



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC

LICENCIATURA EN INGENIERO AGRÓNOMO

ZOOTECNISTA

**CORRELACIONES DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN
GALLINAS DE POSTURA LINEA LOHMANN BROWN EN
TEMASCALTEPEC ESTADO DE MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO
ZOOTECNISTA**

PRESENTA

OMAR GONZALO GUERRERO RAMÍREZ

ASESOR

Dr. en CARN. HÉCTOR HUGO VELÁZQUEZ VILLALVA

CO-ASESOR

Dr. en CARN. JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ ARMIJO

TEMASCALTEPEC DE GONZÁLEZ MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2021

CONTENIDO

ÍNDICE DE GRÁFICAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN ...	3
III. OBJETIVOS	5
1.1. Objetivo general	5
1.2. Objetivos específicos	5
IV. MARCO TEÓRICO	6
4.1 Contexto mundial de la producción de huevo para plato	6
4.1.1 Producción mundial de huevo de plato	6
4.1.2 Principales países productores de huevo de plato	7
4.1.2 Consumo per cápita mundial de huevo	7
4.2 Contexto nacional de la producción de huevo para plato	7
4.2.1 Producción nacional de huevo para plato	8
4.2.2 Principales estados productores de huevo para plato	8
4.2.3 Consumo nacional de huevo para plato	8
4.3 Sistemas de producción de aves de postura en México	8
4.3.3 Tecnificado	9
4.3.4 Semitecnificado	9
4.3.5 Rural o de traspatio	9
4.3.4. Sistema de producción en piso	10
4.3.5. Sistema de producción en jaula	10
4.4 Gallina de postura	11
4.4.3 Generalidades	11
4.5 Clasificación de las gallinas de postura por su función zootécnica	11
4.5.3 Líneas ligeras	11
4.5.4 Líneas semipesadas	12
4.5.5 Líneas pesadas	12
4.6 Fases productivas de la gallina de postura	12
4.6.3 Fase de preinicio	12

4.6.4	Fase de inicio.....	13
4.6.5	Fase de desarrollo	13
4.6.6	Fase de pre postura.....	13
4.6.7	Fase de postura	13
4.6.6	Fotoperiodo de la gallina de postura	13
4.6.7	Gallina Lohman Brown.....	14
4.7	Sistema digestivo de la gallina de postura.....	15
4.7.3	Pico y cavidad oral.....	15
4.7.4	Lengua.....	15
4.7.5	Esófago y buche.....	15
4.7.6	Estomago	16
4.7.7	Intestino delgado	16
4.7.8	Intestino grueso	17
4.8	Sistema reproductivo de la gallina.....	19
4.8.3	Ovario.....	19
4.8.4	Oviducto.....	20
4.8.5	Infundíbulo.....	20
4.8.6	Magnum.....	20
4.8.7	Istmo.....	21
4.8.8	Útero.....	21
4.8.9	Vagina.....	21
4.9	Formación del huevo de gallina	22
4.10	Estructura del huevo de gallina.....	25
4.10.3	Cascara.....	25
4.10.4	Clara o albumen	27
4.10.5	Yema o vitelo	27
4.11	Composición química del huevo	29
4.11.3	Yema de huevo.....	29
4.11.4	Clara de huevo	30
4.12	Nutrición y alimentación de las gallinas de postura.....	32
4.12.3	Requerimientos de nutrientes en las dietas de las gallinas	32
4.12.4	Proteína y aminoácidos.....	33

4.12.5	Carbohidratos	34
4.12.6	Vitaminas y minerales	34
4.12.7	Agua	36
4.12.8	Fases de alimentación en la producción de la pollita de remplazo y de la gallina de postura	37
4.12.9	Fases de alimentación de las gallinas ponedoras	38
4.13	Correlaciones	38
4.13.3	Coeficiente de correlación	38
VI.	JUSTIFICACIÓN	40
VII.	MATERIALES Y MÉTODOS	41
7.1	Sitio experimental	41
7.2	Características de las instalaciones y equipo.....	41
7.3	Material biológico	42
7.4	Manejo	42
7.4.1	Recepción de las gallinas de postura	43
7.4.2	Distribución	44
7.4.3	Alimentación	44
7.4.4	Suministro de agua	45
7.5	Fotoperiodo	45
7.6	Recolección de datos	46
7.7	Variables de respuesta.....	46
7.8	Correlaciones	49
7.8.1	Funciones de regresión.....	49
7.9	Análisis estadístico.....	50
VIII.	RESULTADOS.....	50
8.1	Correlación entre consumo de alimento y producción de huevo	51
8.2	Correlación entre el consumo de alimento gr. y peso de huevo gr.	54
8.3	Correlación entre el peso de la gallina gr. y el consumo de alimento promedio kg/semana	57
8.4	Correlación entre el peso de la gallina gr. y peso del huevo gr.	60
8.5	Correlación entre las semanas de vida y consumo de alimento gr.	63
8.6	Correlación entre las semanas de vida y peso de huevo gr.	66
8.7	Correlación entre las semanas de vida y peso de la gallina gr.	69

8.8	Correlación entre consumo de alimento gr. y alto de huevo cm.	72
8.9	Correlación entre consumo de alimento gr. y ancho de huevo cm.	75
8.10	Regresión múltiple, semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana, peso de la gallina en gr. y producción de huevo kg modulo/semana 77	
8.11	Regresión múltiple, semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana, peso de la gallina en gr. y peso de huevo en gr.	79
IX.	DISCUSIÓN	82
X.	CONCLUSIONES	83
XI.	RECOMENDACIONES	84
XII.	REFERENCIAS	85
XIII.	ANEXOS	88

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Desarrollo de la producción de huevos durante los últimos diez años.	6
Gráfica 2. Regresión del consumo de alimento en kg promedio por semana y la producción de huevo por semana kg.....	52
Gráfica 3. Regresión entre el consumo de alimento en gr. y el peso de huevo en gr.....	55
Gráfica 4. Regresión Peso de la gallina gr. y consumo de alimento promedio kg/semana.....	58
Gráfica 5. Regresión entre el peso de la gallina gr. y el peso de huevo gr.....	61
Gráfica 6. Regresión entre las semanas de vida y el consumo de alimento gr.....	64
Gráfica 7. Regresión entre las semanas de vida y el peso del huevo gr.	67
Gráfica 8. Regresión entre las semanas de vida y el peso de la gallina gr.	70
Gráfica 9. Regresión entre consumo de alimento gr. y alto de huevo cm.....	73
Gráfica 10. Regresión entre consumo de alimento gr. y ancho de huevo cm.	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gallina Lohman Brown.....	14
Figura 2. Formación del huevo	24
Figura 3. Partes del huevo	29
Figura 4. Área de producción avícola de la posta zootécnica	41
Figura 5. Modulo para aves tipo piramide.....	41
Figura 6. Peso de entrada	43
Figura 7. Pesaje de alimento a ofrecer.....	45
Figura 8. Pesaje de huevo.....	48
Figura 9. Medición de huevo (ancho).....	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países consumidores de huevo para plato	7
Cuadro 2. Principales estados productores de huevo para plato	8
Cuadro 3. Composición química del huevo de gallina	31
Cuadro 4. Variables de consumo de alimento y producción de huevo	51
Cuadro 5. Variables de consumo de alimento gr. y peso de huevo gr.	54
Cuadro 6. Variables de Peso de la gallina gr. y consumo de alimento promedio kg/semana	57
Cuadro 7. Variables de peso de la gallina gr. y peso del huevo gr.	60
Cuadro 8. Variables semanas de vida y consumo de alimento	63
Cuadro 9. Variables semanas de vida y peso de huevo gr.	66
Cuadro 10. Variables semanas de vida y peso de la gallina gr.	69
Cuadro 11. Variables consumo de alimento gr. y alto de huevo cm.	72
Cuadro 12. Variables de consumo de alimento gr. y ancho de huevo cm.	75
Cuadro 13. Variables de semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana, peso de la gallina gr. y producción peso del huevo kg modulo/semana	78
Cuadro 14. Variables de semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana, peso de la gallina gr. y peso del huevo gr.	79
Cuadro 15. Resumen de los coeficientes de correlación	88
Cuadro 16. Resumen de los datos de campo y el coeficiente de correlación de las variables consumo de alimento y producción de huevo.....	89
Cuadro 17. Análisis de varianza para consumo de alimento y producción de huevo	90
Cuadro 18. Análisis de varianza para consumo de alimento y peso de huevo	91
Cuadro 19. Análisis de varianza para peso de la gallina y consumo de alimento promedio kg/semana	92
Cuadro 20. Análisis de varianza para peso de la gallina y peso del huevo	93
Cuadro 21. Análisis de varianza semanas de vida y consumo de alimento	94
Cuadro 22. Análisis de varianza para semanas de vida y peso del huevo	95
Cuadro 23. Análisis de varianza para semanas de vida y peso de la gallina	96

Cuadro 24. Análisis de varianza para consumo de alimento y alto de huevo	97
Cuadro 25. Análisis de varianza para consumo de alimento y ancho de huevo	98
Cuadro 26. Análisis de varianza para semanas de vida, consumo de alimento, peso de la gallina y peso del huevo promedio/modulo	99
Cuadro 27. Análisis de varianza para semanas de vida, consumo de alimento, peso de la gallina y peso del huevo en gr.....	100

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue calcular la correlación que existe entre los parámetros productivos de las gallinas de postura línea Lohman Brown en sistema intensivo, para ello se utilizaron 72 gallinas de postura, distribuidas al azar en 24 espacios con 3 gallinas en cada uno bajo un sistema intensivo, el experimento se realizó de febrero de 2020 a enero de 2021 en el área de aves de postura de la posta zootécnica del Centro Universitario UAEM Temascaltepec México. Las variables fueron en la gallina consumo de alimento, peso y edad, y para huevo peso, alto y ancho, el análisis de datos se realizó con una hoja de cálculo (Excel del office 365). Se realizaron 9 correlaciones que resultaron positivas, las más altas fueron: Semanas de vida de la gallina –Consumo de alimento (r 0.947), Consumo de Alimento – Peso del huevo (r 0.937) Consumo de alimento – Alto de huevo (r 0.934), además se generaron 9 modelos de regresión polinómica y dos modelos de regresión lineal múltiple que presentaron significancia estadística con valores de F altos, la producción de huevo está en función de semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana, peso de la gallina en gr. y para la segunda regresión múltiple el peso del huevo gr. depende de las semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana, peso de la gallina en gr. Donde también se obtuvo significancia individual para los coeficientes con altos valores de t ($P < 0.05$). Los resultados permiten conocer la correlación y los modelos de regresión polinómica y múltiple de los parámetros productivos de las gallinas de postura línea Lohman Brown en sistema intensivo

Palabras clave: Correlación, Gallina de postura, Modelos de regresión polinómica y múltiple.

I. INTRODUCCIÓN

La industria avícola en México representa el 63% de la producción pecuaria nacional y es considerada la industria pecuaria con mayor dinamismo e integración como empresa. De ahí la importancia de consignar correctamente los datos y registros de su dinámica en las granjas (Ortiz & Galeano, 2020)

Además, la avicultura es la rama de la ganadería que trata de la cría, explotación y reproducción de cualquier especie de aves domésticas con fines económicos, científicos o recreativos para el provecho o utilidad en el hombre, por tal motivo el objetivo de la avicultura a lo largo de los años ha sido proveer a la población con alimentos ricos en proteína de la mejor calidad ya que la industria avícola es una de las principales actividades con mayor crecimiento por ser parte importante en la dieta diaria de la población del país, dada la alta demanda que hay en el huevo para plato (CEDRSSA, 2019).

El éxito económico de toda industria dedicada a la producción de huevos depende del peso de huevo producido por cada ave alojada en la instalación a lo largo de todo el período de postura, de tal manera que depende de la duración del período de producción, así como del número de huevos producidos y el tamaño de los mismos. Los datos productivos óptimos dependen de la capacidad genética, de la nutrición, alimentación y el manejo de las aves que son factores que contribuyen a la mejora de dichos parámetros productivos. Así, el éxito económico de las explotaciones de gallinas ponedoras requiere una curva de producción óptima, con una persistencia alta a lo largo de todo el periodo de postura y un pico de postura máximo, acorde con la genética del ave. Es generalmente aceptado que un pico de producción elevado está positivamente relacionado con un aumento en la masa de huevo por ave alojada (Bonilla, 2013)

Por lo antes mencionado el análisis que se presentará, son estudios cuantitativos que se representarán por medio de modelos estadísticos, donde se medirá el nivel de asociación entre dos variables numéricas mediante el cálculo de coeficiente de correlación, la medida que será utilizada para el estudio de la correlación es el

coeficiente de correlación lineal de Pearson en donde el coeficiente de Pearson mide el grado de asociación lineal entre dos variables que se determinen, y puede calcularse dividiendo la covarianza de ambas entre el producto de las desviaciones típicas de las dos variables (Pita & Pértega, 1997).

Por lo tanto, en este trabajo se obtendrá la ecuación de regresión, el coeficiente de correlación, coeficiente de determinación, r y R^2 , para así establecer el grado de asociación que existe entre las siguientes variables: Consumo de Alimento – Producción de huevo, Consumo de Alimento – Peso del huevo, Peso de la gallina – Consumo de alimento promedio/semana, Peso de la gallina – Peso del huevo, Semanas de vida de la gallina – Consumo de alimento, Semanas de vida de la gallina – Peso del huevo, Semanas de vida de la gallina – Peso de la gallina, Consumo de alimento – Alto de huevo, Consumo de alimento – Ancho del huevo

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

En México la producción en 2019 de la parvada avícola nacional, creció con respecto a 2018 en 2.1% cerrando en 541 millones de aves. La parvada nacional está conformada por 163.3 millones de gallinas ponedoras (Unión nacional de avicultores, 2021)

Datos preliminares registraron que la producción de huevo en 2018 fue de dos millones 932 mil toneladas, con un valor de 58 mil millones 321 mil pesos, y para 2019 se pronostica una producción de tres millones 009 mil toneladas según el SIAP. Para 2019, el consumo de huevo será 2.7% superior al del año 2018, y se prevé que el consumo por persona sea de 22.8 kilogramos, con lo que México se mantendrá como primer consumidor a nivel mundial (SMATTCOM, 2019)

Con relación a la producción de huevo en México, esta fue superior a las 2.9 millones de toneladas al cierre de 2020, lo que refleja un crecimiento de 2.8% respecto a 2019. Asimismo, el crecimiento en la producción de huevo en el lapso de 2009 a 2019 fue de 20%, con una Tasa de Crecimiento Media Anual de 1.81% (UNA, Unión nacional de avicultores, 2021)

Actualmente los mayores estados productores de huevo en el país son: Jalisco, Puebla, Sonora, la Laguna (Coahuila y Durango), Yucatán, Nuevo León, San Luis Potosí, Sinaloa y Guanajuato

Debido al aumento significativo de la población a nivel nacional conlleva a la constante al sector avícola para mejorar el proceso productivo tanto para la cría de pollas de remplazo como en gallinas de postura, para poder abastecer con las necesidades alimenticias que demandará la futura población.

El no llevar registros productivos hace difícil tomar decisiones y como consecuencia ningún sistema de producción sería eficiente ya que aumentan la mano de obra, el manejo dentro de la granja y hay un aumento en los costos de producción. Es por ello que estos registros deben estar plasmados de forma confiable, en donde los productores dispongan de una variable para saber las correlaciones que existen entre los parámetros productivos para potencializar su producción.

Los coeficientes de correlación son de gran importancia ya que ampliamente son utilizados en las ciencias agropecuarias con el fin de establecer relaciones entre variables generalmente de índole cuantitativo.

El investigador animal quiere ver representaciones de la información derivadas de análisis matriciales con propiedades del álgebra lineal, que permiten establecer similitudes o disimilitudes entre las variables e individuos para esclarecer la variabilidad conjunta expresada que permiten tipificar lo que sucede con los datos, en donde se podría mediante análisis de componentes principales por la técnica R proyectar todas las variables de índole cuantitativo relacionadas con los parámetros productivos de las gallinas de postura a fin de determinar la participación de cada variable dentro del factor abstracto que él debe discernir para poder comprender mejor lo que sucede con las variables.

