes factores que afectan el desempeño del nacimiento, la inclusión de un modelo lineal generalizado ayudará a determinar la importancia de cada variable, primero, definiendo cual es determinante del proceso y cual no y segundo determinando los niveles dentro de las mismas.

1. Justificación

El objeto de este trabajo es analizar el nacimiento de los lotes de la compañía durante un periodo de 2 años (desde octubre de 2015 hasta diciembre de 2017), teniendo datos semanales durante este intervalo, considerando la zona, el año, la edad y la incubadora como variables explicativas, con el objetivo de permitir describir y estimar el comportamiento del nacimiento, que genere una herramienta eficaz, en la búsqueda de optimizar recursos, tanto humanos como monetarios.

Es común para las empresas avícolas no contar con herramientas potentes que permitan describir cómo se comportan los nacimientos durante diferentes periodos del año. El nacimiento es una variable que puede determinar el resultado del trabajo realizado en granjas de reproductoras, llegando a ser un índice vital para poder calificar el manejo ejecutado por diferentes profesionales. El ejercicio académico que se plantea con este trabajo busca aportar al conocimiento de las condiciones de reproducción e incubación, a nivel de pollo de engorde en Colombia. Además, la literatura que se encuentra a nivel nacional es limitada.

El principal método usado en diferentes estudios relacionados con reproductoras pesadas en trabajos de investigación, es el diseño experimental controlado, por lo cual se excluyen condiciones reales de la industria, y hace interesante realizar un diseño observacional (datos de campo), en el cual se pueda determinar cómo influyen los múltiples factores sobre el parámetro de nacimiento en situaciones prácticas.

Es necesario tener en cuenta que la avicultura ocupa un lugar importante en la economía colombiana, y especialmente en el departamento de Santander, razón por la cual adoptar medidas que disminuyan los resultados negativos en el nacimiento contribuye a disminuir los costos de

producción y a hacer el proceso más eficiente al maximizar las probabilidades de obtener mayor número de pollos de excelente calidad.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Evaluar los factores que influyen en el desempeño del nacimiento de pollo de engorde de una empresa santandereana durante el 2015 al 2017 utilizando un modelo lineal generalizado.

2.2 Objetivos específicos

- Describir características técnicas y productivas de los lotes de reproductoras de la empresa.
- Determinar factores de zona, año, edad de la reproductora e incubadora que modifiquen el nacimiento de pollo de engorde.

3. Metodología

3.1 Descripción de la muestra

La información que se utilizó en este trabajo corresponde a los datos de nacimiento semanal por lote de reproductoras en cuatro incubadoras de una compañía santandereana desde octubre de 2015 hasta diciembre de 2017, se incluyeron reproductoras alojadas en 15 granjas en los municipios de Lebrija, Girón, Piedecuesta y Los Santos.

3.2 Etapas del análisis

3.2.1 Selección de las variables. La base de datos cuenta con gran número de variables, sin embargo, se seleccionaron las que describieron mejor la solución al problema planteado: conseguir identificar que incubadora y zona poseen mejor desempeño. Las variables escogidas son las siguientes:

- Nombre de la planta incubadora.
- Nombre de la zona.
- Porcentaje de nacimiento.
- Edad de la reproductora.
- Año de incubación.

3.3 Ejecución del Modelo Lineal Generalizado

El modelo lineal surge por la necesidad de expresar en forma cuantitativa relaciones entre un conjunto de variables, en la que una de ellas se denomina variable respuesta o variable dependiente y las restantes son llamadas covariables, variables explicativas, o variables independientes. (López, 2011)

El modelo lineal generalizado es una extensión de los modelos lineales, que fueron propuestos por Nelder y Wedderburn (1972). Esta familia unifica tanto los modelos con variables respuestas numéricas como categóricas, lo cual lleva a considerar otras distribuciones tales como la binomial, poisson, hipergeométrica, etc. además de la normal.

Por el planteamiento de la problemática, el análisis por modelo lineal generalizado es una buena herramienta dado que el nacimiento está influenciado por factores como la incubadora de origen, la granja y el lote, es decir puede contener efectos fijos y efectos aleatorios que, según la observación de los datos, no seguirían una distribución normal. Si se utiliza algún método de regresión tradicional, es probable que se estime erróneamente, ignorando el hecho de que las aves y por ende los huevos provienen de diferentes ubicaciones (zonas) y se incuban en diferentes plantas, se ignore la estructura de los datos o se ignore el dato individual en el resultado global. En la práctica de investigación en varias áreas, en este caso de tipo biológico o epidemiológico, es muy común que la estructura de los individuos (en este caso las aves reproductoras) esté organizada en forma jerárquica, típicamente estas estructuras son naturales.

Distribución Beta

La distribución beta es una familia de distribuciones de probabilidad continuas definidas en el intervalo $[0, 1]$ delimitada por dos parámetros, denotados α y β , que controlan la distribución de la variable aleatoria. (Real, 2015)

La distribución beta es usada para modelar el comportamiento de variables aleatorias limitadas por intervalos de longitud finita. En particular, es una distribución adecuada para porcentajes y proporciones. En el caso que se desarrollará en el trabajo final, la distribución Beta podría modelar de forma correcta los datos, dado que el nacimiento está expresado en porcentaje.

Modelos Lineales Generalizados

Como se mencionó anteriormente, Nelder y Wedderburn estudiaron los modelos lineales generalizados extendiendo la teoría de modelos lineales, incorporando de esta manera la posibilidad de modelar variables respuestas continuas o categóricas con distribuciones del error no necesariamente homocedásticas. Los modelos log lineales, Logit, Probit, Logístico y de regresión lineal son algunos modelos que forman parte de esta familia. (López, 2011)

Los componentes de los modelos lineales generalizados:

a) Componente Aleatorio: Formado por el vector aleatorio observable $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)'$ tal que sus elementos son independientes e idénticamente distribuidos con función de distribución perteneciente a la familia exponencial uniparamétrica,

$$h(y, \varphi) = \exp[p(\varphi)y - q(\varphi) + g(y)]$$

donde $p(\cdot)$, $q(\cdot)$, y $g(\cdot)$ son funciones conocidas.

b) Componente Sistemático: Al igual que en el modelo lineal está dado por el predictor lineal.

$$\eta_{nx} = X_{nx} \beta_{kx1}$$

c) Función de Enlace: La función enlace ($g(\mu)$), relaciona el predictor lineal η , con el valor esperado de la variable respuesta, $E(Y/X) = \mu$, a través de la función:

$$g(\mu) = X\beta$$

Es decir:

$$g(\mu) = \eta$$

Donde $g(\mu)$ es una función conocida, monótona y diferenciable de η , así $\mu_i = g^{-1}(\eta_i)$, $i=1, \dots, n$.

En el caso particular del modelo lineal, μ y η pueden asumir cualquier valor en la recta real, y la función de enlace es la identidad ($\eta = \mu$); en cambio, para la distribución de poisson, dado que $\mu > 0$, una función de enlace adecuada es la función logarítmica ($\eta = \ln(\mu)$). Por otro lado, para la binomial, como existe la restricción de que el dominio de la función enlace está en el intervalo (0,1), una función adecuada es la llamada función Logit $\eta = \ln(\mu/(1-\mu))$. (Gonzales, 2001)

Modelo de Regresión Beta

Este modelo de regresión tiene por objetivo modelar y analizar la relación de una variable objetivo con otras variables explicativas a través de un conjunto de datos observados. En particular, el modelo de regresión lineal se usa con frecuencia, sin embargo no es apropiado para situaciones en la que la variable respuesta está restringida al intervalo (0,1). Una posible solución es transformar la variable dependiente para que tome valores en la recta real, y entonces modelar la media de la variable respuesta transformada. Esta aproximación tiene algunos inconvenientes como el hecho de que los parámetros del modelo no pueden ser fácilmente interpretados en términos de la variable original. El objetivo es proponer un modelo de regresión apto para situaciones donde la variable dependiente y es continua en el intervalo unidad, es decir, $0 < y < 1$.

Hipótesis distribucional

El modelo se basa en asumir que la variable objetivo y sigue la distribución beta, la cual es apropiada para modelar proporciones. Tomamos una nueva parametrización. Sea $\mu = \alpha / (\alpha + \beta)$ y $\varphi = \alpha + \beta$ se tiene que $\alpha = \mu\varphi$ y $\beta = (1 - \mu)\varphi$. En consecuencia, la esperanza y la varianza de la variable objetivo se pueden escribir en función de estos nuevos parámetros de la siguiente forma:

$$\mu(1-\mu) / (1+\varphi)$$

donde μ es la media de la variable respuesta y φ puede ser interpretado como el parámetro de precisión, en el sentido de, fijado μ , a mayor valor de φ , menor es la varianza de la variable. La función de densidad puede ser escrita con la nueva parametrización como:

$$f(y, \mu, \varphi) = \frac{\Gamma(\varphi)}{\Gamma(\mu\varphi)\Gamma((1-\mu)\varphi)} y^{\mu\varphi-1} (1-y)^{(1-\mu)\varphi-1}, 0 < y, < 1$$

donde $0 < \mu < 1$ y $\varphi > 0$. El modelo propuesto es también útil para situaciones donde la variable respuesta se restringe a intervalos genéricos (a, b) , donde a y b son escalares $a < b$. En este caso se modela con $\frac{y-a}{b-a}$ en vez de modelar con y directamente.

Hipótesis estructural

Sean y_1, \dots, y_n variables aleatorias independientes, donde para cada $y_t, t = 1, \dots, n$, se asume la hipótesis distribucional anterior con media μ_t y parámetro de precisión φ desconocido. El modelo se obtiene asumiendo que la media de cada y_t, μ_t , es vinculado al predictor lineal, η_t , como sigue:

$$g(\mu_t) = \sum_{i=1}^k x_{ti} \beta_i = x_t^T \beta = \eta_t$$

donde $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_k)^T$ es un vector desconocido de parámetros de regresión ($\beta \in R$) y (x_{t1}, \dots, x_{tk}) es un vector de k componentes ($k < n$). Finalmente, $g : (0, 1) \rightarrow R$ es una función vínculo estrictamente creciente y dos veces diferenciable. La varianza de y_t es una función de μ_t y, en consecuencia, de los valores covariantes x_t . Por tanto, la varianza de la variable respuesta puede ser incorporada al modelo.

Algunas posibles elecciones para la función vínculo $g(\cdot)$ son:

Función logit: $g(\mu) = \log \left\{ \frac{\mu}{1-\mu} \right\}$

Función probit: $g(\mu) = \varphi^{-1}(\mu)$, donde $\varphi(\cdot)$ es la función de distribución de una variable aleatoria normal estándar.

Función log-log: $g(\mu) = -\log\{-\log(1-\mu)\}$

Función log-log complementaria: $g(\mu) = \log\{-\log(1-\mu)\}$

Como se acabó de presentar, los MLG (regresión beta) permiten modelar variables respuestas continuas y categóricas. Al igual que en el caso continuo, los modelos con respuesta categórica consideran la posibilidad de modelar más de una variable respuesta; sin embargo, en el presente estudio se referirá solo a un modelo con una variable respuesta, claro está, que la metodología presentada puede ser extendida para dos o más variables. (Real, 2015).

Dado que se considera el modelo lineal generalizado, a continuación, se presenta el modelo que seguirían los datos del trabajo final:

$$\log\left(\frac{y_{ijkl}}{1-y_{ijkl}}\right) = x^T \cdot \beta + \varepsilon$$

$i = 1$ (Chimita), 2 (Floridablanca), 3 (Girón), 4 (Maquilas) - Plantas Incubadoras.

$j = 1$ (Lebrija), 2 (Mesa), 3 (Piedecuesta), 4 (Santos) - Zona.

$k = 2015, 2016, 2017$ – Año.

$l = 24, \dots, 68$ – Edad En semanas.

Se sintetizo la información del nacimiento de pollitos por cada zona y granja, dividiendo en dos grupos de edad (por semana de vida) y su comportamiento en cada incubadora, desde octubre de 2015 hasta noviembre de 2017. Esta situación se presenta por la distribución de los datos, que

hasta la semana 37 tienen una tendencia creciente de los nacimientos y luego de esta, decrecen; en el manejo de la gallina reproductora esta es la situación normal que se espera, teniendo presente que, aunque es una guía, para que un lote sea clasificado como competitivo, debe encontrarse por encima de dicho estándar (Guía manejo Reproductoras Ross 308 AP, 2017).

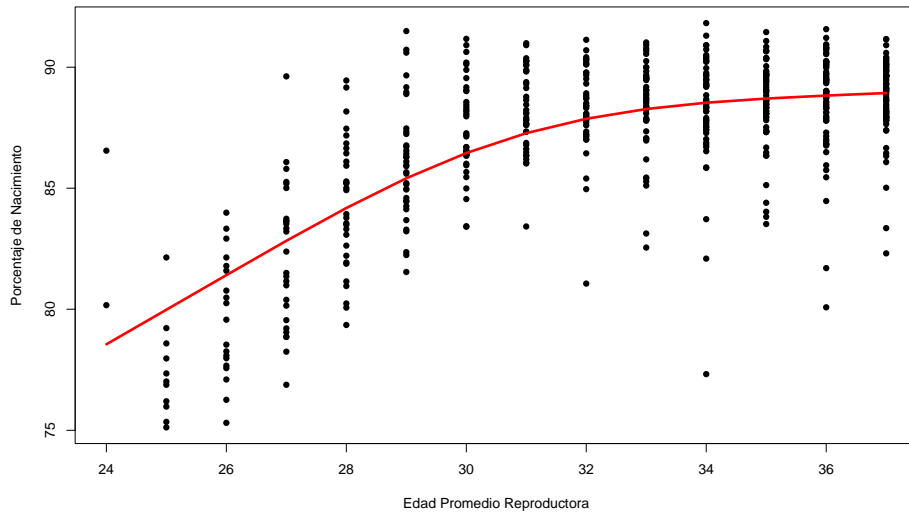
Este trabajo conto con una síntesis de la información, donde se obtuvieron datos que permiten dilucidar cómo se comporta el nacimiento en situaciones reales y guiar con objetividad para conseguir resultados exitosos, uniformes y permanentes, permitiendo conocer las variables que se deben intervenir para alcanzar los objetivos planteados.

4. Resultados y Discusión

4.1 Resultados

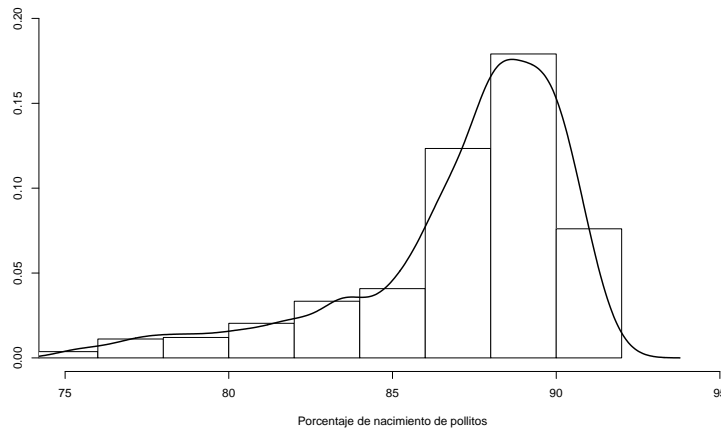
4.1.1 Semanas 24 a 37. Se recolectaron datos de 539 grupos de huevos incubados.

4.1.1.1 Análisis exploratorio. La gráfica 1 muestra el comportamiento ascendente del nacimiento desde que las gallinas inician la postura de huevos hasta que alcanzan el pico de producción, aproximadamente en la semana 37.



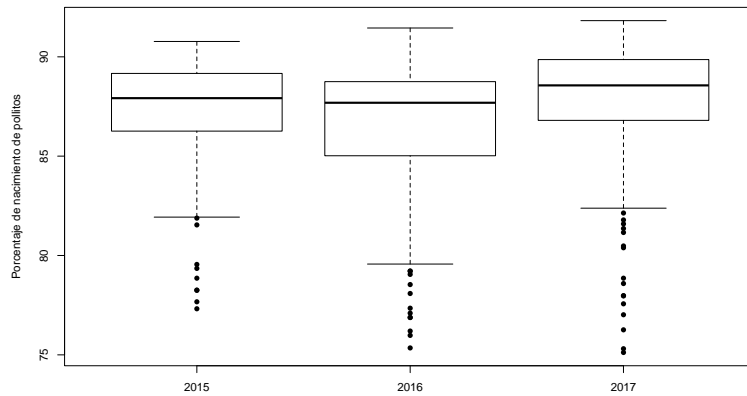
Gráfica 1. Comportamiento del Nacimiento entre las semanas 24 a 37.

Como se observa en la gráfica 2, los datos no siguen una distribución normal y existe un sesgo a la izquierda, además, el rango del nacimiento se encuentra entre 0 y 1 (proporción).

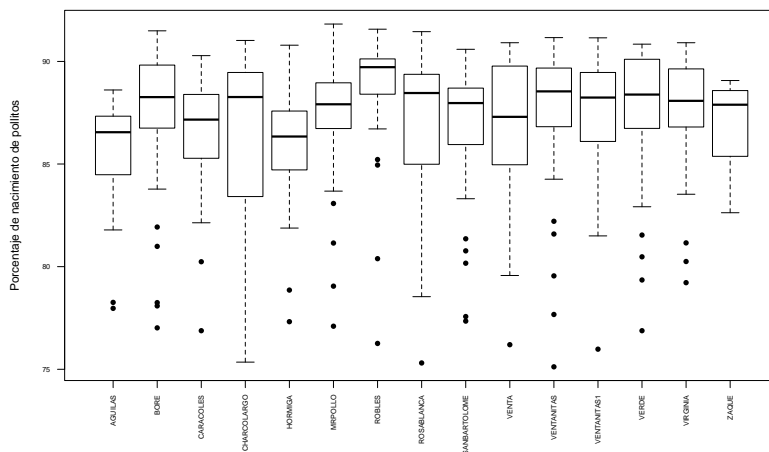


Gráfica 2. Histograma del Nacimiento de pollitos entre semanas 24 a 37.

A continuación, se presenta el contraste del nacimiento de acuerdo con las variables de interés. En la gráfica 3 se observa que el mejor desempeño del nacimiento fue en el año 2017 ($p < 0,001$). Con respecto a las granjas (gráfica 4), Robles produjo los huevos con el mejor nacimiento ($p < 0,001$).

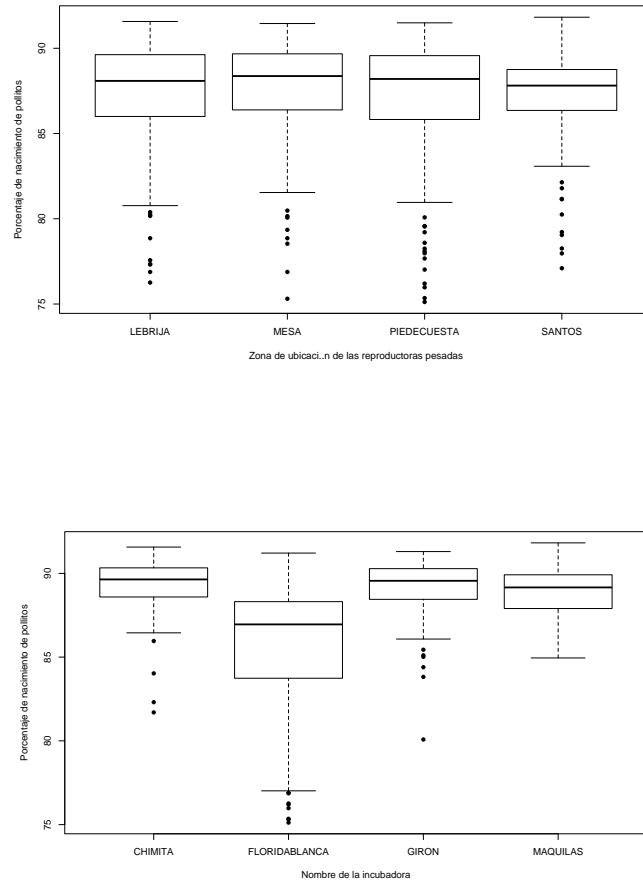


Gráfica 3. Nacimiento para cada año entre las semanas 24 a 37.



Gráfica 4. Nacimiento para cada granja entre las semanas 24 a 37.

En la gráfica 5 se muestra que el peor desempeño es el de la incubadora Floridablanca ($p < 0,001$), mientras que por zona geográfica donde se encuentran alojadas las gallinas no se encontraron diferencias ($p = 0,169$).



Gráfica 5. Nacimiento para cada zona e incubadora, entre las semanas 24 a 37.

Para poder determinar la significancia de las variables que se utilizaran en el modelo final, se plantean modelos bivariados.

Tabla 1.

Modelo Bivariados– SEMANA 24 A 37

Variable	Nac	Valor p*
Zona		0,851
Lebrija	87,05 ^a	
Mesa	87,38 ^a	
Piedecuesta	87,15 ^a	
Los Santos	87,01 ^a	
Incubadora		< 0,001
Chimita	89,17 ^a	
Girón	89,11 ^a	
Maquilas	88,77 ^a	
Floridablanca	85,83 ^b	
Año		< 0,001
2015	86,82 ^a	
2016	86,47 ^a	
2017	87,83 ^b	
Edad	0,65 [†]	< 0,001 [†]

*Valor p del test de Duncan

†Coeficiente y valor p de correlación de Pearson

4.1.1.2 Modelo de Regresión Beta. En la tabla 1 y 2 se presentan los resultados del modelo ajustado para los datos recolectados.

Se excluyeron 6 datos dado que correspondían a nacimientos fuera de lo esperado biológicamente (alejados del nacimiento normal).

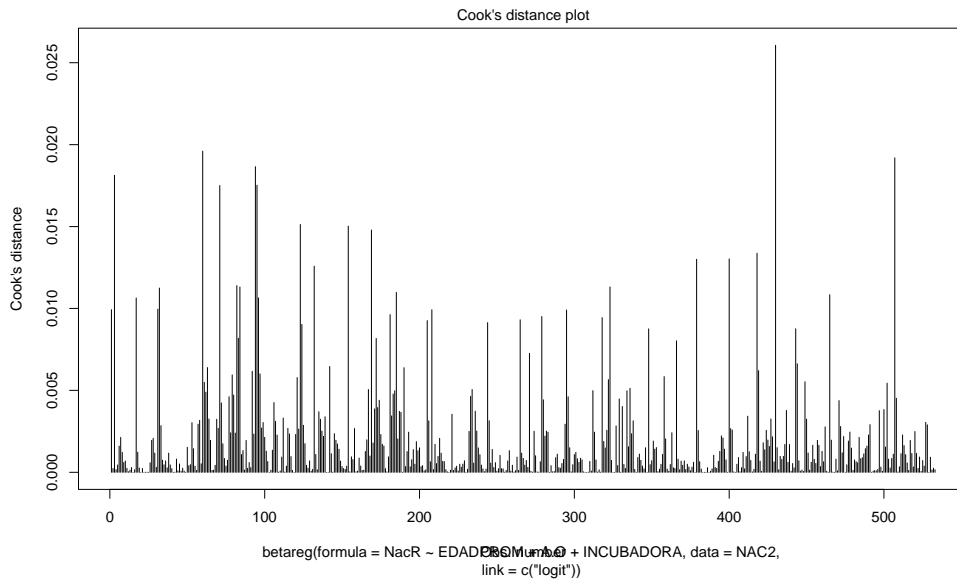
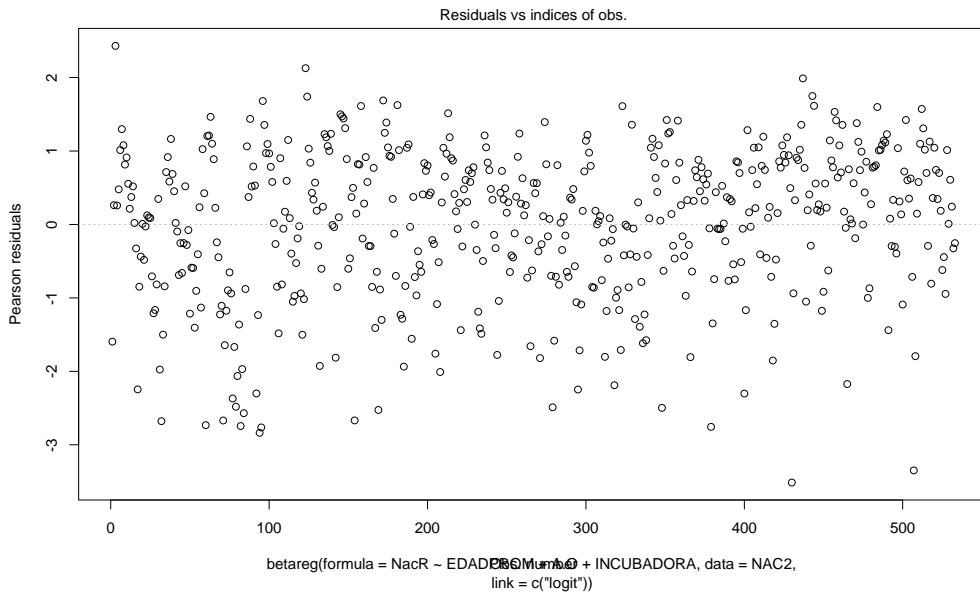
Tabla 2.