Debemos tomar en cuenta que en la producción de huevo los parámetros productivos nos permiten determinar las relaciones que existen entre las siguientes variables: Consumo de Alimento – Producción de huevo, Consumo de Alimento – Peso del huevo, Peso de la gallina – Consumo de alimento promedio/semana, Peso de la gallina – Peso del huevo, Semanas de vida de la gallina – Consumo de alimento, Semanas de vida de la gallina – Peso del huevo, Semanas de vida de la gallina – Peso de la gallina, Consumo de alimento – Alto de huevo, Consumo de alimento – Ancho del huevo y de esta manera conocer el tipo de asociación que existe entre ellas y el grado de asociación.

Para este estudio se planteó la siguiente pregunta de investigación.

Pregunta de investigación

¿Se identificará el grado de asociación que existe entre las variables de los parámetros productivos de las gallinas de postura línea Lohman Brown en sistema intensivo?

III. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

- Calcular la correlación que existe entre los parámetros productivos de las gallinas de postura línea Lohman Brown en sistema intensivo.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar si existe correlación entre los parámetros productivos, Consumo de Alimento – Producción de huevo, Consumo de Alimento – Peso del huevo, Peso de la gallina – Consumo de alimento promedio/semana, Peso de la gallina – Peso del huevo, Semanas de vida de la gallina – Consumo de alimento, Semanas de vida de la gallina – Peso del huevo, Semanas de vida de la gallina – Peso de la gallina, Consumo de alimento – Alto de huevo, Consumo de alimento – Ancho del huevo.
- Generar los modelos de regresión polinómica y regresión lineal múltiple de los parámetros productivos de las gallinas Lohman Brown en sistema intensivo.
- Analizar si la correlación de los parámetros productivos de las gallinas de postura línea Lohman Brown son estadísticamente significativas.

IV. MARCO TEÓRICO

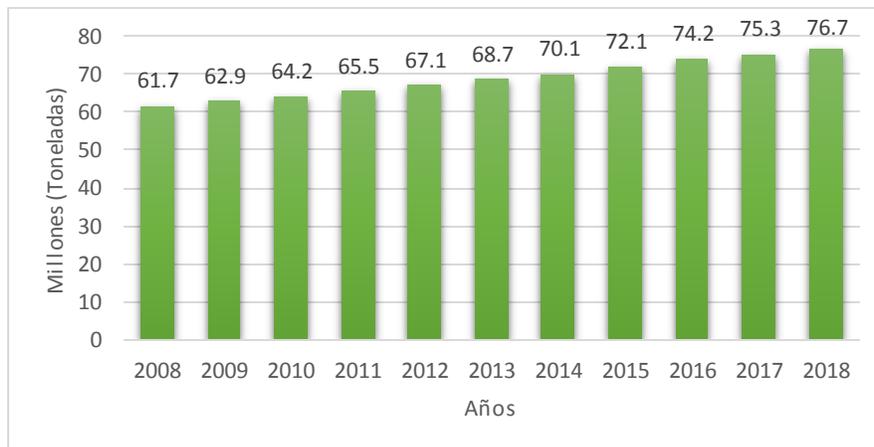
4.1 Contexto mundial de la producción de huevo para plato

- China es el mayor productor mundial de huevo, con el 42% de la producción mundial, seguida de los Estados Unidos (7%) y la India (6%) (FAO, 2020).
- Asia es la mayor región productora de huevo, con más del 60% de la producción mundial (FAO, 2020).
- En las últimas tres décadas, la producción mundial de huevo ha aumentado en más del 150%. Gran parte de este crecimiento se ha registrado en Asia, donde la producción casi se ha cuadruplicado (FAO, 2020).

4.1.1 Producción mundial de huevo de plato

Durante los últimos diez años, la producción mundial de huevos ha experimentado un crecimiento impresionante. Según datos de la FAO, la producción total de huevos ha crecido de 61.7 millones de toneladas en 2008 a 76.7 millones de toneladas en 2018, un aumento notable del 24% en diez años.

Gráfica 1. Desarrollo de la producción de huevos durante los últimos diez años.



(FAO, 2018)

4.1.2 Principales países productores de huevo de plato

Con 125 millones de cajas de huevo, México se ubica como el cuarto productor a nivel mundial, después de China (1,090 millones de cajas), EUA (243 millones de cajas) e India (215 millones de cajas) nuestro país está por encima de Japón, Rusia, Brasil, Turquía e Irán (CEDRSSA, 2019).

4.1.2 Consumo per cápita mundial de huevo

México es el principal consumidor de huevo fresco a nivel mundial; el consumo per cápita del mexicano es de 28.0 kg. casi un huevo al día. En segundo lugar, se encuentra Rusia con 18.44 kg; en tercer lugar, Colombia con 16.3 kg; Argentina en cuarto lugar con 15.5 kg, y en quinto Nueva Zelanda con 14.6 kg (CEDRSSA, 2019).

Cuadro 1. Principales países consumidores de huevo para plato

País	Consumo per cápita mundial (kg)
México	28.0
Rusia	18.4
Colombia	16.3
Argentina	15.5
Nueva Zelanda	14.6

(CEDRSSA, 2019)

4.2 Contexto nacional de la producción de huevo para plato

En lo referente a la producción nacional del Huevo de Plato de enero a octubre de 2018, se registra una producción de 2.4 millones de toneladas, superando en 86,000 mil toneladas a la producción del año anterior, es decir un incremento del 3.7% (CEDRSSA, 2019).

La producción de huevo en México se genera en: Jalisco 53.4%, Puebla 13.4%, Sonora 8.3%, la Comarca Lagunera 5.3%, Yucatán 5.2%, Nuevo León 3%, San Luis Potosí 3%, Sinaloa 3%, Guanajuato 2%, resto 3.4%.

Nuestro país cuenta con una parvada de gallinas ponedoras de huevo para plato de 163 millones aves (Instituto Nacional Avícola, 2020).

4.2.1 Producción nacional de huevo para plato

En 2018 la producción nacional del huevo de plato en el estado de Jalisco, registra el 53.8% de la producción total, porcentaje que crece al 76% al sumar la aportación de Puebla y Sonora.

4.2.2 Principales estados productores de huevo para plato

Cuadro 2. Principales estados productores de huevo para plato

Entidad	Cantidad en toneladas	%
Total nacional	2, 418,062	100
Jalisco	1,300,558	53.8
Puebla	417,357	17.3
Sonora	118,693	4.9
San Luis Potosí	82,305	3.4
Yucatán	74,637	3.1

(CEDRSSA, 2019)

4.2.3 Consumo nacional de huevo para plato

México es el principal consumidor de huevo fresco a nivel mundial; el consumo per cápita del mexicano es de 28.0 kg casi un huevo al día (CEDRSSA, 2019).

4.3 Sistemas de producción de aves de postura en México

La industria avícola productora de huevo para plato, se conforma por tres estratos, diferenciados entre sí por el nivel tecnológico empleado y el grado de integración alcanzado: 1) Tecnificado, 2) Semitecnificado y 3) Rural o de Traspatio. Atienden diferentes segmentos del mercado ya que el primero se enfoca al abasto de grandes zonas urbanas, el segundo a mercados regionales y el tercero al autoabastecimiento (CEDRSSA, 2018).

4.3.3 Tecnificado

Está representado por grandes compañías que incorporan tecnología de punta y muestran un grado de integración total. Inician su proceso productivo con la explotación de aves progenitoras y lo concluyen con la concurrencia a los mercados minoristas de los principales centros urbanos. Elaboran alimentos balanceados y efectúan compras consolidadas de insumos, lo que incide en menores costos de producción. Algunas compañías cuentan con laboratorios de diagnóstico y servicios técnicos para mantener altos niveles de calidad zoonosanitaria. El control de los factores económicos y la retención de valor agregado a lo largo de la cadena, les permite obtener altos niveles de rentabilidad, mantenerse produciendo aún en períodos de disminución de precios y ocupar espacios no atendidos por empresas de otros estratos.

4.3.4 Semitecnificado

El sistema productivo semitecnificado, opera con diferentes grados de tecnificación. Se abastece de aves ponedoras con las compañías avícolas del estrato tecnificado. Sus deficiencias en términos de elaboración de alimentos, instalaciones, equipo y manejo zoonosanitario, se traducen en menores niveles de productividad y mayores costos de producción. Son altamente vulnerables a cambios económicos, tanto a nivel de precios de insumos y servicios como de los productos que ofrecen al mercado, lo cual determina que algunos se retiren de la producción y otros orienten sus productos hacia mercados regionales en expansión y se asocien en aparcería con empresas avícolas del estrato tecnificado.

4.3.5 Rural o de traspatio

El sistema productivo rural o de traspatio, carece de tecnologías modernas. Las aves de pie de cría provienen mayoritariamente de animales criollos de las comunidades rurales. La alimentación de las aves se basa en un sistema de pastoreo complementado con granos, que le da un sabor diferente al huevo,

apreciado por los consumidores, quienes le califican como “huevo de rancho”. Utiliza instalaciones construidas con materiales propios de la región. Sus niveles de productividad son inferiores a los de los otros dos sistemas productivos y como resultado de las campañas zoonosanitarias oficiales, han incorporado métodos básicos de manejo y control zoonosanitario. El destino principal de la producción es el autoconsumo y la venta local de excedentes. Gradualmente, el estrato tecnificado ha ido desplazando al semitecnificado y al de traspatio, pues desarrolla procesos de integración vertical y horizontal, controla el manejo de pie de cría al nivel de progenitoras, reproductoras, ponedoras; la industria, la comercialización, la elaboración de alimentos balanceados y en algunos casos, interviene en la producción de granos forrajeros y pastas oleaginosas. (CEDRSSA, 2018).

4.3.4. Sistema de producción en piso

Este sistema de piso es utilizado en las gallinas ponedoras; consiste en un sistema donde las gallinas pueden moverse con libertad dentro del galpón y caminan sobre una cama que puede contener cascarilla de arroz, viruta o aserrín. Se proporcionan nidos elevados, bebederos, comederos y perchas (Vargas, *et. al.* 2018).

4.3.5. Sistema de producción en jaula

Este sistema es utilizado principalmente para las gallinas de postura. La ventaja de este sistema es que presenta un mejor rendimiento que permite una mayor densidad de gallinas por metro cuadrado y proporciona un mayor control sanitario, ya que permite identificar gallinas enfermas fácilmente. El huevo tiene una mayor higiene, permite automatizar muchos de los cuidados de la parvada, por lo que hay un ahorro importante de tiempo mano de obra y alimento; ya que el consumo de alimento es menor al reducir las necesidades energéticas al no desplazarse en grandes áreas (Vargas, *et. al.* 2018).

4.4 Gallina de postura

4.4.3 Generalidades

La gallina doméstica proviene de la especie *Gallus gallus*, son vertebrados omnívoros de sangre caliente, se caracterizan por tener el cuerpo recubierto de plumas, extremidades anteriores modificadas como alas y un pico sin dientes; son animales homeotermos, es decir que mantienen su temperatura independiente a la del entorno, pues tienen la capacidad de generar calor en ambientes fríos y cederlo en temperaturas altas y al no tener glándulas sudoríparas, lo realizan empleando diferentes mecanismos como: Conducción, convección, radiación y evaporación, tratando de mantener un confort térmico que en gallinas adultas varía de 12 a 24°C en el que tienen un comportamiento normal y no se afecta su producción. Son animales cautelosos, tímidos y se reproducen mediante huevos, característica que ha sido aprovechada para la nutrición de los seres humanos (Garzón & Rojas, 2016).

4.5 Clasificación de las gallinas de postura por su función zootécnica

Las aves comerciales actuales proceden de cruces entre aves pertenecientes a unas pocas razas manejadas especialmente para producir aves que sean de alto rendimiento productivo. Estas razas suelen clasificarse en tres tipos distintos (Vargas, 2015).

4.5.3 Líneas ligeras

Son las gallinas ponedoras por excelencia, el color de la cáscara es blanco, igual que el de la orejilla (características de las mediterráneas). La principal es indudablemente la Leghorn, especialmente su variedad blanca, italiana de origen, pero seleccionada por ingleses y americanos. Babcock blanca y café, Hy Lyne (blanca y café), Lohman, Bovans (blanca, negra y café), son dignas representantes de este grupo (Vargas, 2015).

4.5.4 Líneas semipesadas

Las aves son de doble aptitud, buenas ponedoras y con excelente calidad de carne. Las principales en el grupo americano están formadas por la Plymouth Rack, la Rhode Island, la New Hampshire, la Delaware, la Wyandotte y la Sussex, esta última de origen inglés (Vargas, 2015).

También tienen como función producir el huevo de cual, una vez incubado nacerán los pollos de engorda para la producción de carne. En estas aves el color de las plumas es blanco o café (Maximo, 2015).

4.5.5 Líneas pesadas

Son las mejores para carne, coincidiendo en general con el grupo inglés. La principal de todas ellas es la Cornish. Los dos últimos grupos forman el grupo Atlántico, caracterizado por el color marrón de la cáscara y por la orejilla roja. Dentro del grupo semipesados se incluye la raza vasca española con numerosas variedades de coloración del plumaje (Vargas, 2015).

4.6 Fases productivas de la gallina de postura

El ciclo productivo de las gallinas de postura industrial se puede dividir en cinco fases productivas, iniciando desde el preinicio (fase 1) hasta la postura (fase 5). La duración del ciclo productivo varía de acuerdo con la línea genética utilizada y las condiciones de cada región productiva del país (Vargas, *et. al.* 2018).

4.6.3 Fase de preinicio

En esta fase las aves desarrollan el aparato digestivo, la flora intestinal y fortalecen el sistema inmune; lo que ocasiona altos requerimientos de proteína. Al inicio de esta etapa se regulan las temperaturas con calentadores para brindar las condiciones óptimas a las pollitas.

4.6.4 Fase de inicio

El aparato digestivo está bien desarrollado, por lo tanto, las aves aprovechan mejor los nutrientes presentes en el concentrado suministrado.

4.6.5 Fase de desarrollo

En esta fase el sistema digestivo se encuentra totalmente maduro y es capaz de asimilar los nutrientes del alimento. Se concentra en el desarrollo esquelético y muscular; por lo tanto, se recomienda el uso de alimentos altos en fibra.

4.6.6 Fase de pre postura

En esta etapa termina el desarrollo de los órganos más importantes para la producción de huevos como el ovario, oviducto, hígado y el hueso medular, el cual será la reserva de calcio para la formación de la cáscara del huevo durante toda la etapa de producción; además se forman las reservas de energía en su grasa corporal. En esta etapa se recomiendan concentrados altos en calcio y fósforo.

4.6.7 Fase de postura

En esta fase el crecimiento es más lento, y aumentan las necesidades nutricionales para la producción de huevos. Al inicio de esta fase se requieren mayores porcentajes de proteína y energía moderada, pero conforme avanza la postura las necesidades de energía en el concentrado aumentan (Vargas, *et. al.* 2018).

4.6.6 Fotoperiodo de la gallina de postura

El fotoperiodo es un factor determinante en el medio ambiente de las aves y se puede manipular para maximizar el crecimiento, el peso corporal, el número y el tamaño de los huevos. Cuando las aves alcanzan cierto nivel de madurez sexual y peso corporal, se establecen conexiones neuro-hormonales que desencadenan la

producción de huevos. Todo este proceso puede ser manipulado a través de los programas de luz (Alva, 2017).

4.6.7 Gallina Lohman Brown

Son gallinas ponedoras de huevo marrón, es de las más utilizadas ya que tiene un buen porcentaje de postura, su pico de producción va desde el 93.0-95.0%, ponen un promedio de 320 huevos a las 52 semanas cada ave, la masa de huevo por gallina alojada es de 20.44 kg a los 12 meses, el peso promedio del huevo es de 63.9 gr en los primeros 12 meses, con un consumo de alimento de 7.4 kg promedio de 1 a 20 semanas y su consumo es de 110-120 gr por día cada ave alojada, el peso corporal es de 1,600-1,700 kg a las 20 semanas de edad, es una gallina desarrollada por la empresa avícola alemana la cual se dedica a la cría y producción de gallinas híbridas ponedoras o de engorde (Lohman, 2017).

Figura 1. Gallina Lohman Brown



(Lohman, 2017)

4.7 Sistema digestivo de la gallina de postura

El sistema digestivo de las aves tiene adaptaciones diseñadas para favorecer el vuelo. El tamaño y el peso del tracto digestivo de las aves es menor en relación al de los mamíferos. El pico reemplaza las grandes mandíbulas y los dientes. El alimento se ingiere entero y reduce su tamaño en la molleja

4.7.3 Pico y cavidad oral

El pico está formado por queratina. A medida que se desgasta va creciendo y se va reemplazando. Es la estructura más constante del aparato digestivo, es decir la que no sufre modificaciones con cambios en la dieta.

La cavidad oral (boca) contiene una lengua, glándulas salivales, papilas y unas protuberancias que facilitan la deglución de alimentos. El paladar contiene una hendidura llamada coana que conecta la cavidad nasal con la boca.

4.7.4 Lengua

Se adapta a la forma del pico, encargada de la recolección de alimentos y puede ir provista de papilas filiformes, como en las palmípedas. Estas papilas, junto con las laminillas córneas del pico actúan como barrera para el filtrado del alimento.

4.7.5 Esófago y buche

El esófago es un tubo distensible que transporta el alimento hacia el proventrículo. Su diámetro es mayor en las especies que ingieren grandes porciones de alimento entero. En la mayoría de las especies el esófago cumple la función de almacenar alimento actuando como un tubo distensible. Algunas especies cuentan con una dilatación denominada buche.

El buche se caracteriza por contar con esfínteres voluntarios para el ingreso y salida de los alimentos. El buche cumple la función de ayudar a la digestión mediante la

hidratación y ablandamiento de los alimentos. La regurgitación es común entre las aves.

4.7.6 Estomago

Se distinguen dos proporciones: proventrículo (estómago glandular) y molleja (estómago muscular) en la mayoría de las aves y dependiendo de los hábitos alimenticios del ave predomina en tamaño uno u otro (Godoy, 2014).

- Proventrículo (estómago glandular)

Presenta una pared rica en glándulas que segregan mucus para proteger la mucosa y ácido clorhídrico (HCl) y pepsina (enzima proteolítica) para digerir los alimentos.

- Molleja (estómago muscular)

Suele alojar granos de arena y piedras para favorecer el triturado del alimento mediante fuertes contracciones musculares, lo que funcionalmente suple la carencia de dientes en las aves. El espesor de la pared muscular depende de la alimentación y su mucosa segrega una sustancia queratinizada que la protege de los posibles daños que pueden causar los guijarros o piedrecillas ingeridas que funcionan como efecto de “mortero” (Godoy, 2014).

4.7.7 Intestino delgado

El intestino delgado (ID) es el sitio donde se produce la digestión y absorción de los nutrientes. La digestión se realiza mediante enzimas producidas por la mucosa del intestino y el páncreas; y mediante los jugos biliares producidos por el hígado. El ID se divide en tres porciones anatómicas:

- Duodeno

El duodeno es la primera porción y forma un asa alrededor del páncreas. En el duodeno desembocan los conductos pancreáticos y biliares que vierten sus jugos y

enzimas a la luz intestinal. El duodeno termina donde finaliza la asociación con el páncreas (Godoy, 2014).

- Yeyuno

El yeyuno se continúa hasta el divertículo vitelino, que es el remanente del saco vitelino, y el íleon comienza en este punto y termina en la válvula ileocecal. La mucosa intestinal contiene vellosidades para aumentar la superficie de absorción de los nutrientes. Las vellosidades están irrigadas con gran cantidad de capilares que toman los nutrientes y los transportan hacia el hígado mediante la vena porta.

Las aves cuentan con células globulares que segregan moco que protegen la mucosa del ataque enzimático (Godoy, 2014).

- Íleon

El íleon posee una estructura de epitelio estriado, simple, cilíndrico, músculo liso y se encuentra en el centro de la cavidad abdominal. En esta porción del intestino delgado están localizadas las glándulas de Lieberkuhn. El pH es de 7.59. El íleon termina en la válvula ileocecal, donde desembocan los ciegos y empieza el intestino grueso. La función de esta parte del intestino es la absorción de nutrientes y producción de enzimas que completan el procesado de los alimentos, aquí se absorben las vitaminas B12 y la mayor parte de sales biliares (Vargas, 2015).

4.7.8 Intestino grueso

Esta porción del tracto digestivo, anatómica y fisiológicamente, se subdivide en tres porciones. Éstas son:

- Ciego

Las aves domésticas, como son las gallinas, poseen dos ciegos; son dos tubos con extremidades ciegas, que se originan en la unión del intestino delgado y el recto y se extienden oralmente hacia el hígado (hacia el pico). El pH del ciego derecho es de 7.08, mientras que el pH del ciego izquierdo es de 7.12. La porción terminal de los ciegos es mucho más ancha que la porción inicial. Se cree que la función de los

ciegos es de absorción de líquidos y que están relacionados con la digestión de celulosa (actividad microbiana) (Vargas, 2015).

- Colon-Recto

El colon es muy corto, pero con todo y su pequeño tamaño, realiza muchas funciones importantes. Recibe el producto de la digestión del intestino delgado y, en forma intermitente, del ciego. En esta parte es donde se realiza la absorción de agua y las proteínas de los alimentos que allí llegan; tiene un pH de 7.38. Estas estructuras anatómicas son las dos últimas porciones del intestino grueso y se comunican con la cloaca.

- Coprodeum y urodeum

Son dos áreas expandidas ubicadas en el extremo posterior del intestino grueso. El coprodeo es el lugar por donde se elimina las heces fecales; tiene una mucosa recubierta por vellosidades más pequeñas que las del recto y son más abundantes en glándulas mucosas.

El urodeum es un poco más corto que el coprodeum, mide 1 cm. Aproximadamente, contiene las aberturas distales de los uréteres y genitales. Aquí se vierte la orina de los dos riñones y excrecencias del conducto reproductivo; la mucosa está cubierta por una serie de pliegues irregulares. Estas secreciones y el producto de la digestión se vierten en una cámara anatómica, denominada cloaca.

El intestino grueso y el ciego reciben las excreciones urinarias por el movimiento retrógrado de la orina en el intestino grueso desde el urodeum. El intestino grueso absorbe el agua y las sales del producto de la digestión y de la porción de orina que va en movimiento retrógrado en el conducto alimentario. El proctodeo pone la cloaca en comunicación con el exterior, encima del proctodeo se encuentra situada la bolsa de Fabricio (Vargas, 2015).

- Cloaca

La cloaca es un órgano común a los tractos urinario, digestivo y reproductivo. Por lo tanto, la orina y las heces se eliminan juntas.

4.8 Sistema reproductivo de la gallina

El aparato reproductor de la gallina está constituido íntegramente por un ovario, un oviducto, el útero, vagina y la cloaca (Artunduaga, 2017).

En cada una de las dos estructuras se forma una parte de lo que finalmente se conoce como huevo. En el ovario se va formando el folículo que es el ovocito o disco germinal rodeado por yema y en el oviducto se forma el resto de las estructuras (Artunduaga, 2017).

4.8.3 Ovario

El ovario de una gallina adulta tiene la apariencia de un racimo de uvas, contiene además folículos de diferentes colores, siendo los inmaduros de color blanco crema y a medida que aumentan de tamaño se incrementa su coloración hacia el amarillo, de tal manera que los más grandes son los de color amarillo intenso. El nivel de intensidad de la yema depende de la concentración de carotenos de tipo natural o artificial consumidos en la dieta; así mismo, dependiendo de la edad de la gallina, el nivel de nutrición (concentración de aminoácidos, especialmente metionina, y nivel de proteína de la ración) y de la línea genética, el diámetro del folículo más grande y próximo a la ovulación puede fluctuar entre 25 y 40 milímetros. La estructura de los folículos maduros, dentro de los cuales se concentra la yema, incluye varios componentes (figura 2), entre los que se cuentan:

- Capa perivitelina acélular
- Capa monocelular o granulosa
- Capa basal
- Teca interna
- Teca externa
- Capa de tejido conectivo o conjuntivo
- Estigma
- Epitelio superficial

4.8.4 Oviducto

Es un conducto plegado en forma de tracto sinuoso, de color crema rosáceo y de apariencia afelpada y vascularizada cuando se encuentra en la etapa de postura. Comunica el ovario con la cloaca, a través de una zona llamada gineceo; su longitud es aproximadamente de 60 a 70 cm, en una gallina adulta; el peso fluctúa entre 40 y 60 gr, dependiendo de la edad y fase productiva de la gallina (por ejemplo, difiere si se encuentra al inicio, en la mitad o finalizando la postura). El oviducto tiene irrigación arterial en los diferentes segmentos que lo conforman; y la inervación tiene especial importancia en el desplazamiento del huevo durante su recorrido y formación, mas no en su función secretora. A continuación, se describen las estructuras del oviducto:

4.8.5 Infundíbulo

Corresponde a la primera porción del oviducto y se encuentra próximo al ovario, mas no en contacto directo; su forma es de embudo y posee una alta elasticidad; es allí donde llega la yema una vez desprendida durante la dehiscencia folicular; la duración de esta en el infundíbulo es de aproximadamente 15 a 30 minutos. La mucosa interna de esta porción presenta un aspecto de pliegues delgados. En esta porción es donde ocurre la fecundación.

4.8.6 Magnum

Es la segunda porción y la más larga del oviducto. Presenta grandes pliegues y abundante cantidad de células y glándulas secretoras, dada su actividad productora de albumina. Posee gran elasticidad y la duración del huevo en esta zona es de tres horas.

4.8.7 Istmo

Es una porción más angosta que la anterior, presenta pliegues menos anchos que el magnum y es donde se forman las membranas testáceas interna y externa que cubren la masa albuminogena del huevo. Está dividido en dos porciones: istmo blanco (que es la inicial) e istmo rojo, que corresponde a la última porción, la cual posee una gran vascularización. La duración del huevo en esta zona es de 70 a 80 minutos (Artunduaga, 2017).

4.8.8 Útero

Esta zona tiene apariencia piriforme y gran espesor. Presenta pliegues de disposición transversal con apariencia de circunvoluciones. La mucosa es de coloración rojiza. Debido a que en esta porción se encuentran las glándulas cascarógenas o calcíferas, es allí donde se forma el cascarón del huevo. En la porción final y en los últimos minutos de permanencia el huevo es cubierto por una cutícula que rodea al cascarón. Su permanencia en esta zona es de aproximadamente 20 a 22 horas (Artunduaga, 2017).

4.8.9 Vagina

Es la última zona del oviducto que lo une con la cloaca. Presenta apariencia sigmoidal con repliegues en disposición longitudinal, se encuentra unida al útero por medio de un canal llamado unión útero-vaginal. Carece de glándulas y la permanencia del huevo es de algunos pocos minutos. Actualmente se sabe que la vagina tiene una importancia muy grande en la conservación, protección y viabilidad de los espermatozoides (Artunduaga, 2017).

La estructura de la pared del oviducto está compuesta (de adentro hacia afuera) por las siguientes capas:

- Mucosa con pliegues formada por epitelio ciliado, en el cual se encuentran glándulas de secreción formadas por células ciliadas y caliciformes
- Lamina propia, en la cual se encuentran vasos sanguíneos, nervios y algunas glándulas tubulares
- Capa de tejido conjuntivo interno
- Capa muscular circular
- Capa de tejido conjuntivo externo
- Capa muscular longitudinal
- Membrana serosa

4.9 Formación del huevo de gallina

La gallina produce un huevo cada 24-26 horas, independientemente de que estos sean o no fecundados por un gallo. De hecho, en las granjas de producción de huevos solo hay gallinas ponedoras y no hay gallos, por lo que los huevos que se comercializan no están fecundados y, por tanto, no se pueden incubar para que nazcan pollitos (Instituto de Estudios del Huevo, 2009)

El proceso de formación es complejo y comprende desde la ovulación hasta la puesta del huevo. Para que el huevo cumpla los requisitos de calidad, los numerosos componentes que lo integran deben ser sintetizados correctamente y deben disponerse en la secuencia, cantidad y orientación adecuada. El éxito de este proceso de formación del huevo se basa en que las gallinas sean alimentadas con nutrientes de alta calidad y mantenidas en situación de confort ambiental y óptimo estado sanitario.

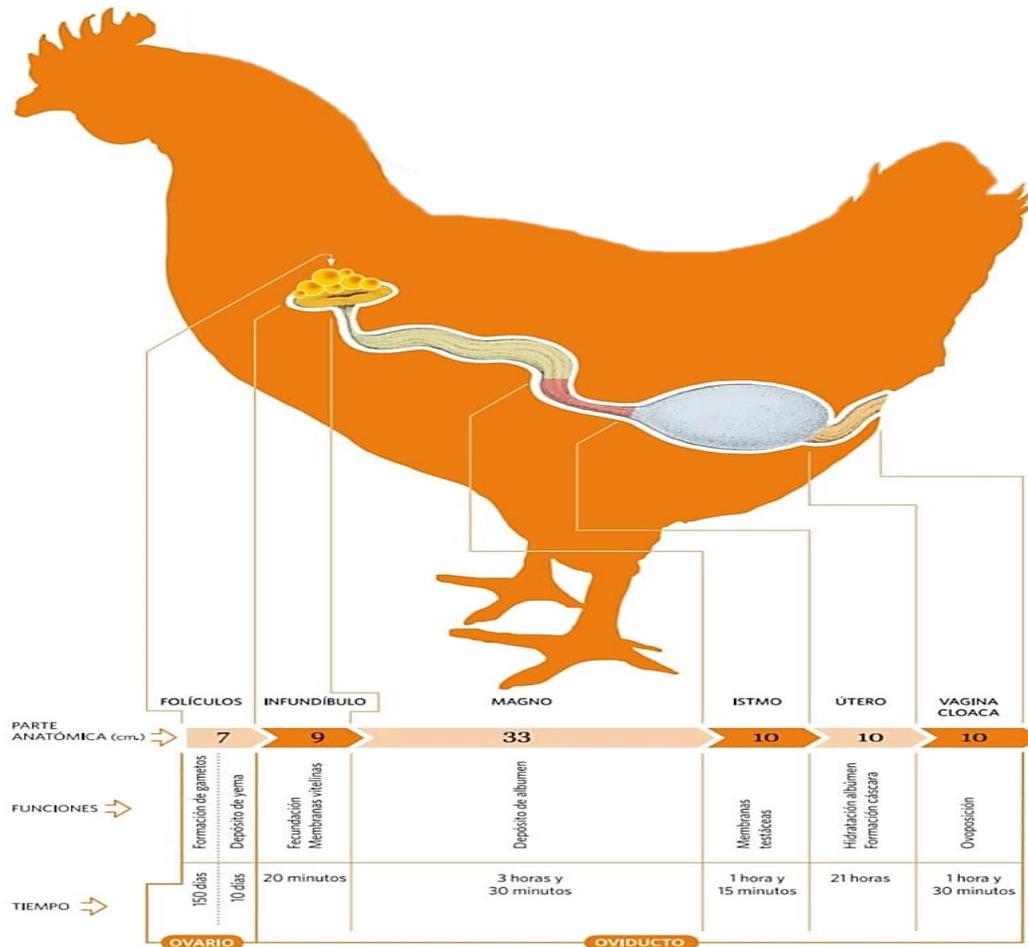
El huevo es esencial en el proceso de reproducción. La gallina selecta inicia la puesta de huevos hacia las 20 semanas de vida, tras un período de crecimiento y desarrollo adecuados que le permiten alcanzar la madurez sexual. El aparato reproductor de la hembra está formado por ovario y oviducto, resultando funcionales únicamente los izquierdos.