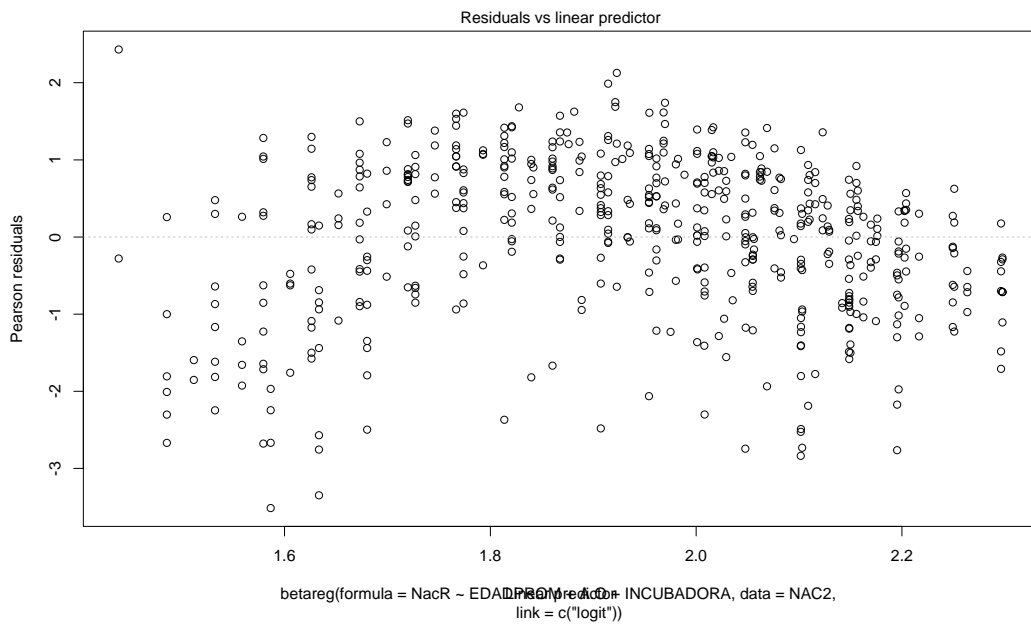
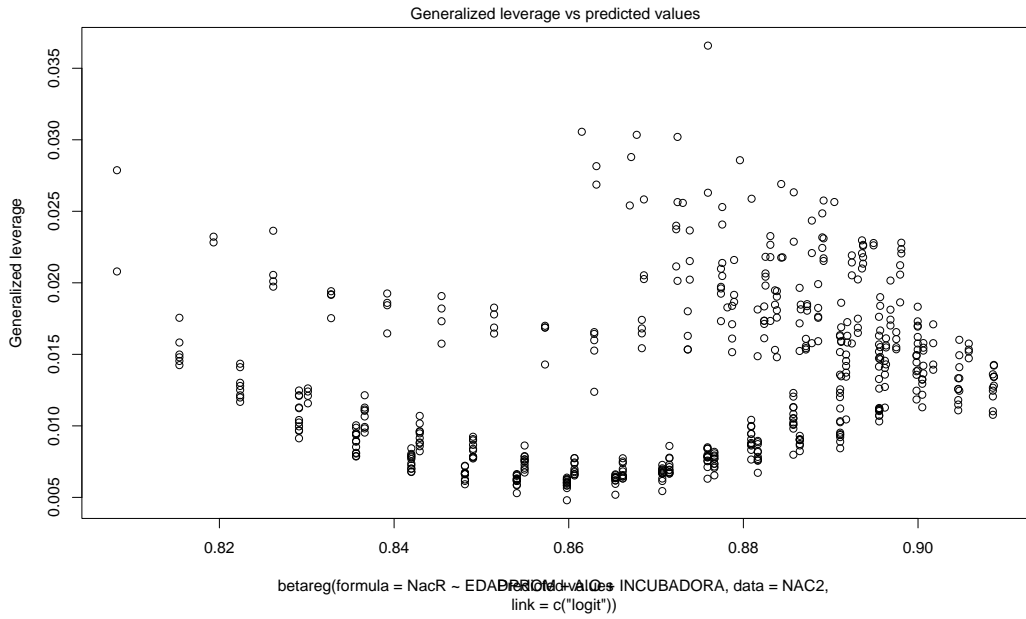
Modelo de regresión Beta – SEMANA 24 A 37 (Coeficientes para la media con Logit)

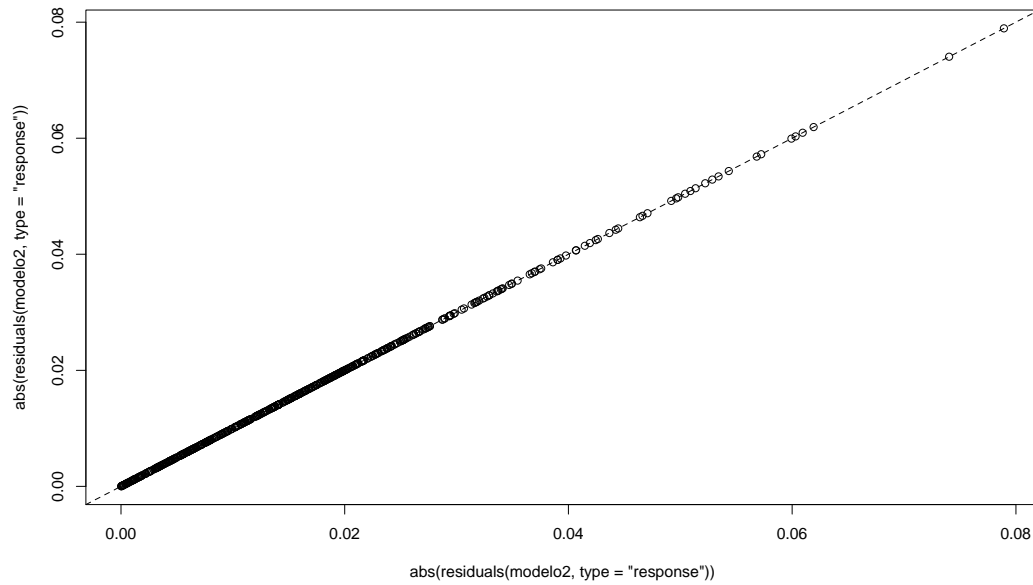
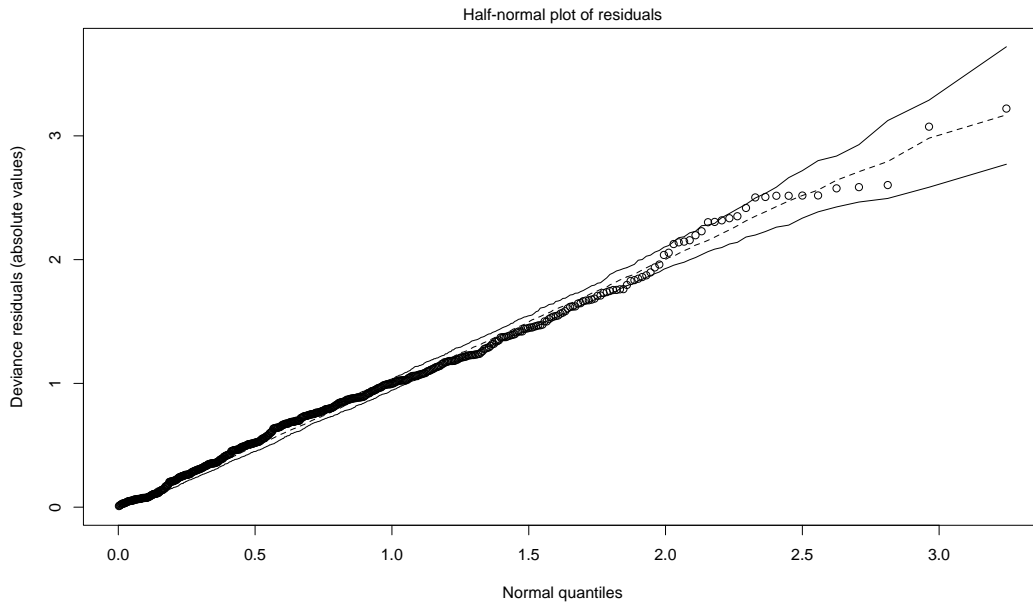
Variable	β	z-valor	p-valor
Edad en semanas	0,046849	19,216	< 0,001
Año			
2015	0,442660	4,900	< 0,001
2016	0,020669	0,880	0,379
2017	0,121597	5,181	< 0,001
Incubadora			
Chimita	0,442660	4,900	< 0,001
Floridablanca	-0,148938	-5,663	<0,001
Girón	-0,001412	-0,046	0,964
Maquilas	-0,034185	-1,039	0,299
Tipo de estimador:	Máxima Verosimilitud	Phi:	278,51
PseudoR ² : 0,5532	AIC:	-2657,903	

Se aplicó la prueba de razón de máxima verosimilitud (Likelihood Ratio test), donde se obtuvo un valor $P < 0,001$, por lo que se concluye que el modelo es el que más se ajusta a los datos.

A continuación, se muestran las gráficas que permiten probar el ajuste adecuado del modelo.

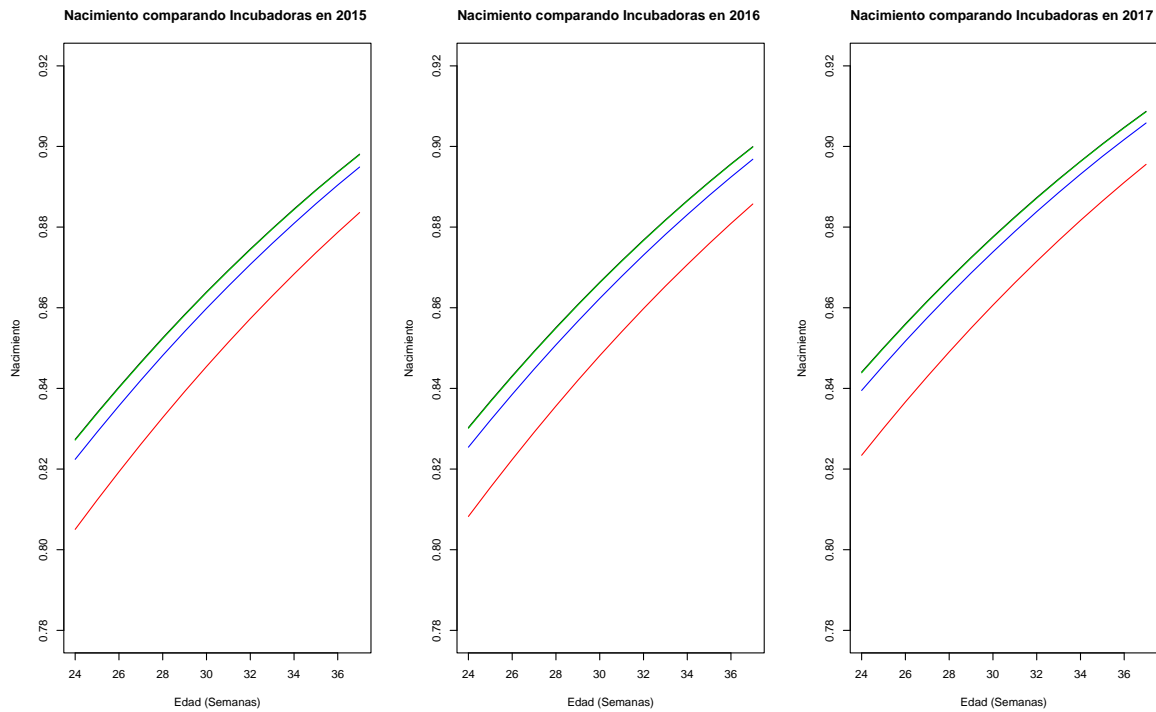




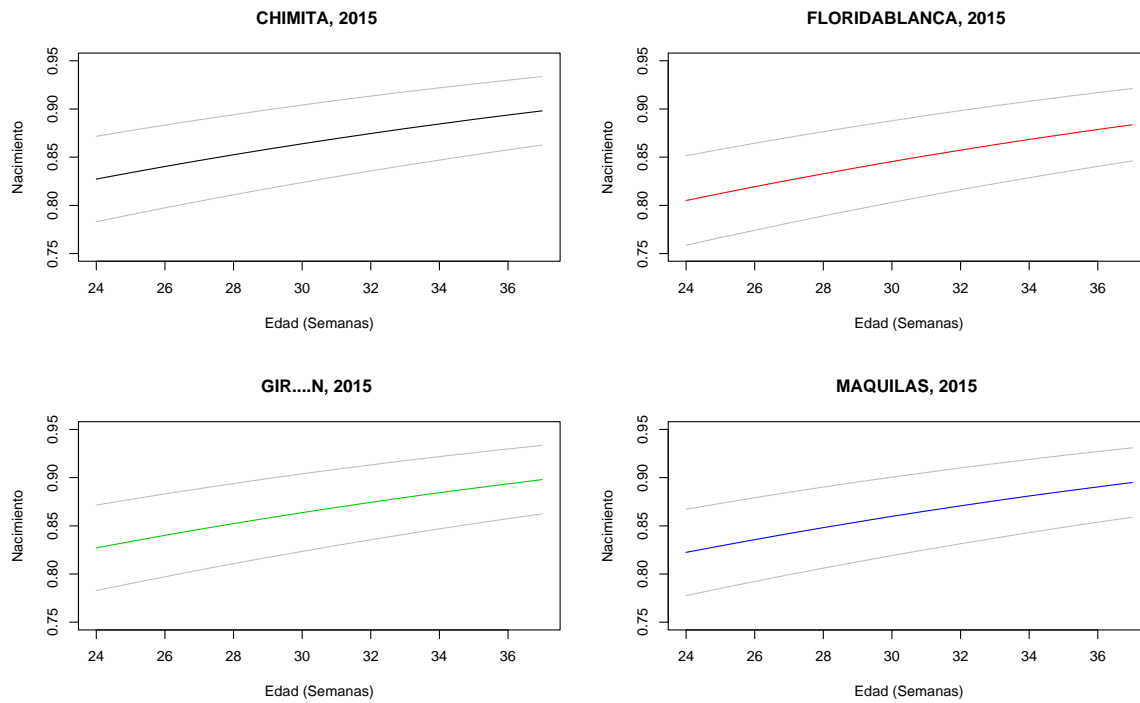


Gráfica 6. Gráficas de cumplimiento de los supuestos del Modelo Beta para las semanas 24 a 37.

4.1.1.3 Modelo Ajustado. En la gráfica 7 se presenta el nacimiento esperado por año, para cada una de las incubadoras.

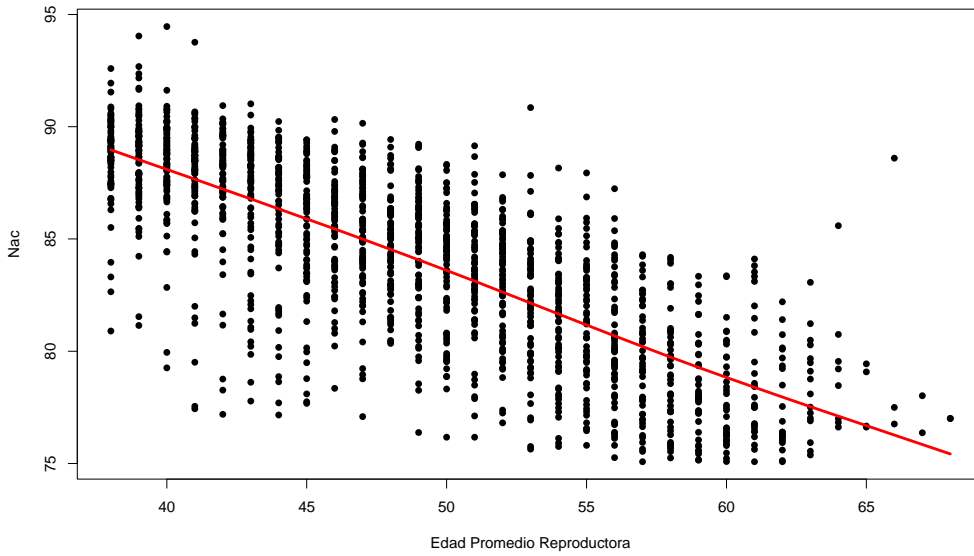


Gráfica 7. Modelo Ajustado para el nacimiento de cada incubadora, comparando los tres años entre las semanas 24 a 37 (Líneas: Roja – Floridablanca, Negra – Chimita, Verde – Girón, Azul – Maquilas)



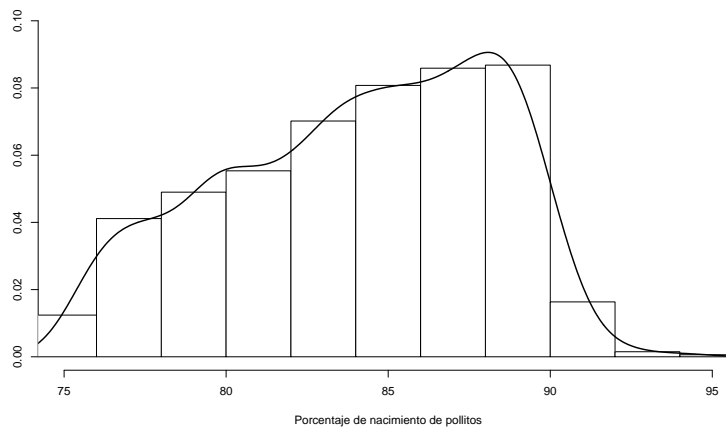
Gráfica 8. Modelo Ajustado para el nacimiento de cada Incubadora, con las bandas de confianza, comparando el año 2015, entre las semanas 24 a 37.

4.1.2 Semanas 38 a 68. Se obtuvieron 1653 datos de nacimientos de grupos de huevos incubados. Aproximadamente a partir de la semana 38 de edad de las reproductoras, el nacimiento comienza a tener un comportamiento decreciente hasta que alcanzan la edad de sacrificio (gráfica 9).



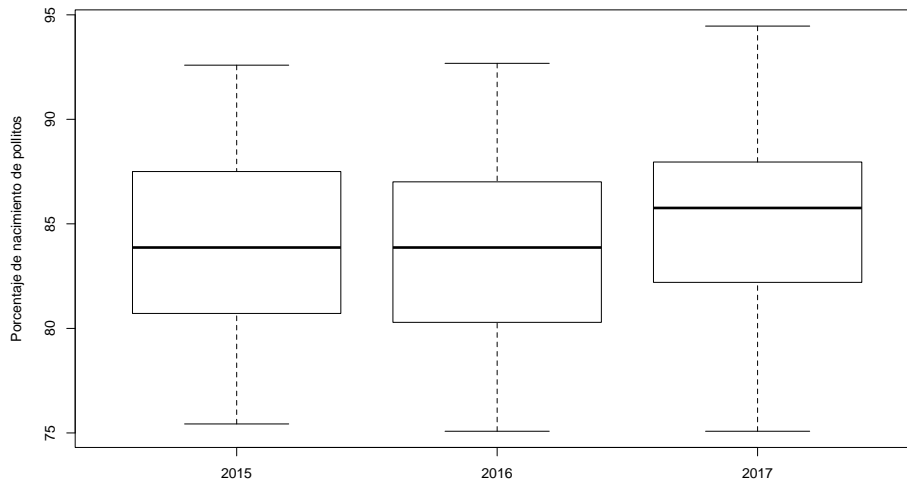
Gráfica 9. Comportamiento del Nacimiento entre las semanas 38 a 68.

4.1.2.1 Análisis exploratorio. La gráfica 10 muestra que los datos no se ajustan a la distribución normal.



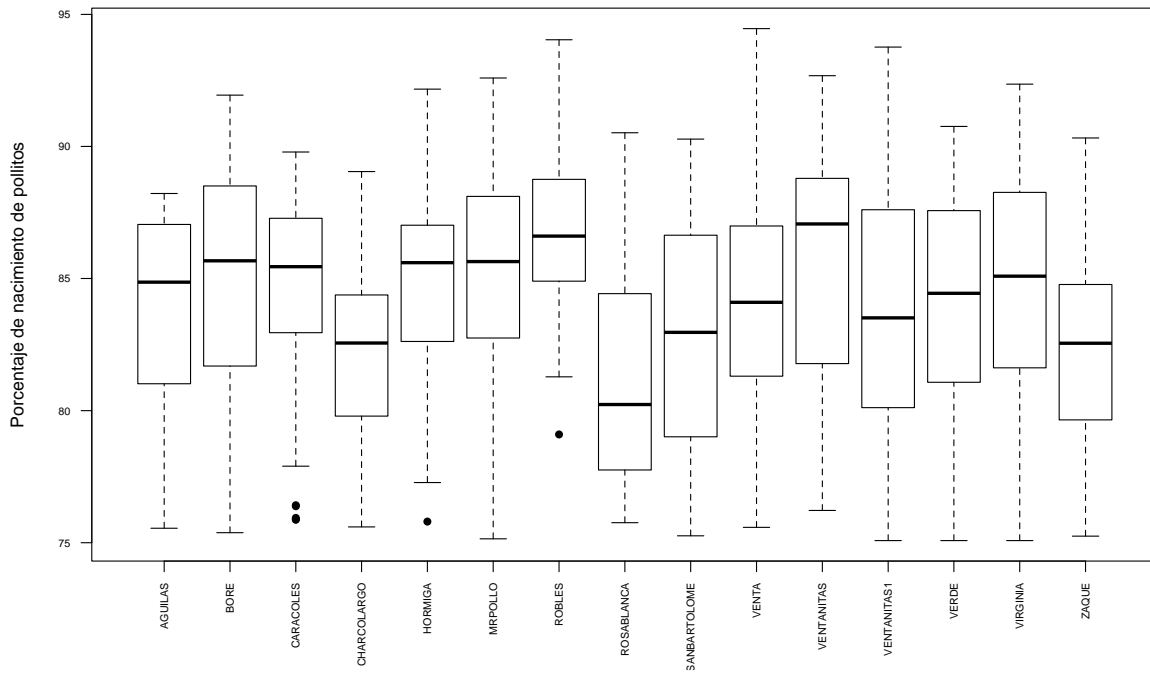
Gráfica 10. Histograma del Nacimiento de pollitos entre semanas 38 a 68.

Con respecto al año, en la gráfica 11 se observa que el año con mejores resultados en nacimiento fue el 2017.



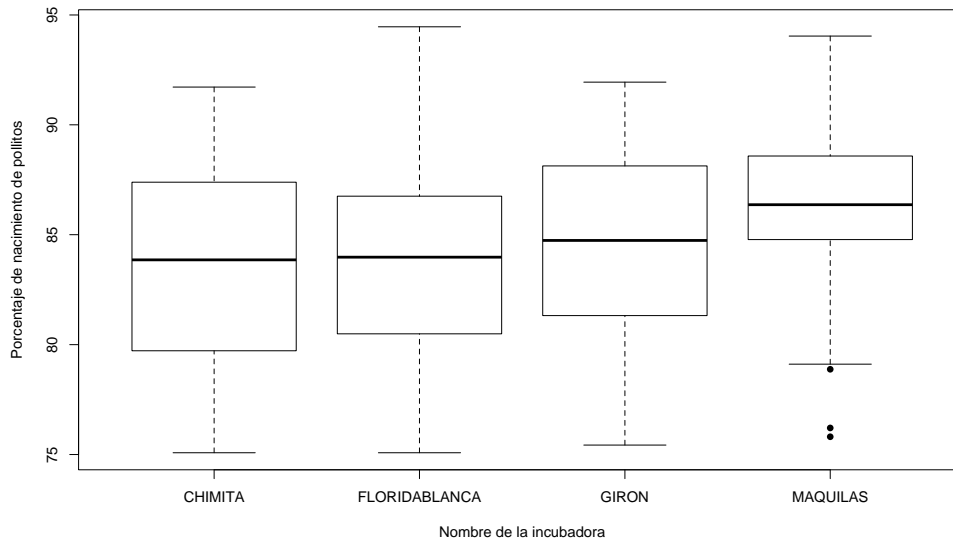
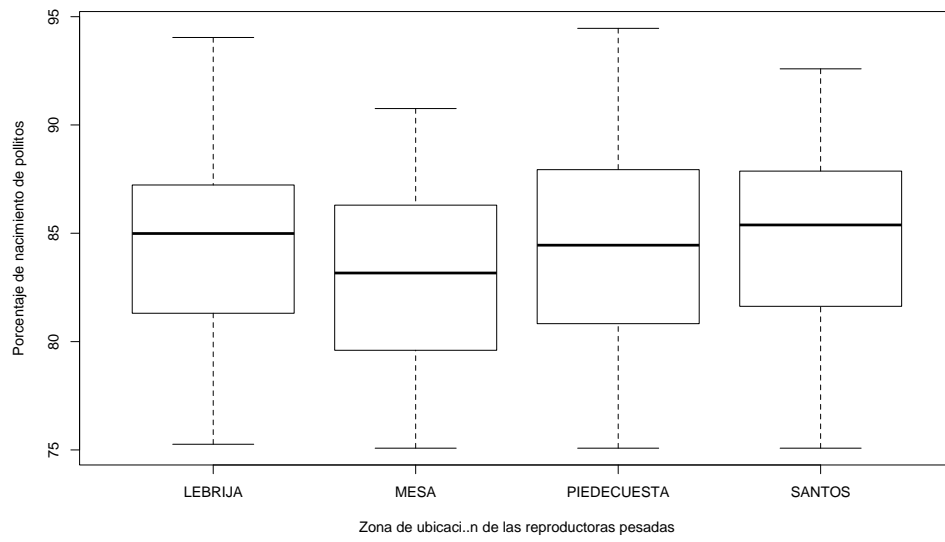
Gráfica 11. Nacimiento para cada año entre las semanas 38 a 68.