- El ovario de la gallina contiene más de 4000 óvulos microscópicos. De ellos, solo un reducido número llegará a desarrollarse y constituir una yema. La yema se desarrolla a partir de un óvulo rodeado por una membrana folicular muy vascularizada. La ovulación es el momento en el que la yema de mayor tamaño se libera del ovario, mediante la ruptura de la membrana folicular, y es depositada en el infundíbulo, primera estructura del oviducto.
- El oviducto se presenta como un tubo de unos 60 a 70 cm de largo y con cinco secciones: infundíbulo, magno, istmo, útero o glándula cascarógena y cloaca.
- El infundíbulo es la entrada del oviducto, el lugar donde la yema o vitelo es capturada tras la ovulación. Tiene forma de embudo y la yema lo atraviesa en unos 15-30 minutos. Aquí se forman las dos capas más externas de la membrana vitelina, que representan 2/3 partes del total y juegan un papel muy importante en la protección de la yema, evitando la entrada de agua desde la clara. Además, el infundíbulo es el lugar donde se puede producir la posible fertilización del huevo.
- El magno es la sección más larga del oviducto y presenta distintos tipos de células que sintetizan las proteínas que se irán depositando durante las 3 horas y 30 minutos que tarda este proceso. El magno, complementariamente con el útero, es responsable de las propiedades fisicoquímicas de la clara y de la situación de la yema. Cuando el huevo sale del magno, el albumen presenta un aspecto gelatinoso denso ya que solo contiene un 50% del agua, alrededor de 15 gr. El proceso de hidratación y estructuración del albumen acaba en el útero; es decir, su función es determinante en la calidad interna del huevo.
- Al llegar al istmo el albumen empieza a rodearse de las dos membranas testáceas. En el útero o glándula cascarógena se produce una rotación del huevo dando lugar a la torsión de las fibras proteicas del albumen denso, formándose las chalazas, que sostienen centrada la yema.
El útero, complementariamente al magno, es el responsable de las propiedades fisicoquímicas de la clara y de la situación de la yema. El huevo

permanece en el útero de 18 a 22 horas y se produce la formación de la cáscara.

Una vez formado el huevo se producirá la expulsión a través de la cloaca o vagina. El huevo sale con fuerza gracias a las contracciones de la musculatura lisa que rodea a la mucosa. En algunas gallinas, 1 hora antes de la ovoposición, el huevo gira 180 °C y sale primero la parte roma. La puesta de huevos suele producirse entre las 7 y las 11 de la mañana. La ovulación puede iniciarse de 15 a 30 minutos después de que haya sido puesto el huevo anterior (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

Figura 2. Formación del huevo



(Instituto de Estudios del Huevo, 2009)

4.10 Estructura del huevo de gallina

La estructura del huevo está diseñada por la naturaleza para dar protección y mantener al embrión del que surgiría el pollito después de la eclosión. Su contenido es de enorme valor nutritivo, capaz por sí mismo de dar origen a un nuevo ser vivo. Por esta razón, el huevo se encuentra protegido de la contaminación exterior por la barrera física que le proporcionan su cáscara y membranas y por la barrera química que le proporcionan los componentes antibacterianos presentes en su contenido (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

El corte transversal de un huevo permite diferenciar nítidamente sus partes: la cáscara, la clara o albumen y la yema, separadas entre sí por medio de membranas que mantienen su integridad.

El peso medio de un huevo está en torno a los 60 gr, de los cuales aproximadamente la clara representa el 60%, la yema el 30% y la cáscara, junto a las membranas, el 10% del total.

4.10.3 Cascara

La cáscara es la cubierta exterior del huevo y tiene gran importancia, ya que mantiene su integridad física y actúa como barrera bacteriológica. Está constituida, en su mayor parte, por una matriz cálcica con un entramado orgánico, en el que el calcio es el elemento más abundante y de mayor importancia.

La cáscara está atravesada por numerosos poros que forman túneles entre los cristales minerales y permiten el intercambio gaseoso entre el interior y el exterior. El color de la cáscara, que puede ser blanco o marrón según la raza de la gallina, depende de la concentración de pigmentos, denominados porfirinas, depositados en la matriz cálcica y no afecta a la calidad, ni a las propiedades nutritivas del huevo. Los diferentes niveles de coloración dependen del estado individual de la gallina. La alimentación o el sistema de cría no influyen en el color de la cáscara (blanco o moreno) y tampoco en su intensidad (si se trata de un huevo de color).

La calidad o resistencia de la cáscara depende principalmente del metabolismo mineral de la gallina y, a su vez, de una adecuada alimentación. Otros factores que influyen sobre la calidad de la cáscara son la genética, el estado sanitario y la temperatura ambiente (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

- Cutícula

Toda la superficie de la cáscara, incluso los mismos poros, se encuentra recubierta por una cutícula orgánica que está formada principalmente por proteínas (90%) y pequeñas cantidades de lípidos y carbohidratos. La principal función de esta película de mucina consiste en cerrar los poros, formando una barrera física contra la penetración de microorganismos. Tras la puesta se presenta en forma húmeda, luego se seca y se va deteriorando y, entre los dos y cuatro días desde la puesta, desaparece.

Las membranas que recubren el interior de la cáscara son dos: membrana testácea interna y externa. Ambas rodean el albumen y proporcionan protección contra la penetración bacteriana. Las membranas testáceas se encuentran fuertemente pegadas entre sí cuando el huevo es puesto por la gallina. Poco tiempo después de la puesta, debido a la contracción del volumen del contenido del interior del huevo al enfriarse (la temperatura corporal de la gallina es de 39 °C, la misma del huevo recién puesto) penetra aire en el polo grueso, por su mayor concentración de poros, y se separan en esta zona las membranas para constituir la cámara de aire.

La membrana interna tiene una fina estructura de fibras de queratina entrelazadas y la presencia de lisozima en la matriz albuminosa impide la entrada de algunos microorganismos y retarda la entrada de otros. La membrana externa es mucho más porosa y sirve como asentamiento para la formación de la cáscara. Ambas membranas se forman alrededor de la parte comestible del huevo en el istmo, que es la porción del oviducto situada entre el magno y el útero o glándula cascarógena que, tal y como dice su nombre, es el lugar donde se forma la cáscara del huevo (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

4.10.4 Clara o albumen

En la clara se distinguen dos partes según su densidad: el albumen denso y el fluido. El albumen denso rodea a la yema y es la principal fuente de riboflavina y de proteína del huevo. El albumen fluido es el más próximo a la cáscara. Cuando se casca un huevo fresco se puede ver la diferencia entre ambos, porque el denso rodea la yema y esta flota centrada sobre él. A medida que el huevo pierde frescura, el albumen denso es menos consistente y termina por confundirse con el fluido, quedando finalmente la clara muy líquida y sin apenas consistencia a la vista.

La clara o albumen está compuesta básicamente por agua (88%) y proteínas (cerca del 12%). La proteína más importante, no solo en términos cuantitativos (54% del total proteico), es la ovoalbúmina, cuyas propiedades son de especial interés tanto desde el punto de vista nutritivo como culinario. La calidad del albumen se relaciona con su fluidez y se puede valorar a través de la altura de su densa capa externa.

La riqueza en aminoácidos esenciales de la proteína de la clara del huevo y el equilibrio entre ellos hacen que sea considerada de referencia para valorar la calidad de las proteínas procedentes de otros alimentos. En la clara se encuentran algo más de la mitad de las proteínas del huevo y está exenta de lípidos. Las vitaminas B₂ y niacina están en mayor cantidad en la clara que en la yema.

La clara es transparente, aunque en ocasiones pueda presentar alguna «nube» blanquecina que no supone ningún problema para su consumo y suele estar relacionada con la frescura del huevo. Sujetando la yema para que quede centrada se encuentran unos engrosamientos del albumen denominados chalazas, con forma de filamentos enrollados, que van desde la yema hasta los dos polos opuestos del huevo (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

4.10.5 Yema o vitelo

La yema es la parte central y anaranjada del huevo. Está rodeada de la membrana vitelina, que da la forma a la yema y permite que esta se mantenga separada de la clara o albumen.

En la yema se encuentran las principales vitaminas, lípidos y minerales del huevo y por ello es la parte nutricionalmente más valiosa. Su contenido en agua es de aproximadamente el 50%.

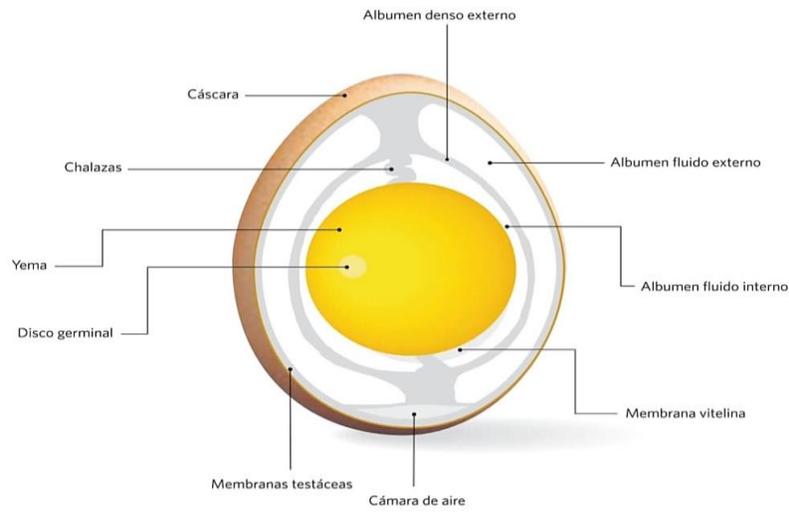
Los sólidos o materia seca se reparten equitativamente entre proteínas y lípidos, quedando una fracción pequeña para vitaminas, minerales y carotenoides. Estos últimos son compuestos de efecto antioxidante y los responsables del color amarillo, que varía en tono e intensidad en función de la alimentación de la gallina.

En su interior se encuentra el disco germinal o blastodisco, que es un pequeño disco claro en la superficie de la yema, lugar en el que se inicia la división de las células embrionarias cuando el huevo está fecundado.

Ocasionalmente pueden encontrarse huevos con dos yemas. Esto es debido a que la gallina produce en una misma ovulación dos óvulos en lugar de uno, que es lo corriente. Este accidente fisiológico es más común en las aves al principio del período de puesta.

Las manchas de color rojizo o marrón que a veces aparecen en el interior del huevo no deben confundirse con el desarrollo embrionario, sino que son simplemente células epiteliales procedentes del oviducto que se han desprendido al formarse el huevo y que no presentan problema alguno para su consumo. Pueden retirarse fácilmente con la punta de un cuchillo limpio (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

Figura 3. Partes del huevo



(Instituto de Estudios del Huevo, 2009)

4.11 Composición química del huevo

4.11.3 Yema de huevo

- Predominan los lípidos (5.8%), las proteínas (3.1%) y en menor proporción hidratos de carbono (0.2%) y sales minerales (0.3%). Entre las proteínas de la yema destacan:
- Las lipoproteínas de alta densidad (72% en el plasma, 22% en los gránulos), que en promedio suponen el 65%.
- Las lipoproteínas de baja densidad (22%).
- Las fosfoproteínas (la principal es la fosvitina, que contiene 10% de fósforo).
- La livetina (proteína soluble en agua similar a la seroalbúmina de la sangre de los mamíferos).
- Riboflavina.

Entre los lípidos de la yema destacan:

- Triglicéridos.
- Fosfolípidos (entre ellos la lecitina).

- Esteroles (colesterol principalmente, supone el 1.6% de la yema).
- Cerebrósidos (glicolípidos = lípidos combinados con azúcares) Entre los iones minerales que más abundan en la yema, se encuentra el fósforo (asociado a los fosfolípidos).

Los hidratos de carbono pueden presentarse como azúcares libres (principalmente glucosa) o bien como polisacáridos de pequeño número de moléculas que, además, suelen ir ligados a una proteína. Entre los pigmentos destacan los carotenos y la xantofila (esta última bien como luteína, bien como zeaxantina o pigmento rojizo del maíz) (Fálder, 2005).

4.11.4 Clara de huevo

Contiene proteínas (3.5%), hidratos de carbono (0.3%) y sales minerales (0.2%). Prácticamente no contiene lípidos. Entre las proteínas de la clara destacan:

- Ovoalbúmina (cadena larga peptídica enlazada con un hidrato de carbono). Supone el 54% de las proteínas de la clara. Peso molecular elevado (45.000). Contiene aminoácidos con azufre (al que se debe el olor a huevos podridos). La ovoalbúmina permite la formación de espuma a partir de la clara de huevo.
- Ovotransferrina (12% de las proteínas de la clara). Tiene la propiedad de unirse con el hierro y otros iones metálicos. Peso molecular 76.000. También se llama conalbúmina
- Ovomucoide (11%), se trata de una glicoproteína de peso molecular elevado (28.000).
- Ovomucina (3.5%). Cuando se unen varias moléculas de ovomucina, el albumen se hace más denso (se espesa).
- Ovoglobulina. Interviene también en la formación de espuma a partir de la clara.
- Lisozima. Se concentra en la capa calcífera y en la chalaza. Propiedades antibacterianas.

- Otras proteínas: ovomacroglobulina, flavoproteína (contiene riboflavina = vitamina B2), ovoglicoproteína y avidina. Entre los escasos lípidos de la clara destacan los triglicéridos y el colesterol.

Los principales hidratos de carbono pueden presentarse libres (glucosa, principalmente) y asociados a las proteínas. Los iones componentes del albumen son: sodio, potasio, cloruro, sulfuro, fósforo, calcio y magnesio (Fálder, 2005).

Cuadro 3. Composición química del huevo de gallina

Componente	Cantidad
Agua	75.2%
Hidratos de carbono	0.6% (fibra 0%)
Lípidos	12.1%
Ácidos grasos saturados	3.3 %)
Ácidos grasos mono insaturados	4.9%
Ácidos grasos poliinsaturados	1.8%
Colesterol	0.4%)
Proteínas	12.5%
Sodio	97 mg/100 g
Potasio	124 mg/100 g
Calcio	56 mg/100 g
Magnesio	12 mg/100 g
Hierro	2 mg/100 g
Iodo	13 microgramos/100 g
Vitamina B1 (tiamina)	0.1 mg/100 g
Vitamina B2 (riboflavina)	0.3 mg/100 g
Niacina (ácido nicotínico)	0.1 mg/100 g
Ácido fólico	0.05 mg/100 g
Vitamina B6 (piridoxina)	0.1 mg/100 g
Vitamina A	0.2 mg/100 g (equivalentes retinol)
Vitamina D	2 microgramos/100 g
Vitamina E	2 mg/100 g

(Fálder, 2005)

4.12 Nutrición y alimentación de las gallinas de postura

4.12.3 Requerimientos de nutrientes en las dietas de las gallinas

Las características nutricionales de las dietas para las pollitas y las gallinas dependen de la edad, y la etapa de producción (iniciación, crecimiento, pre-postura y producción de huevo) en que se encuentren (Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina, 2018).

Las dietas para gallinas de postura, es importante estipular un uso mínimo de proteína, pero al mismo tiempo, obtener los mejores porcentajes de producción con la menor conversión alimenticia; esto tiene el fin de mejorar los costos de alimentación.

Todo alimento debe de cubrir los requerimientos durante las etapas de crianza y prepostura en las pollas de remplazo y, para las gallinas, habrán de cubrirse los requerimientos de mantenimiento y producción a través de ingredientes que aporten energía, proteína, aminoácidos vitaminas y minerales (Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina, 2018).

La nutrición y alimentación de la pollita de remplazo se acompañan de un programa de iluminación y un buen manejo durante la crianza para obtener el peso y tamaño requerido de las pollas (esqueleto bien formado) previo a la etapa de producción de huevos; ya que, al cumplir con estos parámetros, cuando la polla llegue a la madurez sexual, el rendimiento será óptimo durante la etapa de postura de la gallina.

Al iniciar la etapa de prepostura y al finalizar la crianza, además de balancear los nutrientes, es importante cuidar los niveles de calcio (2- 2.5%), fósforo (0.30-0.35%) y vitamina D3, para que las pollitas formen suficientes reservas óseas de calcio antes de que comiencen la postura.

El alimento de pre-postura se proporciona hasta que las aves lleguen al 5% de postura, a partir de ese momento se les suministra alimento para postura (Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina, 2018).

4.12.4 Proteína y aminoácidos

Las proteínas son necesarias para el mantenimiento corporal del ave y la formación del huevo. Las necesidades de proteína y aminoácidos esenciales para la polla de remplazo, son más elevadas en la primera etapa de crianza y se reducen gradualmente a medida que avanza la crianza.