En la gráfica 12 se muestra el nacimiento por granjas, según la cual en ventanitas se obtuvieron los mejores nacimientos.



Gráfica 12. Nacimiento para cada granja entre las semanas 38 a 68.

En la gráfica 13 es evidente el desempeño sobresaliente de la incubadora Maquilas ($p < 0,001$), mientras que, por zona, la Mesa obtuvo la peor proporción de pollitos nacidos ($p < 0,001$).



Gráfica 13. Nacimiento para cada zona e incubadoras, entre las semanas 38 a 68.

Tabla 3.

Modelo Bivariados– SEMANA 38 A 68

Variable	Nac	Valor p*
Zona		< 0,001
Lebrija	84,14 ^a	
Mesa	82,99 ^b	
Piedecuesta	84,14 ^a	
Los Santos	84,58 ^a	
Incubadora		< 0,001
Chimita	83,53 ^c	
Girón	84,42 ^b	
Maquilas	86,39 ^a	
Floridablanca	83,47 ^c	
Año		< 0,001
2015	83,81 ^b	
2016	83,57 ^b	
2017	84,86 ^a	
Edad	-0,77 [†]	< 0,001 [†]

*Valor p del test de Duncan

†Coeficiente y valor p de correlación de Pearson

4.1.2.2 Modelo de Regresión Beta. En la tabla 3 y 4 se presentan los resultados del modelo ajustado para los datos recolectados.

Se excluyeron 24 datos dado que correspondían a nacimientos fuera de lo esperado biológicamente (alejados del nacimiento normal).

Tabla 4.

Modelo de regresión Beta – SEMANA 38 A 68 (Coeficientes para la media con Logit)

Variable	β	z-valor	p-valor
Edad en semanas	-0,0369182	-59,283	< 0,001
Año			
2015	3,4252829	100,807	< 0,001
2016	0,0446980	3,906	< 0,001
2017	0,0246022	2,029	0,042
Incubadora			
Chimita	3,4252829	100,807	< 0,001
Floridablanca	-0,0397361	-3,772	<0,001
Girón	0,0788294	7,310	<0,001
Maquilas	0,0599600	3,730	<0,001
Zona			
Lebrija	3,4252829	100,807	< 0,001
Mesa	-0,0833794	-5,606	<0,001
Piedecuesta	0,0335176	2,536	0,002
Los Santos	0,0931746	8,020	<0,001

Tabla 5.

Modelo de regresión Beta – SEMANA 38 A 68 (Coeficientes para precisión Log -Phi)

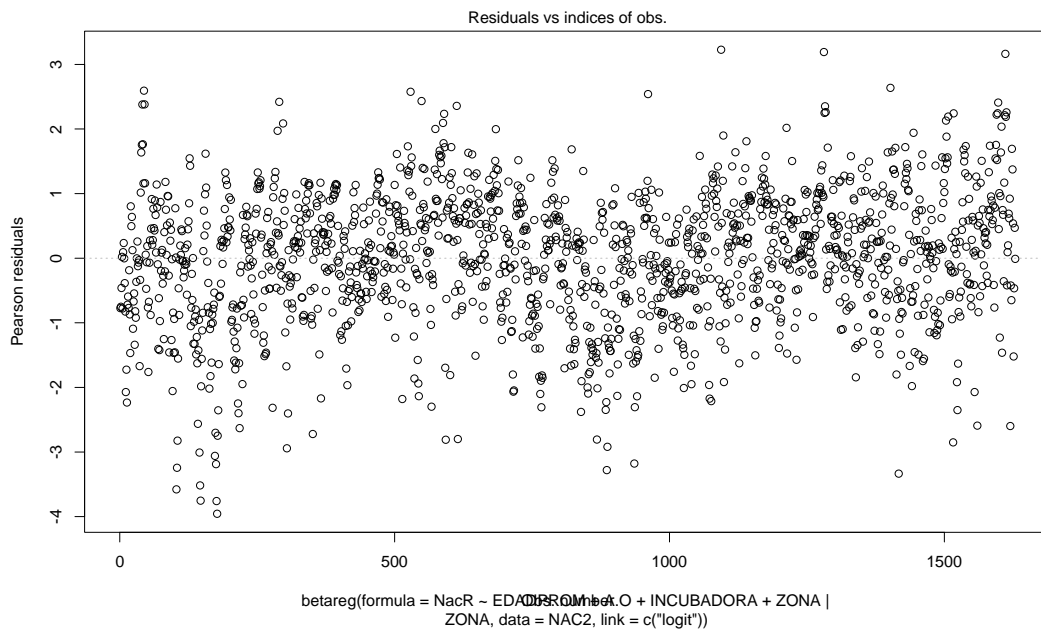
Variable	β	z-valor	p-valor
Zona			
Lebrija	5,8100989	72,617	<0,001
Mesa	-0,6709848	-5,786	<0,001
Piedecuesta	-0,3030372	-3,096	0,001

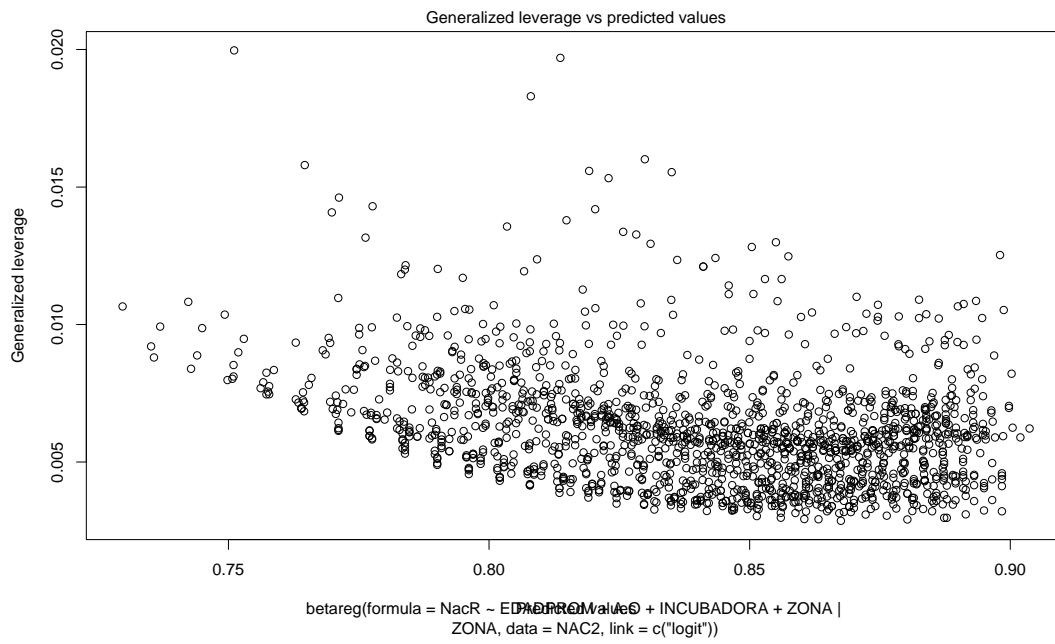
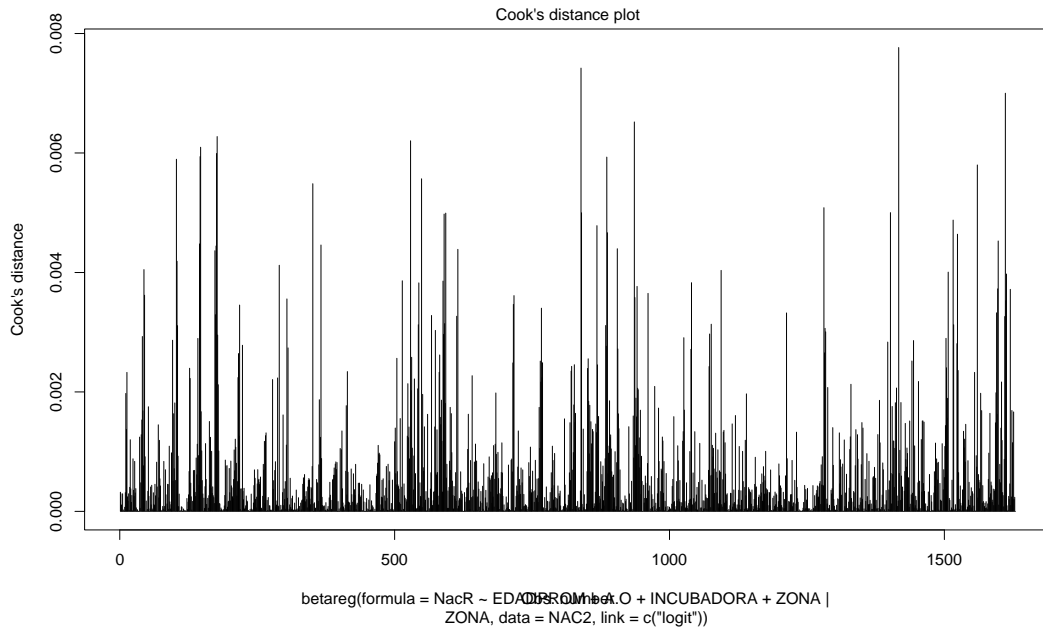
Tabla 5. Continuación

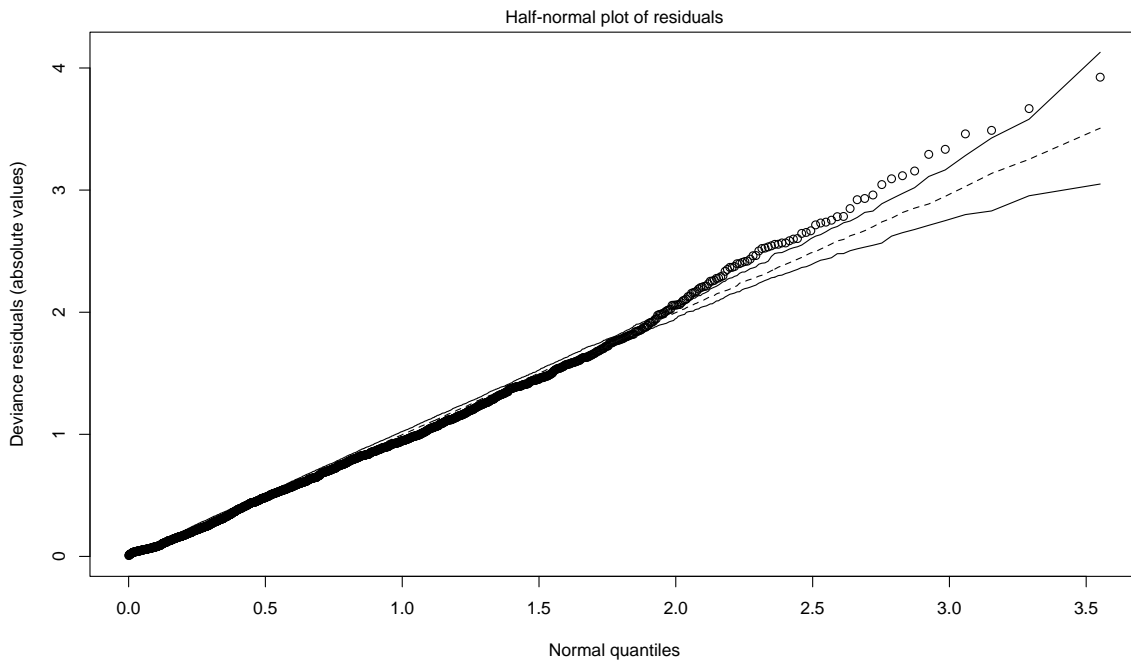
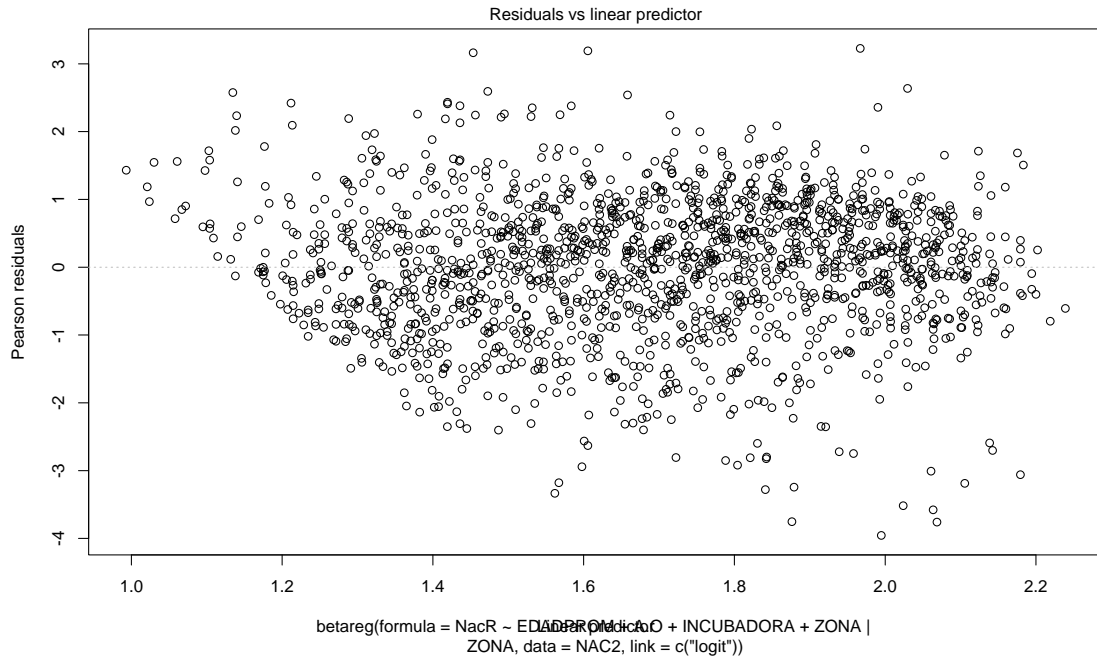
Variable	β	z-valor	p-valor
Zona			
Los Santos	0,0002782	0,468	0,997
Tipo de estimador:		Máxima Verosimilitud	
PseudoR ² : 0,6932	AIC:	-7772,253	

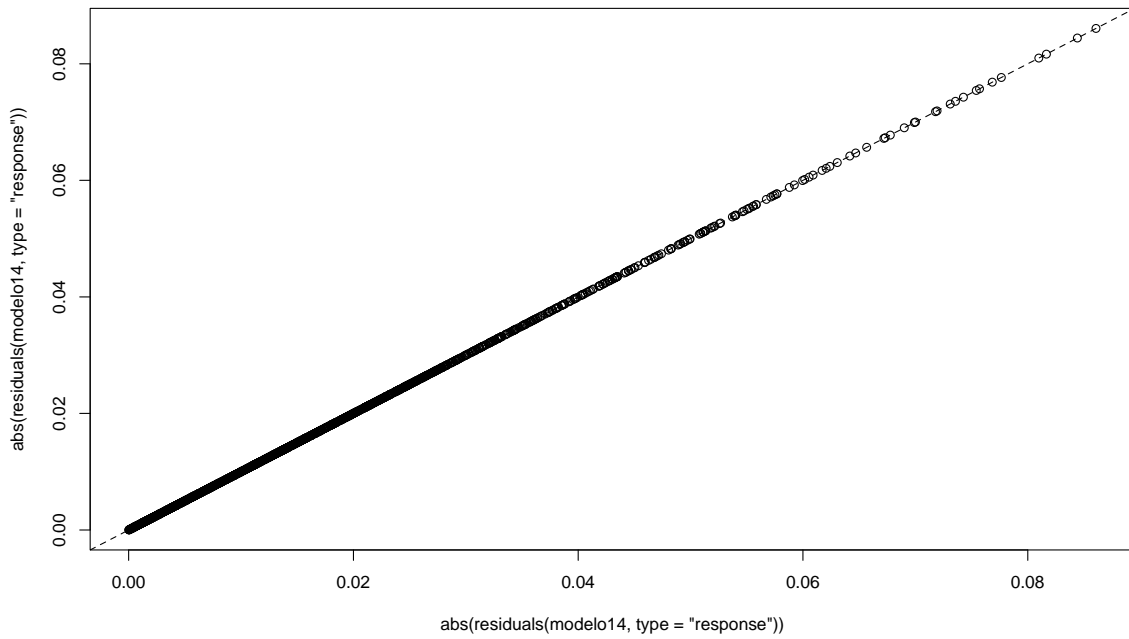
Se aplicó la prueba de razón de máxima verosimilitud (Likelihood Ratio test), donde se obtuvo un valor $P < 0,001$, por lo que se concluye que el modelo es el que más se ajusta a los datos.

A continuación, se muestran las gráficas que permiten probar el ajuste adecuado del modelo.



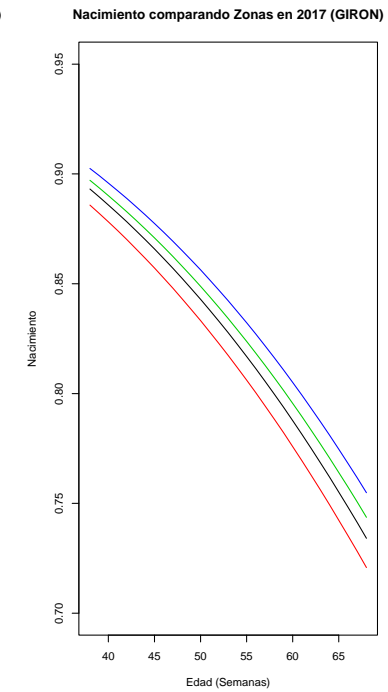
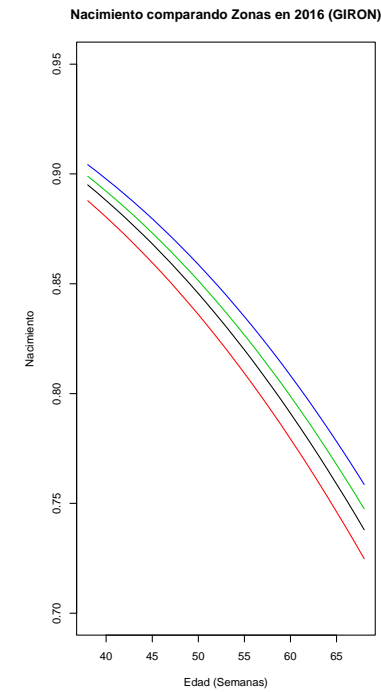
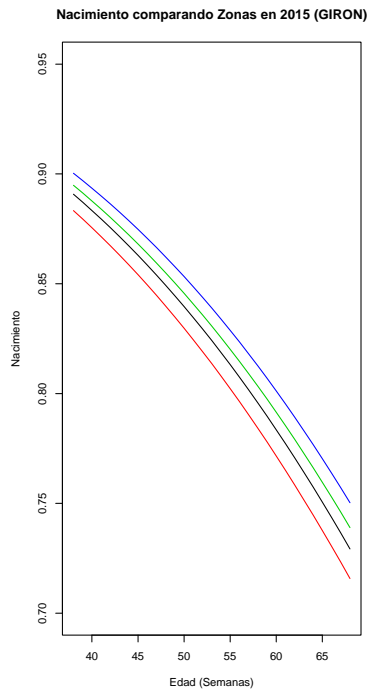
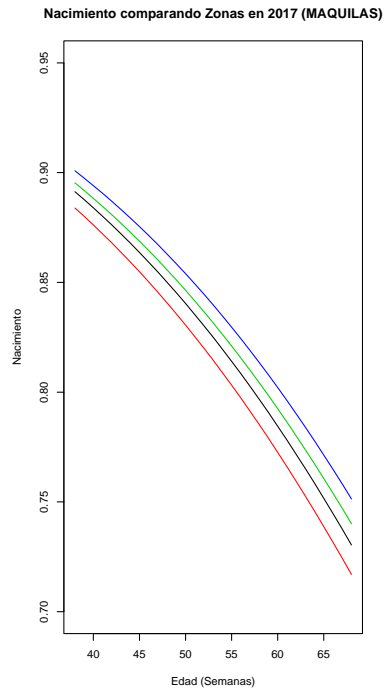
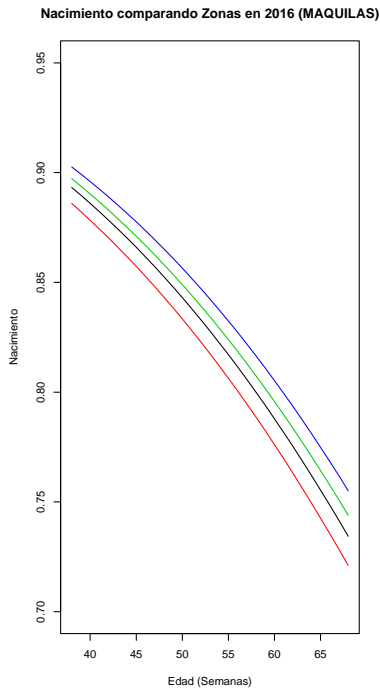
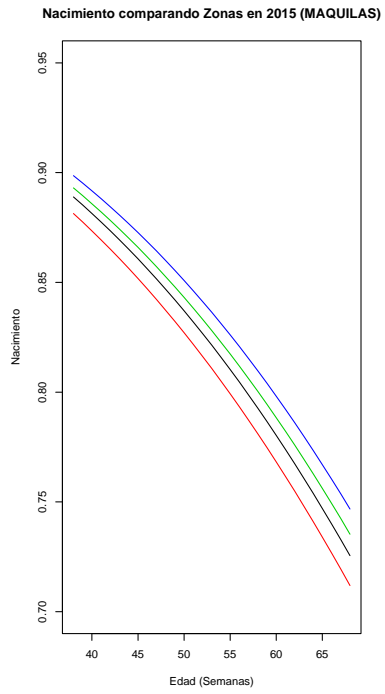




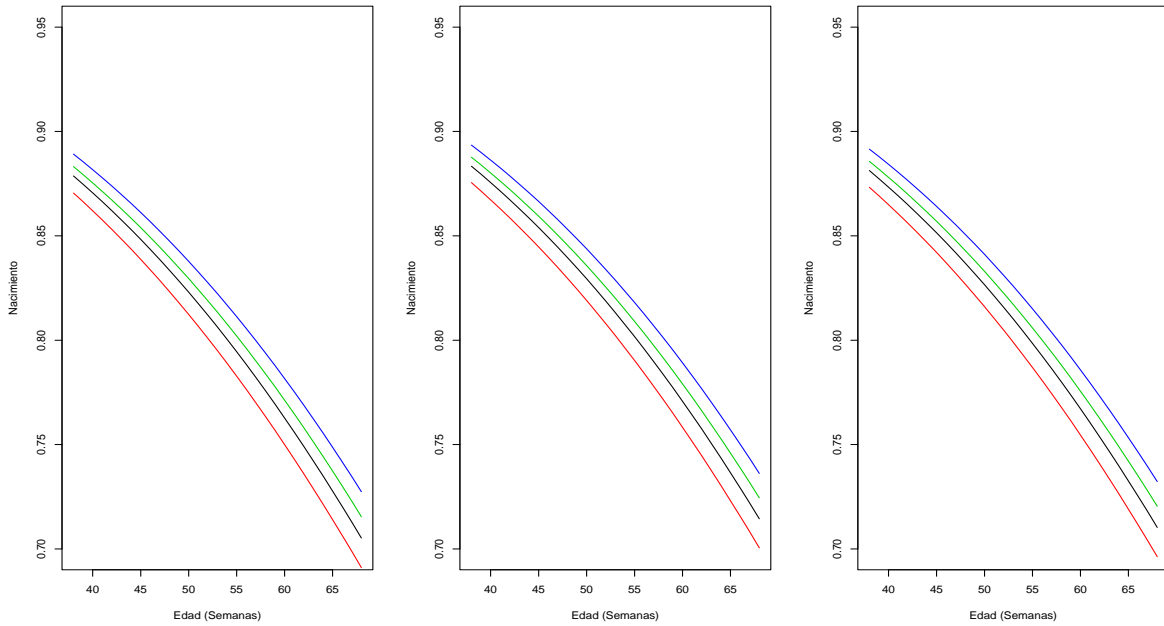


Gráfica 14. Gráficas de cumplimiento de los supuestos del Modelo Beta para las semanas 38 a 68.