Los aminoácidos obtenidos de la proteína de la dieta se usan para cumplir varias funciones, por ejemplo, constituyen tejidos estructurales y protectivos tales como la piel, las plumas, los huesos, los músculos, los órganos y los ligamentos. Los aminoácidos se dividen en tres categorías: aquellos que las aves no pueden sintetizar en suficiente cantidad para cubrir sus necesidades (esenciales); aquellos que sí pueden sintetizar a partir de otros aminoácidos (semi-esenciales), y los que el ave genera en cantidades suficientes para cubrir sus necesidades de mantenimiento y producción (no esenciales). Todos son necesarios para satisfacer las funciones de mantenimiento y producción. Todos son necesarios para satisfacer las funciones de mantenimiento y producción (Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina, 2018)

Las necesidades de proteína y aminoácidos varían de acuerdo con la edad y la etapa de producción. Los aminoácidos más limitados, la metionina, la lisina y la treonina, están disponibles en el mercado en forma sintética para facilitar la formulación de raciones con menor cantidad de proteína cruda para obtener un mejor balance de aminoácidos.

La demanda de aminoácidos del ave se ha establecido de acuerdo con los miligramos de aminoácidos por gramos de masa de huevo producido; por ejemplo, de lisina es de 690 a 860 mg/día y de metionina+cistina es de 580 a 730 mg/día para satisfacer las necesidades de las gallinas que producen entre 53 y 57 gramos de masa de huevo al día. En el caso de la metionina+cistina, se administran las cantidades más bajas de estos aminoácidos en la última fase de alimentación de las ponedoras con la finalidad de reducir el tamaño del huevo y mejorar el grosor

del cascarón, ya que, en esta fase, el tamaño llega a su máximo nivel y por ende un menor grosor del cascarón (Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina, 2018).

4.12.5 Carbohidratos

Los carbohidratos constituyen una fuente de energía y son necesarios en la síntesis de proteína para la formación del huevo. Los hidratos de carbono se clasifican como digestibles e indigestibles. En el caso de las aves, los carbohidratos digestibles incluyen a los monosacáridos (glucosa y fructosa), disacáridos (maltosa, sacarosa) y polisacáridos (almidones). Los carbohidratos no digestibles son parte de la fibra y pueden ser solubles en agua (β -glucanos, pentosanos), o bien, insolubles en agua (celulosa, hemicelulosa) (Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina, 2018).

En la elaboración de dietas para pollas y gallinas ponedoras en México, el sorgo, el maíz y los subproductos de los cereales son la fuente principal de energía; se expresan como energía metabolizable, debido a que es la disponible para el ave.

Las grasas o aceites constituyen una fuente concentrada de energía; satisfacen las necesidades de energía metabolizable que los granos no cubren en su totalidad. Por otro lado, también cumplen funciones importantes en el organismo al formar parte de las membranas celulares, son fuente de ácidos grasos esenciales (ácido linoleico), son un medio de transporte de vitaminas liposolubles y pigmentos, mejoran la palatabilidad del alimento, entre otras funciones. Entre los más utilizados en la elaboración de dietas para aves se encuentran los aceites vegetales, las grasas animales y las grasas de restaurantes. En cada sustancia oleica, varía el contenido de kilocalorías de energía metabolizable (Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina, 2018).

4.12.6 Vitaminas y minerales

Las vitaminas son nutrientes que controlan numerosos procesos vitales; actúan como cofactores en la síntesis de las moléculas esenciales para mantener la salud y las defensas del ave. En la práctica, las vitaminas se incorporan a la dieta, al igual

que la premezcla de los microminerales. Es importante manejar márgenes de seguridad al formular la dieta, debido a que algunas vitaminas son inestables, o bien, por la importancia que tienen sobre la respuesta inmune de la gallina (vitaminas A, E, K, C, D3, B6). Los requerimientos de vitaminas para gallinas se expresan en miligramos por kilogramo de dieta, excepto en las vitaminas A, D3 y E, cuya concentración se indica en unidades internacionales (UI), debido a que las diferentes presentaciones químicas tienen distinta actividad biológica. Las necesidades de vitaminas en la prepostura y la postura, según el NRC (1994).

La demanda de vitaminas va de acuerdo con la cantidad de alimento consumido por ave al día.

Los minerales también son necesarios en el alimento para mantener la salud y la producción del ave, la cual requiere 13 elementos inorgánicos para llevar a cabo sus funciones. El calcio y el fósforo son elementos que se clasifican como estructurales, porque intervienen en la homeostasis celular con el sodio, potasio, cloro, magnesio, manganeso, zinc, hierro, cobre, molibdeno, selenio y el cobalto; minerales traza, actúan a nivel metabólico.

Los granos no contienen la cantidad de calcio y fósforo que el ave requiere, por esto, el alimento necesita complementarse con fuentes de origen inorgánico o animal.

El calcio y el fósforo son esenciales para la formación y el mantenimiento de los huesos. La gallina los usa en la formación del cascarón del huevo. El calcio participa en el proceso de la coagulación de la sangre, la contracción muscular y la transmisión de impulsos nerviosos. La proporción de calcio y fósforo disponible en el alimento para gallinas de postura es de 12 partes de calcio por una de fósforo.

El fósforo es un mineral que forma parte del esqueleto de los ácidos nucleicos de las células y de las moléculas de adenosina-trifosfato (ATP), una fuente de energía directa para la célula. Una parte del fósforo contenido en las plantas se encuentra en forma de fitato, del cual 30 al 40% es digestible. Entre las fuentes de fósforo inorgánico más usadas está el fosfato de calcio, que contiene 18 a 20% de fósforo

100% aprovechable, y la harina de carne y hueso, que en promedio contiene 5% de fósforo.

Varios tipos de enzimas fitasas se adicionan al alimento para hacer disponible, el ácido fítico contenido en los granos, mediante hidrólisis, puesto que las aves no producen estas enzimas.

Los pigmentos que se adicionan a la dieta de las gallinas para dar color a la yema del huevo provienen de recursos naturales como la flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*), rica en luteína; la harina de chile, para los pigmentos rojos (capsantina), o bien, los sintéticos, como los carofiles amarillos y rojos.

Los agentes antimicrobianos que actúan como promotores de la producción al regular el equilibrio en la flora gastrointestinal y con esto evitar el crecimiento de microorganismos patógenos que interfieran en la absorción y digestión del alimento, así los nutrientes se aprovechen mejor (Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina, 2018).

4.12.7 Agua

El agua se considera un nutriente esencial, porque es el constituyente fundamental de las células; el ave la necesita en grandes cantidades comparada con otros nutrientes. Sus funciones más importantes en la gallina son: constituye cerca de 65% del peso del huevo, sirve como medio de transporte del bolo alimenticio, así como de adyuvante en el proceso de digestión y absorción; forma parte de la sangre, la linfa y el moco, lubrica las articulaciones y los músculos, además, sirve para regular la temperatura corporal del ave mediante la evaporación a través de los sacos aéreos, los pulmones y la piel.

Las necesidades en el consumo de agua en la gallina dependen de factores como su estado de salud, la humedad relativa, la temperatura ambiental, la composición de la dieta y el porcentaje de producción de huevo. Se estima que en base al peso corporal, cuando por cada cuatro gallinas, las jaulas proveen agua en bebedero de niple, las gallinas consumen dos veces la cantidad de alimento ingerido al día, es decir, la relación alimento:agua es 2:1; sin embargo, varía, por ejemplo, un exceso

de proteína cruda en la dieta aumenta el consumo de agua o depende del tipo de bebedero. En general, cada ave beberá de 150 a 300 ml por día.

Las aves de postura deben de alimentarse *ad libitum* (Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina, 2018).

4.12.8 Fases de alimentación en la producción de la pollita de remplazo y de la gallina de postura

Las fases se basan en que las gallinas adultas incrementen su consumo de alimento, mientras su producción decrece, pero se incrementa el peso del huevo; por esto, es económicamente conveniente reducir la concentración de proteína, aminoácidos y fósforo, y aumentar el nivel de calcio. Esta reducción de nutrientes no se hace durante el pico de producción, sino después de él. Existen razones por las que se disminuye la cantidad de proteína, aminoácidos y fósforo en la dieta después del pico de postura, como la reducción del costo del alimento y el incremento del tamaño del huevo, ya que la calidad del cascarón se reduce con la edad.

Las fases de alimentación de la pollita de remplazo son cuatro:

Iniciación (0-6 semanas de edad)

Crecimiento (6-12 semanas de edad)

Desarrollo (12-18 semanas de edad)

Pre-postura (18 semanas a primer huevo producido)

El alimento en migaja incrementa el consumo, como consecuencia aumenta el peso corporal, hay mayor uniformidad de los pesos corporales y disminuye la selección del alimento en comparación con el alimento en harina (Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina, 2018).

4.12.9 Fases de alimentación de las gallinas ponedoras

Las fases de la alimentación de la gallina ponedora son 3:

- Fase 1. Consiste en la alimentación desde el inicio de la postura hasta después de pasar la máxima producción de masa de huevo, alrededor de las 36 semanas de edad.
- Fase 2. Consiste en la alimentación durante el periodo de producción, de las 36 a las 52 semanas de edad aproximadamente, momento en el que declina la producción y se incrementa el peso del huevo.
- Fase 3. Consiste en la alimentación a partir de las 52 semanas de edad y hasta finalizar el ciclo de producción; durante esta fase sigue declinando la producción y sólo se incrementa ligeramente el peso del huevo (Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina, 2018).

4.13 Correlaciones

4.13.3 Coeficiente de correlación

Un coeficiente de correlación, mide el grado de relación o asociación existente generalmente entre dos variables aleatorias. No es conveniente identificar correlación con dependencia causal, ya que, si hay una semejanza formal entre ambos conceptos, no puede deducirse de esto que sean análogos; en efecto es posible que haya una alta correlación entre dos acontecimientos y que, sin embargo, no exista entre ellos relación de causa o efecto; por ejemplo, cuando dos acontecimientos tienen alguna causa común, pueden resultar altamente asociados y no son el uno causa del otro. Cabe recordar que el coeficiente fluctúa entre $-1 \leq \rho \leq 1$ (Restrepo B & González L, 2007).

Coeficiente de correlación de Pearson tiene como objetivo medir la fuerza o grado de asociación entre dos variables aleatorias cuantitativas que poseen una distribución normal bivariada conjunta. El coeficiente se define por la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

$$-1 \leq \rho \leq 1$$

Cuando $\rho = +$ la relación es directa entre las variables. Si $\rho = -$ la relación es inversa y si $\rho = 0$ son independientes. Dicho coeficiente se puede expresar en términos de su estadístico como:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2][\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2]}}$$

$$-1 \leq r \leq 1$$

El coeficiente de correlación de Pearson es la media geométrica entre las pendientes de los modelos de regresión lineal simple Y/X, X/Y así:

$$y_i = A_0 + \beta_1 X_i$$

Donde:

A_0 = Intercepto del modelo.

β_1 = Pendiente del modelo, cambio esperado en y por unidad de cambio en x.

VI. JUSTIFICACIÓN

La técnica de correlación es fundamental en la explicación de muchos fenómenos relacionados con el campo animal y vegetal.

Existen estudios sobre las correlaciones en agricultura, pero no se encontró información publicada sobre correlaciones de parámetros productivos en gallinas de postura.

En la producción de huevo para plato en México se llevan con frecuencia registros de parámetros productivos. Sin embargo, no existe un análisis del comportamiento de estas variables y por lo tanto no se conoce si existe o no asociación entre ellas.

Conocer las correlaciones que existen entre las variables: Consumo de Alimento – Producción de huevo, Consumo de Alimento – Peso del huevo, Peso de la gallina – Consumo de alimento promedio/semana, Peso de la gallina – Peso del huevo, Semanas de vida de la gallina – Consumo de alimento, Semanas de vida de la gallina – Peso del huevo, Semanas de vida de la gallina – Peso de la gallina, Consumo de alimento – Alto de huevo, Consumo de alimento – Ancho del huevo

Conocer la correlación múltiple de las Semanas de vida, Consumo de alimento promedio Kg/semana, Peso de la gallina en gr. y Producción de huevo modulo/semana y Semanas de vida, Consumo de alimento promedio Kg/semana, Peso de la gallina en gr. y Peso de huevo en gr.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Sitio experimental

El experimento para analizar las correlaciones de parámetros productivos en las gallinas de postura Lohman se realizó en la posta zootécnica en el área de aves de postura del Centro Universitario UAEM Temascaltepec de la Universidad Autónoma del Estado de México. Ubicada en el municipio de Temascaltepec de González, barrio de Santiago Km. 67.5 carretera Toluca-Tejupilco, Estado de México.

Figura 4. Área de producción avícola de la posta zootécnica



7.2 Características de las instalaciones y equipo

Se utilizó la nave de aves de postura de la posta zootécnica, la cual mide 9 m de largo, 6 m de ancho y 3.5 m de alto, se hizo el previo lavado con agua y con jabón antes de la llegada de las gallinas.

Se instaló un módulo en sistema piramidal con tres niveles y 12 compartimentos de cada lado, dando un total de 24 jaulas individuales, cada una provista de comedero y bebedero, el comedero se ubicó frontal a las jaulas y el bebedero en la parte superior.

Figura 5. Módulo para aves tipo pirámide



La nave se desinfecto 5 días antes de la llegada al interior como el exterior con cloro, 50 ml/litro de agua mediante aspersion.

Se utilizaron bandejas o conos para recolectar el huevo, dos básculas una granataría de 5 kg y una de 40 kg de capacidad, para el registro se emplearon libretas para cada registro, lapiceros, plumones permanentes, reglas métricas, vasos de plástico, brocha y recogedor plástico para recolectar los rechazos de alimento.

La identificación se realizó con cintas de color (amarilla, azul y verde) a cada una de las gallinas por jaula.

Se utilizó un vernier digital para medir alto y ancho de huevo.

7.3 Material biológico

Para este experimento se utilizaron 72 gallinas de postura de la línea Lohman Brown con 18 semanas de edad.

7.4 Manejo

7.4.1 Recepción de las gallinas de postura

Para la recepción de las gallinas se adecuo un espacio para el periodo de adaptación, que fue de 15 días, estas se recibieron en piso con cama de viruta y rastrojo. Al momento de la recepción se hidrataron las gallinas con agua a libre acceso en bebederos tipo canoa con capacidad de 4 litros durante las primeras dos horas, pasado este tiempo se suministró alimento de postura a libre acceso en comederos tipo tolva con capacidad de 11 kg.



Antes de la llegada de las gallinas se acondiciono, se lavó y se desinfecto todas las instalaciones, así como la jaula piramidal y se revisó que cada jaula fuera funcional.

Al momento de subir a las gallinas a la jaula piramidal se tomó el peso individual de cada gallina para tener el peso inicial con una báscula digital, en ese momento se identificaron con una cinta de color diferente a las tres gallinas (amarillo, azul y verde), estas se pesaron cada semana los días lunes a las 5:00 p.m esto se realizó hasta que finalizo el experimento.

Figura 6. Peso de entrada



7.4.2 Distribución

Se utilizarón 3 gallinas por jaula y se seleccionaron al azar, cada lote fue identificado de acuerdo al número correspondiente del 1 al 24 con una cinta de color rojo.

7.4.3 Alimentación

Durante todo el experimento se utilizó un alimento comercial de la marca Campi Huevo, que es un alimento de postura.

Postura			
Proteína cruda, mínimo	16.00 %	Cenizas, máximo	6.00 %
Grasa cruda, mínimo	4.00 %	Humedad, máximo	12.00
Fibra cruda, mínimo	4.50 %	E.L.N, por diferencia	57.50 %

El alimento ofrecido por ave fue de 120 gr. al momento de subirlas a la jaula y durante todo el proceso, se multiplico por las 3 gallinas, ya que fue ofrecido en 2 raciones y pesado en vasos de plástico, este se dio en dos frecuencias una por la mañana 9:00 a.m y una por la tarde 6:00 p.m antes de dar la segunda frecuencia se

recogía el rechazo del comedero y posteriormente se pesaba y se registraba en la bitácora de rechazos con la fecha indicada de cada día.