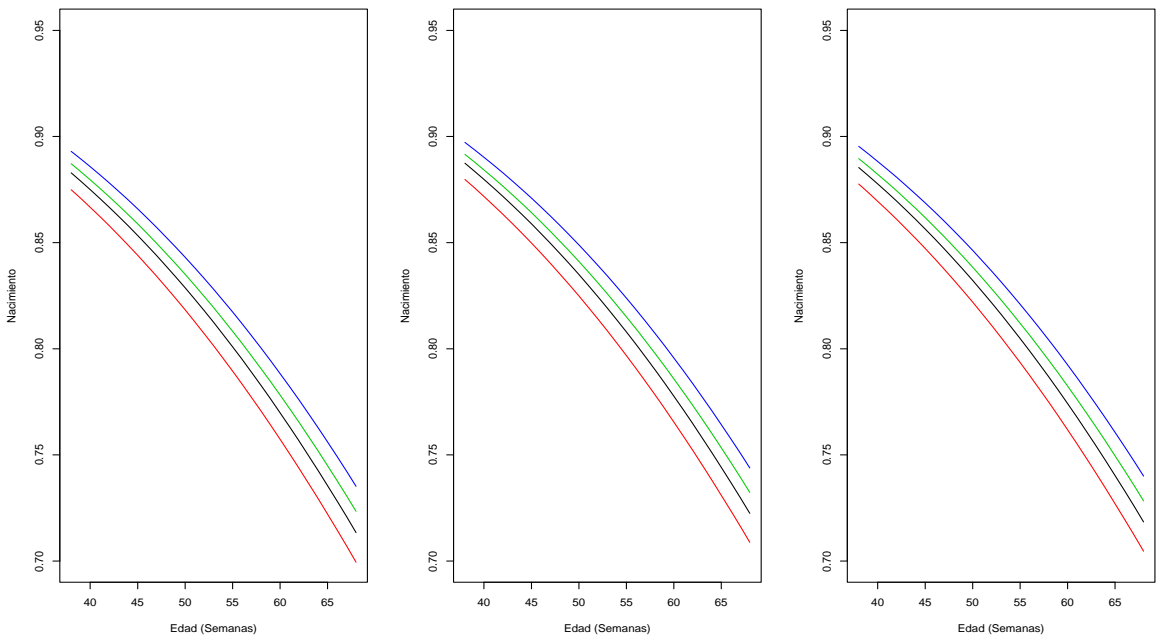
4.1.2.3 Modelo Ajustado. En la gráfica 15 se presenta el nacimiento esperado por año, para cada una de las incubadoras y para cada zona geográfica en la que se ubican las granj



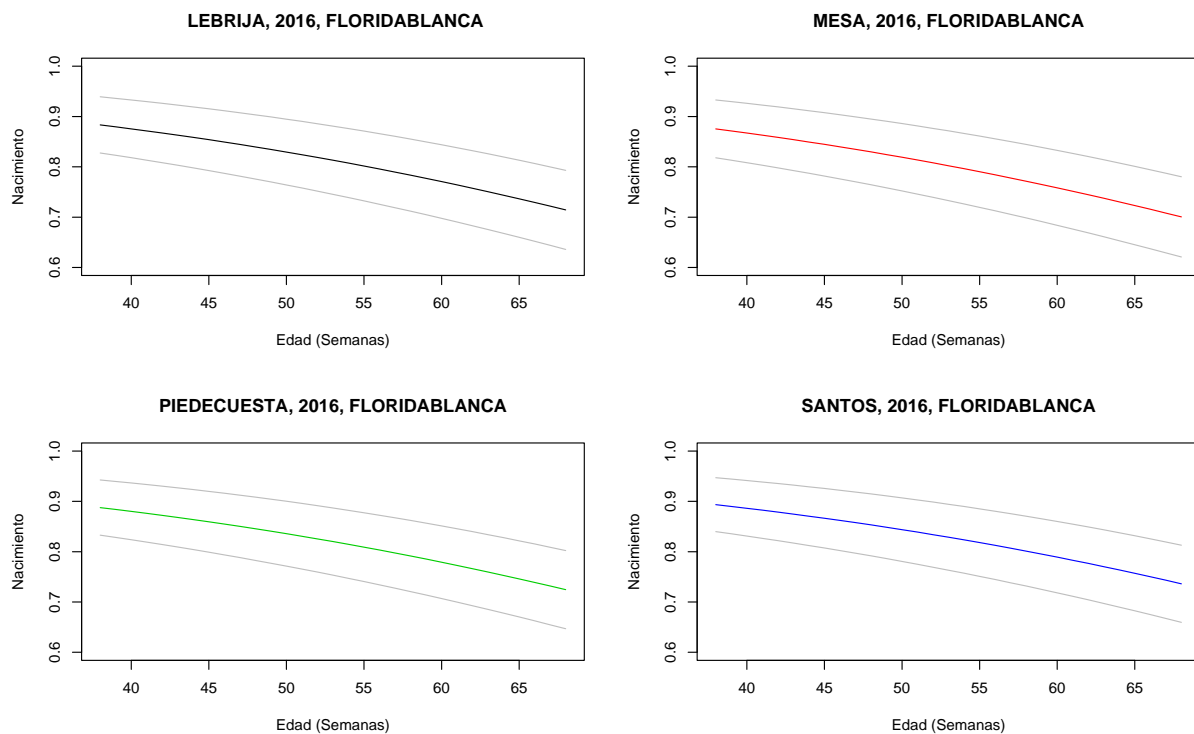
Nacimiento comparando Zonas en 2015 (FLORIDABLANC) Nacimiento comparando Zonas en 2016 (FLORIDABLANC) Nacimiento comparando Zonas en 2017 (FLORIDABLANC)



Nacimiento comparando Zonas en 2015 (CHIMITA) Nacimiento comparando Zonas en 2016 (CHIMITA) Nacimiento comparando Zonas en 2017 (CHIMITA)



Gráfica 15. Modelo Ajustado para el nacimiento de cada zona, comparando los tres años en cada incubadora, entre las semanas 38 a 68 (Líneas: Roja – Mesa, Negra – Lebrija, Verde – Piedecuesta, Azul – Los Santos).



Gráfica 16. Modelo Ajustado para el nacimiento de cada zona, con las bandas de confianza, comparando el año 2016 en la incubadora Floridablanca, entre las semanas 38 a 68.

4.2 Discusión

4.2.1 Análisis exploratorio. Para entender lo que se pretende analizar a continuación, hay que aclarar que para la construcción de la base de datos se omitió la información de los días de nacimiento, mes de incubación y lotes por granja-

Dado que ampliaban la base de datos y no permitían dilucidar un modelo adecuado que permitiera describir el comportamiento de los nacimientos, además, variables como la semana de vida, el año de incubación y la granja, engloban a las primeras y describen de forma certera la situación de la variable a explicar; más adelante se sugiere que otro tipo de variables podría incluir

el modelo para en un futuro perfeccionarlo y permitir datos estimados más robustos. Cabe aclarar que en el análisis continuó realizado en la práctica se consolida por semana, razón por la cual se decidió sintetizar esta información para realizar un mejor análisis.

Al analizar los gráficos exploratorios, se encuentra que los datos, visualmente, no se distribuyen normalmente, además de apreciar que por el comportamiento normal de ascenso y descenso de nacimiento durante la vida de las gallinas reproductoras, se generan dos distribuciones de datos: una que va de la semana 24 a 37 o lo que se podría denominar como la etapa inicial de la fase de producción (llamado el pico de producción) y otra que va de la semana 38 a la 68, que se puede definir como fase final del ciclo productivo (Cobb, 2013); por lo cual se decidió elaborar dos modelos para cada una de las etapas mencionadas.

Al realizar modelos bivariados para las semanas 24 a 37, se encontró que entre las zonas no existía diferencia significativa, lo que si se vio con el resto de variables. Esta situación se puede argumentar por el periodo de vida que están cruzando las gallinas, pues en este momento se encuentran en su plenitud física y sexual. Es difícil obtener un nacimiento por debajo de lo esperado cuando los lotes son jóvenes y tanto las hembras como los machos están expresando el potencial genético de la línea, que es óptimo durante este periodo (Guía manejo Reproductoras Ross 308 AP, 2017).

Esta situación centra el análisis en la variable incubadora, pues, aunque las zonas no presentan diferencia, el resultado del nacimiento no es homogéneo en las plantas. Esta situación puede ser explicada por la tecnología y condiciones ambientales que posee cada ubicación.

Cuando se contrasta la variable nacimiento con las variables año, incubadora y zona, mediante los modelos bivariados en el periodo de 38 a 68 semanas se observa variabilidad en todas, a pesar que en la avicultura los procesos suelen ser estandarizados para todas las secciones de la industria,

además, las líneas genéticas mantienen perfiles ideales para su desempeño, lo que sugiere el factor humano (manejo) como posible explicación de dicha variabilidad. En este periodo de vida, las aves comienzan a envejecer y su desempeño no es el mismo (Guía manejo Reproductoras Ross 308 AP, 2017), lo que deja ver porque existe diferencia significativa en la zona y en este caso se convierte en la principal variable a analizar.

4.2.2 Modelos de regresión Beta. Luego de analizar la distribución de los datos y entendiendo la descripción del modelo de regresión beta, se procedió a ejecutar dos modelos, uno para cada etapa de la vida de las gallinas.

4.2.2.1 Semana 24 a 37: Para las semanas 24 a 37 se utilizó la edad en semanas, el año de producción y la incubadora como variables explicativas. Estas mostraron importancia en el momento de describir el nacimiento.

El año muestra que, dependiendo de la situación medioambiental y ciertas condiciones de manejo, como las granjas que están en producción durante estos periodos, el nacimiento puede variar. Igualmente, este tipo de sistemas productivos están en continua autoevaluación con el fin de incorporar cambios (en infraestructura, tecnología, sanidad, nuevas alternativas del mercado, etc.), que hacen que en cada año se maximice la eficiencia de los procesos.

Inevitablemente la edad en semanas afecta el nacimiento, lo que muestra que, en procesos biológicos, el momento de la vida de las aves es clave para saber si el desempeño es correcto y se ajusta a lo esperado para estos intervalos. Esta situación es respaldada por la literatura, tanto en situaciones controladas, como en situaciones de campo o bajo condiciones difíciles de manejo, ya que se ha comprobado que aspectos como el tamaño y la calidad del huevo, la secuencia de postura

o la capacidad de transporte del semen a través del oviducto varían durante la vida de la gallina. (Khabisi, Salahi, & Mousavi, 2012, págs. 289-295)

Sorprende que, para este periodo de vida de las aves, la variable zona no es significativa, pues el manejo que se aplica en cada área geográfica está dado por un grupo de personas diferente y es lo que, en teoría podría ser el factor más variable en el proceso. Esta situación puede ser explicada por que en la primera fase de vida productiva las aves tienen un desempeño similar, independiente de factores externos, tales como el clima, la ubicación geográfica y más importante, el manejo técnico; en otras palabras, el potencial genético de las aves permite alcanzar y superar los estándares, independiente del entorno. Esta situación se definió en el modelo bivariados, razona por la cual se omitió esta variable en el modelo final

Dado que el modelo utiliza los enlaces Logit para la media y Log para el Phi (factor de precisión), se debe transformar dicha variable y con el objetivo de definir respuestas a los interrogantes, como que incubadora o año fue mejor y sobretodo, donde se debe intervenir con mayor premura, se transforman estas variables para interpretar en términos del nacimiento, utilizando las ecuaciones:

Calculo para la media:

$$\log\left(\frac{y_{ikl}}{1 - y_{ikl}}\right) = 0,442660 - 0,148938x_{i1} - 0,001412x_{i2} - 0,034185x_{i3} + 0,020669x_{k1} \\ + 0,121597x_{k2} + 0,046849x_l$$

Donde:

	x_{i1}	<i>1, Floridablanca</i>
		<i>0, Caso contrario</i>
<i>i</i> (Incubadora. Referencia - Chimita)	x_{i2}	<i>1, Girón</i>
		<i>0, Caso contrario</i>
	x_{i3}	<i>1, Maquilas</i>
		<i>0, Caso contrario</i>
<i>k</i> (Año. Referencia -2015)	x_{k1}	<i>1, Año 2016</i>
		<i>0, caso contrario</i>
	x_{k2}	<i>1, Año 2017</i>
		<i>0, caso contrario</i>
<i>l</i> (Edad)	x_l	

En este caso el valor de Phi lo suministra el modelo, el cual es 278,51.

El cálculo de la media permitió ajustar el modelo e identificar que no existe diferencia significativa entre las incubadoras Chimita, Girón y Maquilas, pero si con la incubadora Floridablanca. Esta última es la instalación más antigua y presenta las condiciones más adversas dado que es una incubadora abierta (no controla su ambiente). En síntesis, puede generar mayor impacto en el desempeño del nacimiento. Teniendo en cuenta que el modelo fue ajustado por la edad de la reproductora y esta variable no fue significativa, se refuerza el hecho de intervenir oportunamente esta incubadora (lo más rápido que se pueda, dada la gran diferencia del nacimiento con las otras y a que posee la mayor cantidad de máquinas de incubación), analizando el manejo apropiado que se debe aplicar, teniendo presente que los esfuerzos deben estar enfocados en

múltiples condiciones de funcionamiento interno y además en condiciones propias del municipio de Floridablanca, específicamente la alta temperatura y humedad. (Cobb, 2013)

En cuanto al año, se encontró diferencia del 2017, comparado con el 2016 y 2015, lo que podría estar relacionado con situaciones de mejoras en el manejo tales como la contratación de un profesional con gran experiencia en el manejo de incubación; la instalación de programas de manejo del macho reproductor como alimentación separada de la hembra, que permite controlar el peso de estas aves; el cambio de aves entre salones cada 5 semanas, conocido como Intrasping, que genera un desorden social y busca estimular la fertilidad, promoviendo la actividad social, lo que lleva a los machos a buscar dominancia en los lotes, sobre las hembras (Casanovas, Pelayo, 2000). También se trabajó en dietas especiales para el control de peso de machos y hembras, lo que permite mejorar las copulas efectivas, pues el macho es capaz de sostenerse sobre la hembra, dado que su pechuga es del tamaño adecuado y en la hembra no se presenta exceso de grasa en el oviducto, lo que lleva a mantener la viabilidad de los espermatozoides por el tracto reproductivo (Guía manejo Reproductoras Ross 308 AP, 2017).

4.2.2.2 Semana 38 a 68: Para las semanas 38 a 68 se utilizó la edad en semanas, el año de producción, la incubadora y la zona como variables explicativas, y mostraron importancia en el momento de describir el nacimiento.

Se observan unos valores con posibilidad de influir, pero al revisarlos, ninguno muestra una tendencia anormal, o que exista posibilidad de error en la captura de datos.

Esto se argumenta dado que el nacimiento su medición es certera, pues se extrae del número de pollos nacidos por cada lote, expresado en porcentaje.

Teniendo presente esta información, los datos influyentes podrían estar relacionados con momentos de fertilidad alta o baja.

Se realizó la prueba de razón de verosimilitud, para definir si el modelo es el que mejor explica el fenómeno del nacimiento, donde se obtuvo:

Likelihood ratio test

Model 1: NacR ~ EDADPROM + A.O + INCUBADORA + ZONA | ZONA

Model 2: NacR ~ 1 | ZONA

#.	Df.	LogLik.	Df	Chisq	Pr(>Chisq)
1	14	3900.1			
2	5	2915.4	-9	1969.4	< 2.2e-16 ***

En este caso observamos que el modelo es preciso para evaluar el fenómeno del nacimiento, incluyendo el periodo comprendido entre las semanas 38 a 68.

En cuanto al año de producción se observó diferencia entre los tres; esto respalda lo visto en el modelo anterior, pero con el gradiente de que los tres fueron diferentes significativamente. Una situación similar ocurre con las incubadoras, que en este intervalo mostraron diferencias significativas entre todas. Por otro lado, la variable determinante fue la zona, pues a partir de la semana 38, determina el desempeño del nacimiento para la compañía y se observa diferencia entre las cuatro.

Para poder observar este fenómeno con mayor claridad, nuevamente se sigue la transformación de los enlaces Logit para la media y Log para el Phi (factor de precisión) con el objetivo de definir respuestas a los interrogantes, que además de los vistos en el modelo anterior, determinaron que

zona obtuvo el mejor desempeño. Se transformaron estas variables para interpretar en términos del nacimiento, utilizando las ecuaciones:

Calculo para la media:

$$\log\left(\frac{y_{ijkl}}{1 - y_{ijkl}}\right) = 3,4252829 - 0,0397361x_{i1} + 0,0788294x_{i2} + 0,0599600x_{i3} - 0,0833794x_{j1} + 0,0335176x_{j2} + 0,0931746x_{j3} + 0,0446980x_{k1} + 0,0246022x_{k2} + 0,0369182x_l$$

Calculo para Phi

$$\varphi = \exp(5,8100989 - 0,6709848x_{j1} - 0,3030372x_{j2} - 0,0002782x_{j3})$$

Donde:

<i>i</i> (Incubadora. Referencia - Chimita)	x_{i1}	1, Floridablanca
		0, Caso contrario
	x_{i2}	1, Girón
		0, Caso contrario
	x_{i3}	1, Maquilas
		0, Caso contrario
<hr/>		
<i>i</i> (Zona. Referencia - Lebrija)	x_{j1}	1, Mesa
		0, Caso contrario
		1, Piedecuesta
	x_{j2}	0, Caso contrario

	x_{j3}	<i>1, Santos</i>
		<i>0, Caso contrario</i>
	<hr/>	
	x_{k1}	<i>1, Año 2016</i>
<i>k (Año. Referencia -2015)</i>		<i>0, Caso contrario</i>
	x_{k2}	<i>1, Año 2017</i>
		<i>0, Caso contrario</i>
	<hr/>	
<i>l (Edad)</i>	x_l	

En este caso se observa que la zona muestra diferencias significativas y al ajustar el modelo, el mejor desempeño lo obtuvo la zona los Santos, seguida por Lebrija y Piedecuesta con resultados similares, dejando en último puesto, la zona de la Mesa; estos resultados fueron similares en los tres años de observación, aunque el mejor desempeño se dio en el año 2017. Esto podría explicarse porque, aunque hay manejos estandarizados para todos los animales de la empresa, su interpretación y la puesta práctica por parte del personal puede variar e inevitablemente alterar los resultados del proceso.

Es prudente tener presente que en la zona los Santos se empezó a trabajar todo lo mencionado anteriormente con los machos, factor determinante en el desempeño de las aves en cuanto al nacimiento. Como gran medida de impacto, para el año 2018, se generalizaron los manejos que ayudaron a los Santos a obtener una mejor tendencia en los resultados.

En el caso de la incubadora, se observa nuevamente que el menor desempeño se da en Floridablanca, pero, aunque esta es una variable determinante, pues allí se da el proceso completo de incubación (21 días), la zona influirá el nacimiento a largo plazo y finalmente, concretará donde se obtiene mejor desempeño en cuanto a este parámetro.

Los PseudoR2 de ambos modelos muestran que el modelo puede describir el fenómeno del nacimiento para la empresa durante este periodo de tiempo, sin embargo, les falta potencia para poder proyectar el nacimiento del lote a futuro. Es vital incluir otras variables para hacer más robusto el modelo y permitir hacer más certeras sus predicciones.

5. Conclusiones

- Es importante señalar que en este caso solo se estudió el nacimiento, que es un factor determinante en el desempeño de las aves, pero existen otros factores que determinan en mayor grado el éxito, como son producción, mortalidad del pollito de engorde en primera semana, aprovechamiento del huevo fértil, estatus sanitario, etc.
- Se sugiere aplicar este tipo de herramientas estadísticas con otros parámetros de producción que pueden describir fenómenos que ocurren diariamente en avicultura y su uso puede determinar optimización en los análisis e implementación de medidas que mejoren los resultados zootécnicos.
- El objetivo del estudio fue analizar el comportamiento del nacimiento durante la vida productiva de las aves reproductoras, determinando dos periodos en el comportamiento de la tendencia en el nacimiento, el primero comprendido entre semana 24 y 37 y el segundo entre 38 a 68; esto se estableció observando los datos y revisando el comportamiento de natural de las estirpes (Cobb, 2013). Guía manejo Reproductoras, Ross 308, 2013), donde se llega a pico de rendimiento en la semana 33, y comienza a descender la producción y el nacimiento, luego de la semana 38.

- Las variables que se utilizaron en el modelo pueden explicar el cambio del nacimiento, sin embargo, se debe aclarar que solo se explicó desde los datos que provienen en la etapa de producción, durante un periodo de tiempo determinado, incluyendo la incubadora, que juega un papel vital en el resultado final del modelo, pero existen otras variables que podrían cambiar completamente el análisis. Estas variables podrían ser si las aves enfermaron o no, si se cumplieron los requerimientos nutricionales en el levante, el peso de las aves, el peso del huevo fértil, la temperatura y humedad durante estos años (semanal), evaluación de la calidad seminal en machos, etc.

- Como planteamiento para un futuro trabajo, considerando la importancia de utilizar este tipo de métodos estadísticos para estudiar el comportamiento del nacimiento, adicionar otro tipo de variables como es el manejo del macho reproductor que, en su conjunto, puede influir en la fertilidad y por ende en el resultado final.

Referencias bibliográficas

- Álvarez R., Hocking P. (2007). Modelo estocástico para estimar producción de huevo en reproductoras pesadas.
- Caballero M. (2000). Efecto de tres edades de reproductora y tres tipos de huevo en el desempeño pre y post nacimiento del pollo de engorde.
- Casanovas, Pelayo (2000). Técnicas de manejo para Mejorar la Actividad Reproductiva del Macho. Boletín técnico Cobb.
- Cobb vantress. Guía de manejo de la incubadora [internet]. (2013). [citado 2015 abril 6]. Disponible en: <http://www.cobb-vantress.com/docs/default-source/guides/cobb-hatchery-management-guide---spanish.pdf?sfvrsn=2>.
- Duran D. (2010). Evaluación del efecto de la edad de las reproductoras y la ubicación del huevo en la incubadora sobre el peso de pollitos de un día de la línea ross 308.
- Gonzales K. (2001). Método de mínimos cuadrados ponderados para la estimación de los Modelos Lineales Generalizados.
- Khabisi, M. M., Salahi, A., & Mousavi, S. N. (2012). The influence of egg shell crack types on hatchability and chick quality. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 36(3), 289-295.
- Landauer W. (1967). Hatchability of chicken eggs as influenced by environment and heredity. [internet]. Monografía. Storrs agricultural experiment station: Exp Stn Univ Conn. [citado 2015 ago 10]. Disponible en: <http://digitalcommons.uconn.edu/saes/1>.

- López E. (2011). Análisis de datos con el Modelo Lineal Generalizado. Una aplicación con R. *Revista española de pedagogía*. 248 (59-80)
- Molina L. (2016). Modelo matemático tipo de datos de panel para predecir el peso de pollo de engorde en Avides Macpollo.
- Mueller C, Burggren W, Tazawa H. (2015). The physiology of the avian embryo. *Sturkie's Avian Physiology* [Internet]. Sexta edición. Elsevier; pág 739-766. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124071605000324>.
- Real A. (2015). Modelo de Regresión para razones y proporciones: Variantes y aplicaciones socio-económicas y biosanitarias.
- Salas C. (2013). Energía metabolizable en reproductoras pesadas: factores que afectan los requerimientos.
- Tullett S. Como investigar las prácticas de incubación [Internet]. Ross Tech. (2009) [citado 2015 Ago 3]. Disponible en: <http://www.avicol.co/descargas2/RossTechInvpracticass.pdf>.
- Van de Ven LJF, Baller L, van Wagenberg AV, Kemp B, van den Brand H. (2011). Effects of egg position during late incubation on hatching parameters and chick quality. *Poult Sci*. 2011;90(10):2342-7.
- Vázquez, J L., Prado, OF., García, LJ., Juárez, MA. (2006). Edad de la reproductora sobre la incubabilidad y tiempo de nacimiento del pollo de engorda.