Figura 7. Pesaje de alimento a ofrecer



7.4.4 Suministro de agua

El agua fue almacenada en un contenedor tipo cilindro con capacidad de 30 litros contaba con un flotador para el llenado automático y fue distribuida por una red de tubería de pvc de $\frac{3}{4}$ de pulgada instalada en cada nivel de la batería ofreciendo el agua a libre acceso por bebederos automáticos tipo niple que se instalaron en parte superior de cada compartimento y fue monitoreada constantemente.

7.5 Fotoperiodo

Se hizo un programa de iluminación para el fotoperiodo en las gallinas de postura donde se estableció luz artificial durante un promedio de 4 horas durante la noche y así poder completar las 16 horas luz recomendadas para las gallinas de postura se utilizaron dos lámparas de 1.20 m de longitud de luz fluorescente blanca con capacidad de 10 watts, un temporizador de la marca steren con una programación automática para establecer las horas que se recomiendan para el fotoperiodo.

7.6 Recolección de datos

Los datos se recolectaron diariamente, excepto el peso de las gallinas que se realizó semanalmente, donde se registraron en bitácoras: peso semanal de las gallinas, peso del rechazo de alimento, peso del huevo, altura del huevo y diámetro del huevo.

7.7 Variables de respuesta

Se evaluaron las siguientes variables:

- Consumo de alimento

El consumo de alimento por día se obtuvo mediante una resta de alimento ofrecido en dos frecuencias a cada comedero por jaula, una por la mañana 9:00 a.m. y una por la tarde 6:00 p.m menos alimento rechazado el cual se recogía del comedero a las 5:40 p.m se pesaba y se registraba en la bitácora de rechazos y de esta manera se obtenía el consumo real de cada día.

El consumo de alimento por día se estimó con la siguiente fórmula:

$$C.A = A.O - A.R$$

Donde

C.A: Consumo de alimento

A.O: Alimento ofrecido

A.R: Alimento rechazado

- Peso de la gallina

Las gallinas se pesaron al momento de entrar al experimento para tener el peso de entrada y después se hizo semanalmente los días lunes, cada gallina se identificó con una cinta de diferente color (verde, azul, y amarilla), se pesó con una báscula digital con capacidad de 40 kg y se registraron los pesos individuales hasta llegar a la semana 50 y registrar su peso final en gr. en la bitácora de peso de la gallina.

El cálculo de ganancia de peso se estimó mediante la siguiente fórmula.

$$G.P = PVF - PVI$$

Donde:

G.P: Ganancia de peso.

PVF: Peso vivo final.

PVI: Peso vivo inicial.

- Conversión alimenticia

La conversión alimenticia expresa la cantidad o unidades de alimento que se debe consumir por aves para producir una unidad de huevo. La conversión de alimento debe ser lo menor posible para obtener el mayor rendimiento del producto, por lo tanto, se estimó con la siguiente fórmula:

$$\text{Conversion alimento (kg/k)} = \frac{\text{Alimento total ofrecido}}{\text{Total de kg de producto (huevo) día}}$$

- Peso huevo o peso promedio de huevo (g)

El peso de huevo o peso promedio de huevo (g) se estimó como:

$$\text{Peso de huevo (g)} = \frac{\text{Total de kg recolectados} \times 1000}{\text{Total de huevos pesados (n)}}$$

- Ganancia de peso de la gallina por semana

El cálculo de ganancia de peso se estimó de la siguiente manera:

$$G.P = PVF - PVI$$

Donde:

G.P: Ganancia de peso.

PVF: Peso final.

PVI: Peso inicial

- Peso de huevo

Los huevos se recogieron todos los días a las 10:00 am de cada jaula, el huevo se pesó con la ayuda de una báscula granataría de 5 kg y se registró en la bitácora de peso del huevo, altura del huevo y ancho del huevo.

Figura 8. Pesaje de huevo



- Altura del huevo

Se midió la altura del huevo con un vernier, la medición se realizó después de haber pesado el huevo y se hizo durante todo el experimento, se registró en la bitácora de peso del huevo, altura del huevo y ancho del huevo.

- Ancho del huevo

Se midió el ancho del huevo con un vernier, se realizó después de haber pesado y haber medido el diámetro transversal del huevo y se hizo durante todo el experimento, se registró en la bitácora de peso del huevo, altura del huevo y ancho del huevo.

Figura 9. Medición de huevo (ancho)



7.8 Correlaciones

Consumo de Alimento – Producción de huevo, Consumo de Alimento – Peso del huevo, Peso de la gallina – Consumo de alimento promedio/semana, Peso de la gallina – Peso del huevo, Semanas de vida de la gallina – Consumo de alimento, Semanas de vida de la gallina – Peso del huevo, Semanas de vida de la gallina – Peso de la gallina, Consumo de alimento – Alto de huevo, Consumo de alimento – Ancho del huevo.

7.8.1 Funciones de regresión

Se generaron 9 funciones de regresión polinomial de segundo orden una para cada correlación antes descrita y dos funciones de regresión múltiple que fueron: producción de huevo kg/modulo/semana en función de semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana y peso de la gallina en gr. y la segunda fue peso de huevo en gr. en función de semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana, peso de la gallina en gr.

7.9 Análisis estadístico

La información se procesó mediante una hoja de cálculo de Excel del paquete office 365.

VIII. RESULTADOS

8.1 Correlación entre consumo de alimento y producción de huevo

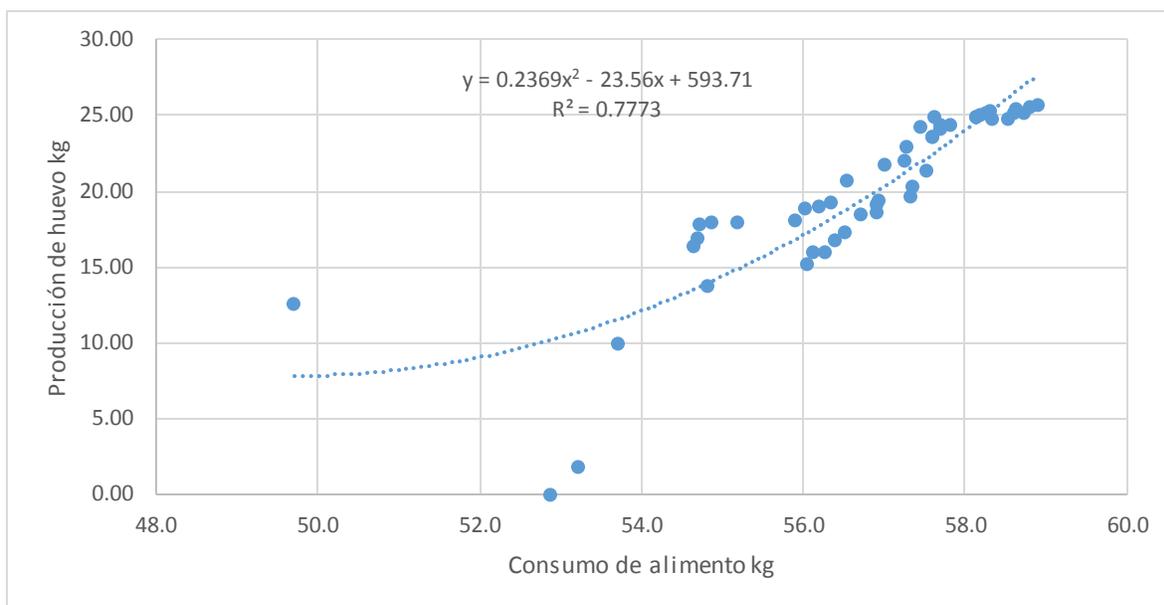
Los datos de las correlaciones se encuentran del cuadro 4 al cuadro 14 que se registraron durante 50 semanas que duro el experimento cada uno con sus resultados correspondientes.

Cuadro 4. Variables de consumo de alimento y producción de huevo

S. E.	C. A. P. kg./S.	P. H. M./S.	S. E.	C. A. P. kg./S.	P. H. M./S.	S. E.	C. A. P. kg./S.	P. H. M./S.
1	52.9	0.00	18	57.7	24.46	35	57.6	23.57
2	53.2	1.86	19	57.6	24.97	36	57.6	23.59
3	53.7	10.00	20	58.1	24.97	37	57.5	21.40
4	54.6	16.35	21	58.2	24.97	38	57.4	20.37
5	54.7	16.97	22	58.2	25.07	39	57.3	19.72
6	54.7	17.81	23	58.3	25.17	40	56.9	19.46
7	54.9	17.97	24	58.3	25.24	41	56.9	19.17
8	55.2	17.99	25	58.3	25.36	42	56.9	18.63
9	55.9	18.06	26	58.6	25.41	43	56.7	18.49
10	56.0	18.85	27	58.8	25.59	44	56.5	17.38
11	56.2	19.01	28	58.9	25.68	45	56.4	16.84
12	56.3	19.35	29	58.7	25.15	46	56.3	16.05
13	56.6	20.79	30	58.6	25.15	47	56.1	16.04
14	57.0	21.81	31	58.5	24.84	48	56.0	15.17
15	57.3	21.99	32	58.3	24.76	49	54.8	13.79
16	57.3	22.90	33	57.8	24.34	50	49.7	12.61
17	57.5	24.21	34	57.7	24.11			

SE: Semanas de experimento, CAPkg/S: Consumo de alimento promedio kg/semana, PHM/S: Producción de huevo kg/modulo/semana

Gráfica 2. Regresión del consumo de alimento en kg promedio por semana y la producción de huevo por semana kg



El coeficiente de correlación de los datos obtenidos en campo entre el consumo de alimento en kg promedio por semana y la producción de huevo kg por modulo por semana es de .85, fue alto y positivo como se muestra en el cuadro 15, posteriormente se efectuó un análisis de varianza y los resultados se observan en el cuadro 17.

La ecuación obtenida fue:

$$Y = A + \beta_1 * X + \beta_2 * X^2$$

$$Y = 593.703 - 23.560 * X + 0.237 * X^2$$

La F del modelo fue de 82.006, el coeficiente de correlación (R^2) fue de .7773 o 77.73%, las t_c individuales de la ecuación estimada son: intercepto (2.686), X (-2.948) y X^2 (3.281). Los errores estándar individuales fueron (221.058), (7.992) y (0.072), con una probabilidad individual de (9.97E-03), (4.97E-03) y (1.95E-03), con lo que se confirma una alta significancia estadística (*ANDEVA* $p < 0.05$).

Una vez obtenida la ecuación podemos aplicarla para conocer la producción de huevo a partir de la cantidad de alimento consumido por modulo por semana.

Ejemplo:

Si las aves tienen un consumo de 57.0 kg de alimento ¿Cuál será la producción de huevo por semana?

Según la ecuación:

$$Y = 593.703 - 23.560 * X + 0.237 * X^2$$

$$Y = 593.70 - 23.560(57.00) + .237(57.00^2)$$

$$Y = 593.70 - 23.560(57.00) + .237(3249)$$

$$Y = 593.70 - 1342.92 + 770.013$$

$$Y = 20.793$$

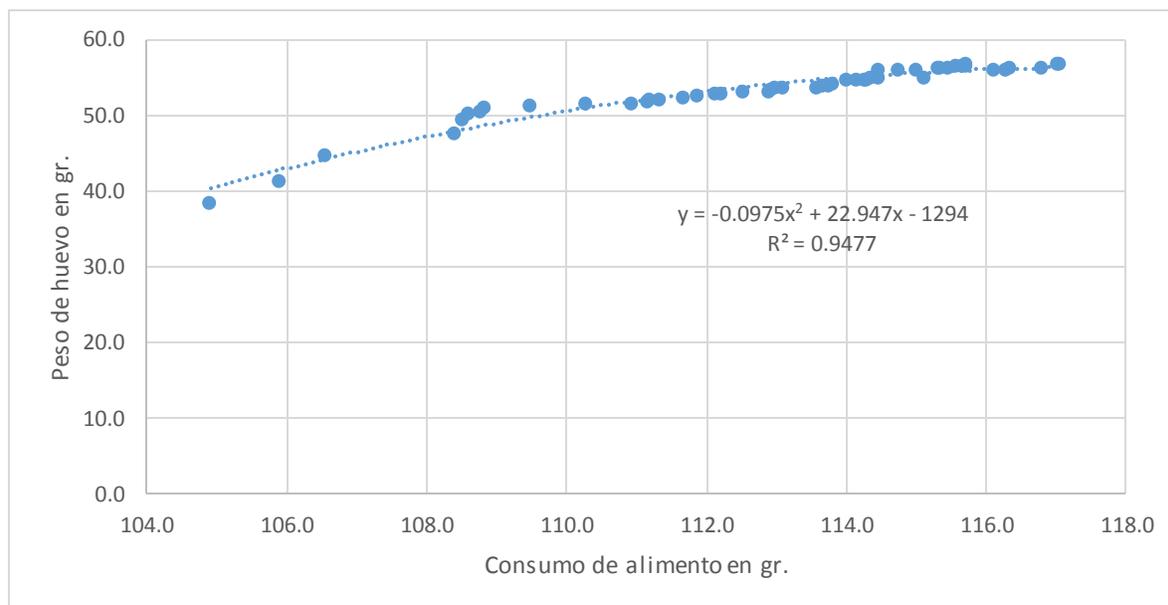
8.2 Correlación entre el consumo de alimento gr. y peso de huevo gr.

Cuadro 5. Variables de consumo de alimento gr. y peso de huevo gr.

S.E.	C.A gr	P. H. gr	S.E.	C.A gr	P. H. gr	S.E.	C.A gr	P. H. gr
1	104.9	38.4	18	112.2	53.0	35	114.7	56.0
2	105.9	41.4	19	112.5	53.1	36	115.0	56.1
3	106.6	44.7	20	112.9	53.2	37	115.3	56.2
4	108.4	47.6	21	112.9	53.4	38	115.4	56.3
5	108.5	49.6	22	113.0	53.7	39	115.4	56.4
6	108.6	50.2	23	113.1	53.7	40	115.6	56.5
7	108.8	50.6	24	113.6	53.8	41	115.7	56.6
8	108.8	51.2	25	113.7	54.0	42	115.7	56.7
9	109.5	51.5	26	113.8	54.1	43	115.7	56.8
10	110.3	51.5	27	113.8	54.2	44	117.0	56.9
11	110.9	51.6	28	114.0	54.8	45	117.0	56.8
12	111.2	51.8	29	114.1	54.8	46	116.8	56.5
13	111.2	52.2	30	114.3	54.9	47	116.3	56.3
14	111.3	52.2	31	114.3	54.9	48	116.3	56.2
15	111.7	52.5	32	114.3	54.9	49	116.1	56.0
16	111.9	52.7	33	114.5	55.0	50	115.1	55.0
17	112.1	53.0	34	114.5	55.9			

SE: Semanas de experimento, CA: Consumo de alimento gr, PH: Peso de huevo gr

Gráfica 3. Regresión entre el consumo de alimento en gr. y el peso de huevo en gr.



El coeficiente de correlación de los datos obtenidos en campo entre el consumo de alimento en gr. y el peso del huevo en gr. es de .93, fue alto y positivo como se muestra en el cuadro 15, posteriormente se efectuó un análisis de varianza y los resultados se observan en el cuadro 18.

La ecuación función obtenida fue:

$$Y = A + B1 * X + B2 * X^2$$

$$Y = -1293.986 + 22.947 * X + -0.097 * X^2$$

La F del modelo fue de 425.504, el coeficiente de correlación (R^2) fue de .9477 o 94.77%, las t_c individuales de la ecuación estimada son: intercepto (-1,293.986), X (22.947) y X^2 (-0.097). Los errores estándar individuales fueron (154.416), (2.767) y (0.012), con una probabilidad individual de (6.95E-11) (9.36E-11) y (4.01E-10), con lo que se confirma una alta significancia estadística (ANDEVA $p < 0.05$).

Una vez obtenida la ecuación podemos aplicarla para conocer el peso del huevo en gr a partir de la cantidad de alimento consumido en gr.

Ejemplo:

Si una gallina consume 114.0 gr. de alimento ¿Cuál será el peso de huevo en gr.?

Según la ecuación:

$$Y = -1293.986 + 22.947 * X - 0.097 * X^2$$

$$Y = -1293.986 + 22.947(114.0) - 0.097(114.0^2)$$

$$Y = -1293.986 + 22.947(114.0) - 0.097(12996)$$

$$Y = -1293.986 + 2610.6 - 1260.612$$

$$Y = 56.002$$

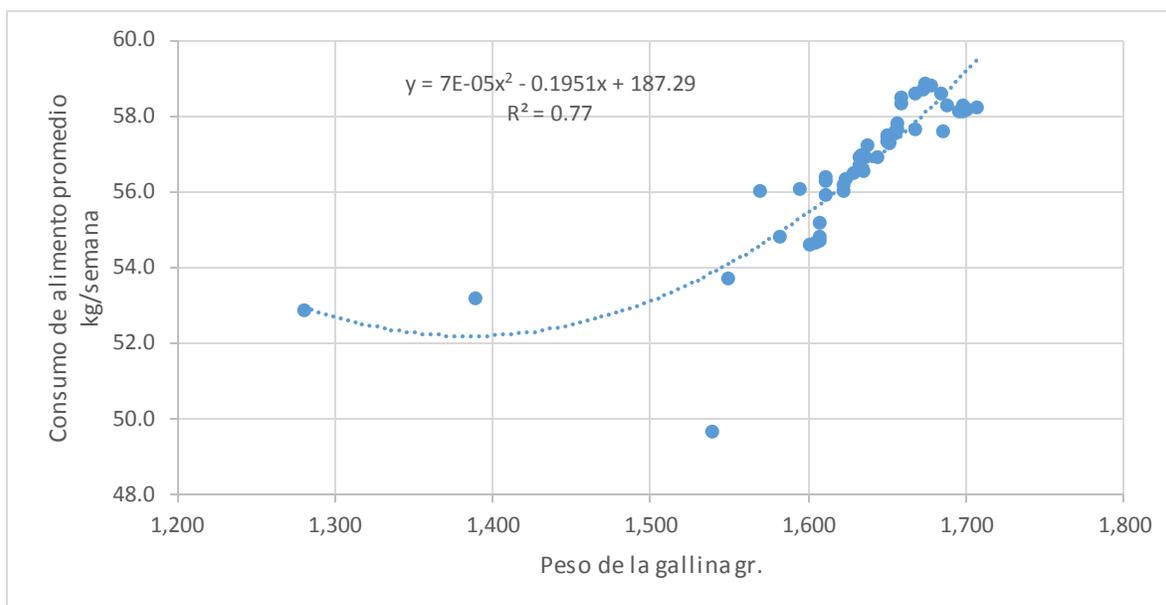
8.3 Correlación entre el peso de la gallina gr. y el consumo de alimento promedio kg/semana

Cuadro 6. Variables de Peso de la gallina gr. y consumo de alimento promedio kg/semana

S. E.	P. G. gr	C. A. P. kg/S	S. E.	P. G. gr	C. A. P. kg/S	S. E.	P. G. gr.	C. A. P. kg/S
1	1,281	52.9	18	1,668	57.7	35	1,657	57.6
2	1,388	53.2	19	1,685	57.6	36	1,656	57.6
3	1,549	53.7	20	1,695	58.1	37	1,655	57.5
4	1,601	54.6	21	1,698	58.2	38	1,654	57.4
5	1,604	54.7	22	1,700	58.2	39	1,650	57.3
6	1,606	54.7	23	1,707	58.3	40	1,650	56.9
7	1,607	54.9	24	1,281	58.3	41	1,650	56.9
8	1,607	55.2	25	1,388	58.3	42	1,643	56.9
9	1,611	55.9	26	1,698	58.6	43	1,636	56.7
10	1,622	56.0	27	1,687	58.8	44	1,632	56.5
11	1,622	56.2	28	1,684	58.9	45	1,632	56.4
12	1,623	56.3	29	1,678	58.7	46	1,628	56.3
13	1,634	56.6	30	1,674	58.6	47	1,611	56.1
14	1,634	57.0	31	1,672	58.5	48	1,610	56.0
15	1,638	57.3	32	1,668	58.3	49	1,594	54.8
16	1,650	57.3	33	1,659	57.8	50	1,569	49.7
17	1,650	57.5	34	1,658	57.7			

SE: Semanas de experimento, CAPkg/S: Consumo de alimento promedio kg/semana, PG: Peso de la gallina en gr

Gráfica 4. Regresión Peso de la gallina gr. y consumo de alimento promedio kg/semana.



El coeficiente de correlación de los datos obtenidos en campo entre el peso de la gallina gr. y consumo de alimento promedio kg/semana es de .78, fue alto y positivo como se muestra en el cuadro 15, posteriormente se efectuó un análisis de varianza y los resultados se observan en el cuadro 19.

La ecuación función obtenida fue:

$$Y = A + B1 * X + B2 * X^2$$

$$Y = 187.289 - 0.195 * X + 0.00007 * X^2$$

La F del modelo fue de 78.689, el coeficiente de correlación (R^2) fue de .7700 o 77.00%, las t_c individuales de la ecuación estimada son: intercepto (187.289), X (-0.195) y X^2 (7.04E-05). Los errores estándar individuales fueron (27.823), (0.037) y (1.20E-05), con una probabilidad individual de (2.09E-08), (2.83E-06) y (4.50E-07), con lo que se confirma una alta significancia estadística (ANDEVA $p < 0.05$).

Una vez obtenida la ecuación podemos aplicarla para conocer el consumo de alimento promedio kg/semana a partir del peso de la gallina gr.

Ejemplo:

Si una gallina pesa 1,450 gr ¿Cuál será el consumo de alimento promedio kg/semana de un modulo?

Según la ecuación:

$$Y = 187.289 - 0.195 * X + 0.00007 * X^2$$

$$Y = 187.289 - 0.195(1,450) + 0.00007(1,450^2)$$

$$Y = 187.289 - 0.195(1,450) + 0.00007(2,102,500)$$

$$Y = 187.289 - 282.75 - 147.175$$

$$Y = 52.48$$

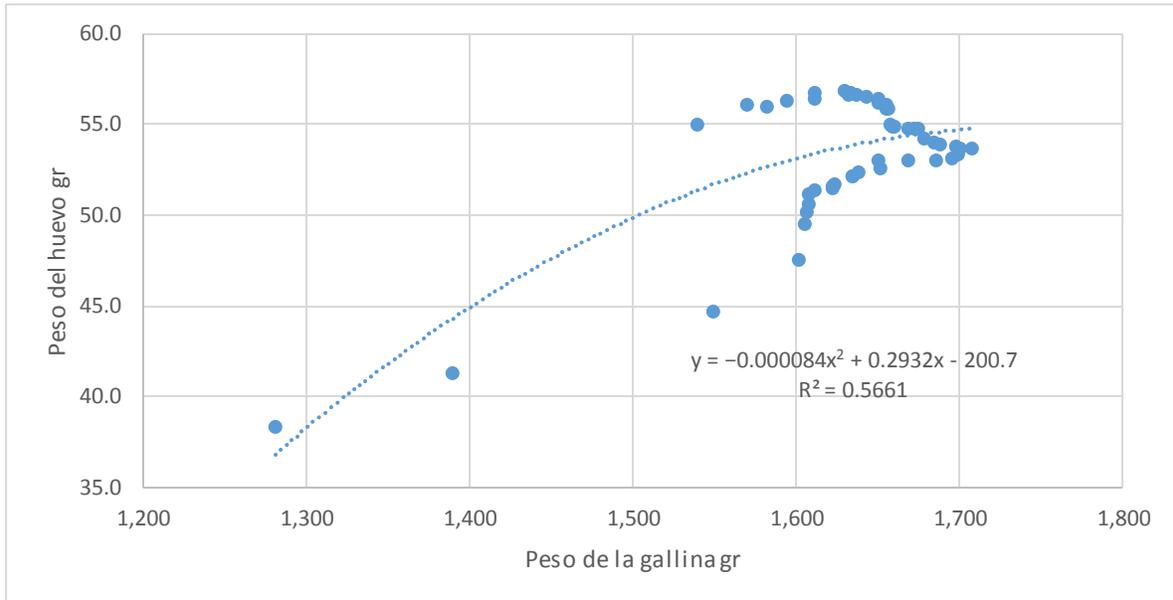
8.4 Correlación entre el peso de la gallina gr. y peso del huevo gr.

Cuadro 7. Variables de peso de la gallina gr. y peso del huevo gr.

S.E.	P.G. gr	P. H. gr	S.E.	P.G. gr	P. H. gr	S.E.	P.G. gr	P. H. gr
1	1,281	38.4	18	1,668	53.0	35	1,655	56.0
2	1,388	41.4	19	1,685	53.1	36	1,654	56.1
3	1,549	44.7	20	1,695	53.2	37	1,650	56.2
4	1,601	47.6	21	1,698	53.4	38	1,650	56.3
5	1,604	49.6	22	1,700	53.7	39	1,650	56.4
6	1,606	50.2	23	1,707	53.7	40	1,643	56.5
7	1,607	50.6	24	1,698	53.8	41	1,636	56.6
8	1,607	51.2	25	1,687	54.0	42	1,632	56.7
9	1,611	51.5	26	1,684	54.1	43	1,632	56.8
10	1,622	51.5	27	1,678	54.2	44	1,628	56.9
11	1,622	51.6	28	1,674	54.8	45	1,611	56.8
12	1,623	51.8	29	1,672	54.8	46	1,610	56.5
13	1,634	52.2	30	1,668	54.9	47	1,594	56.3
14	1,634	52.2	31	1,659	54.9	48	1,569	56.2
15	1,638	52.5	32	1,658	54.9	49	1,582	56.0
16	1,650	52.7	33	1,657	55.0	50	1,538	55.0
17	1,650	53.0	34	1,656	55.9			

SE: Semanas de experimento, PG: Peso de la gallina gr, PH: Peso de huevo gr

Gráfica 5. Regresión entre el peso de la gallina gr. y el peso de huevo gr.



El coeficiente de correlación de los datos obtenidos en campo entre peso de la gallina en gr. y el peso de huevo en gr. es de .71, fue alto y positivo como se muestra en el cuadro 15, posteriormente se efectuó un análisis de varianza y los resultados se observan en el cuadro 20.

La ecuación función obtenida fue:

$$Y = A + B1 * X + B2 * X^2$$

$$Y = -200.701 + 0.293 * X + 0.000084 * X^2$$

La F del modelo fue de 30.664, el coeficiente de correlación (R^2) fue de .5661 o 56.61%, las t_c individuales de la ecuación estimada son: intercepto (-2.505), X (2.776) y X^2 (-2.426). Los errores estándar individuales fueron (80.117), (0.106) y (0.000035), con una probabilidad individual de (1.58E-02), (7.88E-03) y (1.92E-02), con lo que se confirma una alta significancia estadística (*ANDEVA* $p < 0.05$).

Una vez obtenida la ecuación podemos aplicarla para conocer el peso del huevo en gr. a partir del peso de la gallina en gr.

Ejemplo:

Si una gallina pesa 1,707 gr. ¿Cuál será el peso de huevo gr.?

Según la ecuación:

$$Y = -200.701 + 0.293 * X - 0.000084 * X^2$$

$$Y = -200.701 + 0.293(1,707) - 0.000084(1,707^2)$$

$$Y = -200.701 + 0.293(1,707) - 0.000084(2913849)$$

$$Y = -200.701 + 500.151 - 244.763$$

$$Y = 54.68$$

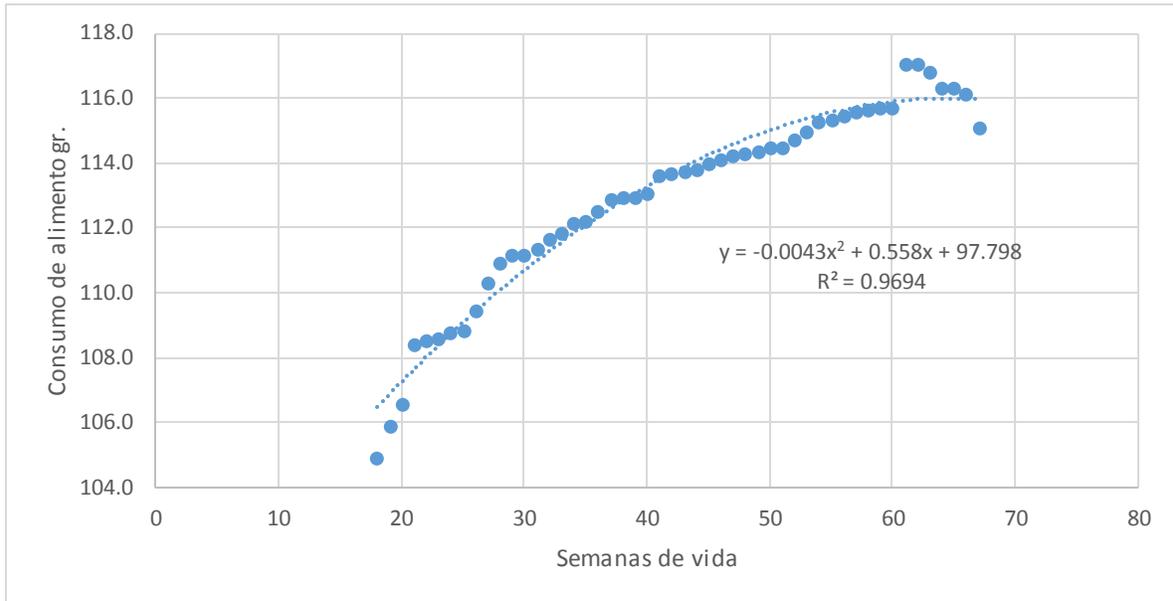
8.5 Correlación entre las semanas de vida y consumo de alimento gr.

Cuadro 8. Variables semanas de vida y consumo de alimento

S.E.	S.V.	C.A. gr	S.E.	S.V.	C.A. gr	S.E.	S.V.	C.A. gr
1	18	104.9	18	35	112.2	35	52	114.7
2	19	105.9	19	36	112.5	36	53	115.0
3	20	106.6	20	37	112.9	37	54	115.3
4	21	108.4	21	38	112.9	38	55	115.4
5	22	108.5	22	39	113.0	39	56	115.4
6	23	108.6	23	40	113.1	40	57	115.6
7	24	108.8	24	41	113.6	41	58	115.7
8	25	108.8	25	42	113.7	42	59	115.7
9	26	109.5	26	43	113.8	43	60	115.7
10	27	110.3	27	44	113.8	44	61	117.0
11	28	110.9	28	45	114.0	45	62	117.0
12	29	111.2	29	46	114.1	46	63	116.8
13	30	111.2	30	47	114.3	47	64	116.3
14	31	111.3	31	48	114.3	48	65	116.3
15	32	111.7	32	49	114.3	49	66	116.1
16	33	111.9	33	50	114.5	50	67	115.1
17	34	112.1	34	51	114.5			

SE: Semanas de experimento, SV: Semanas de vida, CA: Consumo de alimento gr.

Gráfica 6. Regresión entre las semanas de vida y el consumo de alimento gr.



El coeficiente de correlación de los datos obtenidos en campo entre semanas de vida y el consumo de alimento en gr. es de .94, fue alto y positivo como se muestra en el cuadro 15, posteriormente se efectuó un análisis de varianza y los resultados se observan en el cuadro 21.

La ecuación función obtenida fue:

$$Y = A + B1 * X + B2 * X^2$$

$$Y = 97.798 + 0.558 * X - 0.0043 * X^2$$

La F del modelo fue de 743.888, el coeficiente de correlación (R^2) fue de .9694 o 96.94%, las t_c individuales de la ecuación estimada son: intercepto (141.471), X (-15.959) y X^2 (-10.509). Los errores estándar individuales fueron (0.691), (0.035) y (0.00041), con una probabilidad individual de (1.79E-63), (1.33E-20) y (6.29E-14), con lo que se confirma una alta significancia estadística (*ANDEVA* $p < 0.05$).

Una vez obtenida la ecuación podemos aplicarla para conocer el consumo de alimento en gr. a partir de las semanas de vida de la gallina.

Ejemplo:

Si una gallina tiene 40 semanas de vida ¿Cuál será el consumo de alimento en gr.?

Según la ecuación:

$$Y = 97.798 + 0.558 * X + 0.0043 * X^2$$

$$Y = 97.798 + 0.558(40.0) + 0.0043(40.0^2)$$

$$Y = 97.798 + 0.558(40.0) + 0.0043(1,600)$$

$$Y = 97.798 + 22.32 + 6.88$$

$$Y = 126.998$$

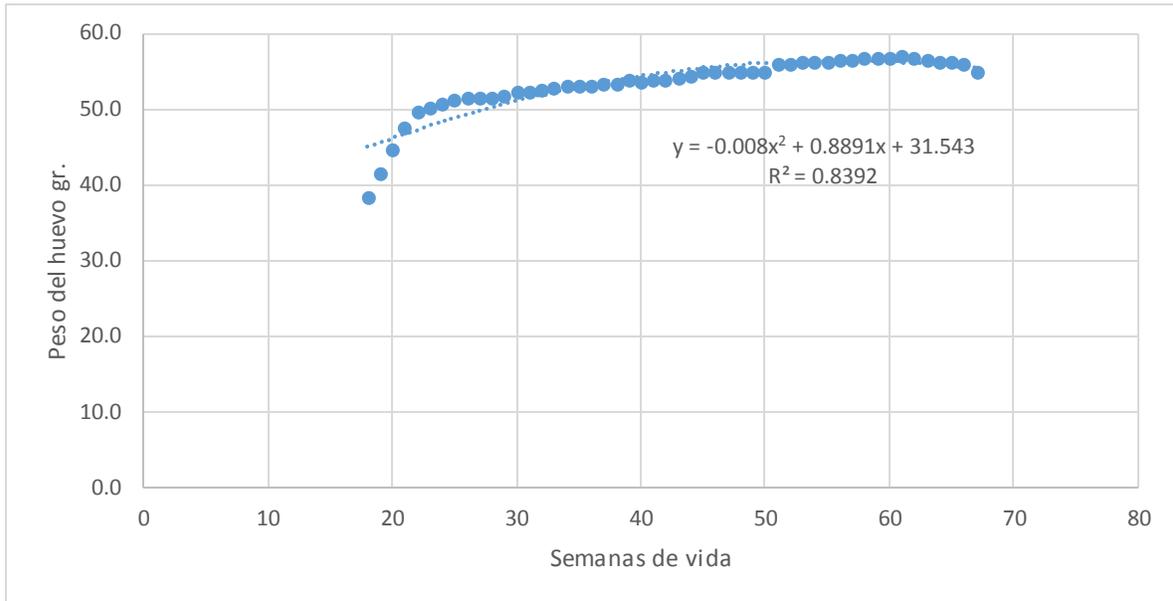
8.6 Correlación entre las semanas de vida y peso de huevo gr.

Cuadro 9. Variables semanas de vida y peso de huevo gr.

S. E.	S. V.	P. H. gr	S. E.	S. V.	P. H. gr	S. E.	S. V.	P. H. gr
1	18	38.4	18	35	53.0	35	52	56.0
2	19	41.4	19	36	53.1	36	53	56.1
3	20	44.7	20	37	53.2	37	54	56.2
4	21	47.6	21	38	53.4	38	55	56.3
5	22	49.6	22	39	53.7	39	56	56.4
6	23	50.2	23	40	53.7	40	57	56.5
7	24	50.6	24	41	53.8	41	58	56.6
8	25	51.2	25	42	54.0	42	59	56.7
9	26	51.5	26	43	54.1	43	60	56.8
10	27	51.5	27	44	54.2	44	61	56.9
11	28	51.6	28	45	54.8	45	62	56.8
12	29	51.8	29	46	54.8	46	63	56.5
13	30	52.2	30	47	54.9	47	64	56.3
14	31	52.2	31	48	54.9	48	65	56.2
15	32	52.5	32	49	54.9	49	66	56.0
16	33	52.7	33	50	55.0	50	67	55.0
17	34	53.0	34	51	55.9			

SE: Semanas de experimento, SV: Semanas de vida, PH: Peso de huevo gr.

Gráfica 7. Regresión entre las semanas de vida y el peso del huevo gr.



El coeficiente de correlación de los datos obtenidos en campo entre las semanas de vida y el peso de huevo en gr. es de .82, fue alto y positivo como se muestra en el cuadro 15, posteriormente se efectuó un análisis de varianza y los resultados se observan en el cuadro 22.

La ecuación función obtenida fue:

$$Y = A + B1 * X + B2 * X^2$$

$$Y = 31.543 + 0.889 * X - 0.0080 * X^2$$

La F del modelo fue de 122.659, el coeficiente de correlación (R^2) fue de .8392 o 83.92%, las t_c individuales de la ecuación estimada son: intercepto (15.854), X (8.834) y X^2 (-6.793). Los errores estándar individuales fueron (1.990), (0.101) y (0.001), con una probabilidad individual de (1.73E-20), (1.49E-11) y (1.68E-08), con lo que se confirma una alta significancia estadística (*ANDEVA* $p < 0.05$).

Una vez obtenida la ecuación podemos aplicarla para conocer el peso del huevo en gr. a partir de las semanas de vida de la gallina.

Ejemplo:

Si una gallina tiene 30 semanas de vida ¿Cuál será el peso del huevo en gr.?

Según la ecuación:

$$Y = 31.543 + 0.889 * X - 0.0080 * X^2$$

$$Y = 31.543 + 0.889(30.00) - 0.0080(30.00^2)$$

$$Y = 31.543 + 0.889(30.00) - 0.0080(900)$$

$$Y = 31.543 + 26.67 - 7.2$$

$$Y = 51.013$$

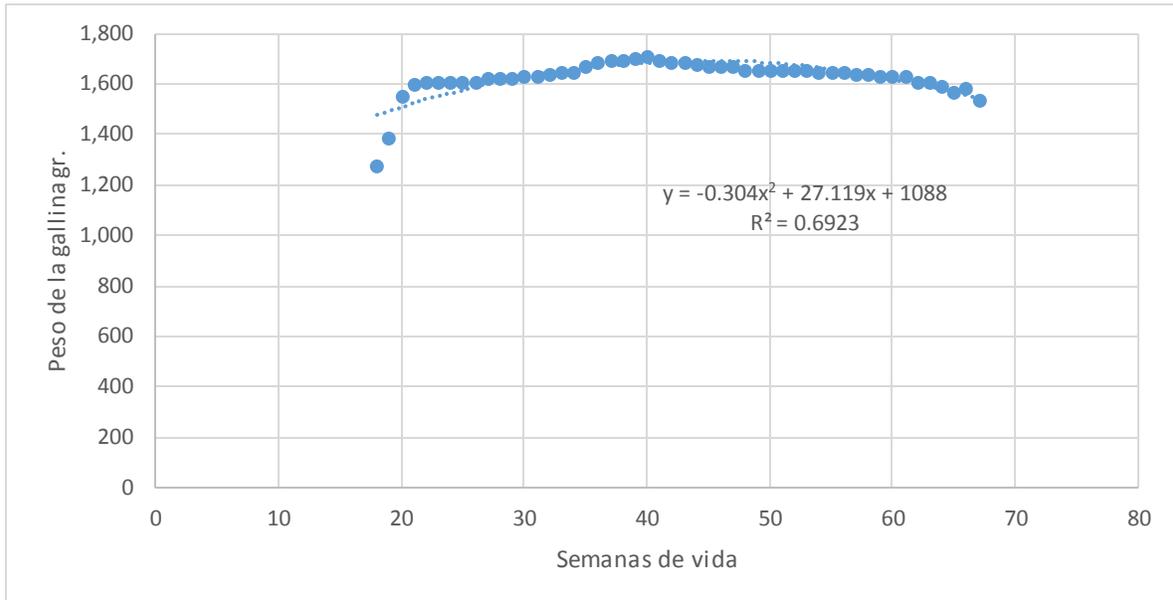
8.7 Correlación entre las semanas de vida y peso de la gallina gr.

Cuadro 10. Variables semanas de vida y peso de la gallina gr.

S. E.	S. V.	P. G. gr	S. E.	S. V.	P. G. gr	S. E.	S. V.	P. G. gr
1	18	1,281	18	35	1,668	35	52	1,655
2	19	1,388	19	36	1,685	36	53	1,654
3	20	1,549	20	37	1,695	37	54	1,650
4	21	1,601	21	38	1,698	38	55	1,650
5	22	1,604	22	39	1,700	39	56	1,650
6	23	1,606	23	40	1,707	40	57	1,643
7	24	1,607	24	41	1,698	41	58	1,636
8	25	1,607	25	42	1,687	42	59	1,632
9	26	1,611	26	43	1,684	43	60	1,632
10	27	1,622	27	44	1,678	44	61	1,628
11	28	1,622	28	45	1,674	45	62	1,611
12	29	1,623	29	46	1,672	46	63	1,610
13	30	1,634	30	47	1,668	47	64	1,594
14	31	1,634	31	48	1,659	48	65	1,569
15	32	1,638	32	49	1,658	49	66	1,582
16	33	1,650	33	50	1,657	50	67	1,538
17	34	1,650	34	51	1,656			

SE: Semanas de experimento, SV: Semanas de vida, PG: Peso de la gallina en gr.

Gráfica 8. Regresión entre las semanas de vida y el peso de la gallina gr.



El coeficiente de correlación de los datos obtenidos en campo entre las semanas de vida y el peso de huevo gr. es de .25, fue bajo y positivo como se muestra en el cuadro 15, posteriormente se efectuó un análisis de varianza y los resultados se observan en el cuadro 23.

La ecuación función obtenida fue:

$$Y = A + B1 * X + B2 * X^2$$

$$Y = 1087.954 + 27.119 * X - 0.304 * X^2$$

La F del modelo fue de 52.861, el coeficiente de correlación (R^2) fue de .6923 o 69.23%, las t_c individuales de la ecuación estimada son: intercepto (20.584), X (10.144) y X^2 (-9.776). Los errores estándar individuales fueron (52.854), (2.673) y (0.031), con una probabilidad individual de (3.7157E-25), (2.0176E-13) y (6.6127E-13), con lo que se confirma una alta significancia estadística (*ANDEVA* $p < 0.05$).

Una vez obtenida la ecuación podemos aplicarla para conocer el peso de la gallina en gr. a partir de las semanas de vida de la gallina.

Ejemplo:

Si una gallina tiene 25 semanas de vida ¿Cuál será el peso de la gallina en gr.?

Según la ecuación:

$$Y = 1,087.954 + 27.119 * X - 0.304 * X^2$$

$$Y = 1,087.954 + 27.119(25.00) - 0.304(25.00^2)$$

$$Y = 1,087.954 + 27.119(25.00) - 0.304(625)$$

$$Y = 1,087.954 + 677.975 - 190$$

$$Y = 1,575.929$$

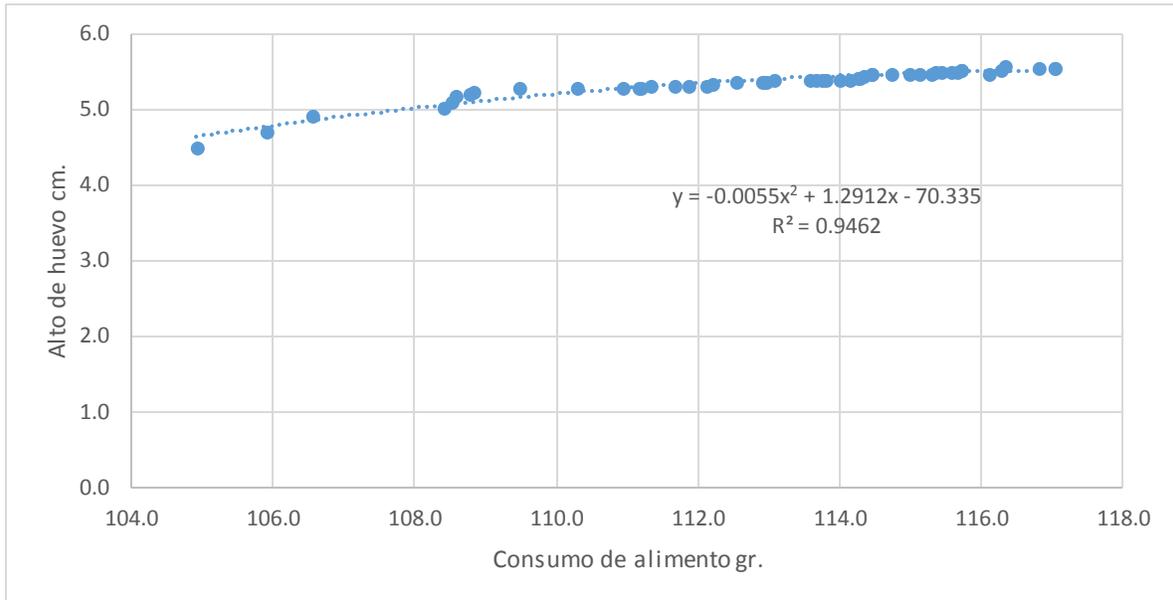
8.8 Correlación entre consumo de alimento gr. y alto de huevo cm.

Cuadro 11. Variables consumo de alimento gr. y alto de huevo cm.

S. E.	C. A. gr	A. H. cm	S. E.	C. A. gr	A. H. cm	S. E.	C. A. gr	A. H. cm
1	104.9	4.500	18	112.2	5.345	35	114.7	5.467
2	105.9	4.704	19	112.5	5.347	36	115.0	5.468
3	106.6	4.915	20	112.9	5.369	37	115.3	5.471
4	108.4	5.028	21	112.9	5.371	38	115.4	5.501
5	108.5	5.092	22	113.0	5.372	39	115.4	5.503
6	108.6	5.167	23	113.1	5.375	40	115.6	5.503
7	108.8	5.196	24	113.6	5.384	41	115.7	5.504
8	108.8	5.218	25	113.7	5.389	42	115.7	5.509
9	109.5	5.273	26	113.8	5.393	43	115.7	5.514
10	110.3	5.273	27	113.8	5.398	44	117.0	5.539
11	110.9	5.279	28	114.0	5.398	45	117.0	5.546
12	111.2	5.275	29	114.1	5.399	46	116.8	5.556
13	111.2	5.291	30	114.3	5.416	47	116.3	5.561
14	111.3	5.300	31	114.3	5.417	48	116.3	5.527
15	111.7	5.296	32	114.3	5.426	49	116.1	5.474
16	111.9	5.309	33	114.5	5.461	50	115.1	5.456
17	112.1	5.320	34	114.5	5.463			

SE: Semanas de experimento, CA: Consumo de alimento gr, AH: Alto de huevo cm.

Gráfica 9. Regresión entre consumo de alimento gr. y alto de huevo cm.



El coeficiente de correlación de los datos obtenidos en campo entre consumo de alimento en gr. y alto de huevo cm. es de .93, fue alto y positivo como se muestra en el cuadro 15, posteriormente se efectuó un análisis de varianza y los resultados se observan en el cuadro 24.

La ecuación función obtenida fue:

$$Y = A + B1 * X + B2 * X^2$$

$$Y = -70.335 + 1.291 * X - 0.0055 * X^2$$

La F del modelo fue de 82.006, el coeficiente de correlación (R^2) fue de .9462 o 94.62%, las t_c individuales de la ecuación estimada son: intercepto (-8.230), X (8.431) y X^2 (-8.014). Los errores estándar individuales fueron (8.546), (0.153) y (0.001), con una probabilidad individual de (1.15E-10), (5.83E-11) y (2.43E-10), con lo que se confirma una alta significancia estadística (ANDEVA $p < 0.05$).

Una vez obtenida la ecuación podemos aplicarla para conocer el alto de huevo cm. a partir del consumo de alimento en gr.

Ejemplo:

Si una gallina consume 110.9 gr. de alimento ¿Cuál será el alto de huevo cm.?

Según la ecuación:

$$Y = -70.335 + 1.291 * X - 0.0055 * X^2$$

$$Y = -70.335 + 1.291(110.9) - 0.0055(110.9^2)$$

$$Y = -70.335 + 1.291(110.9) - 0.0055(12298.81)$$

$$Y = -70.335 + 143.171 - 67.643$$

$$Y = 5.193$$

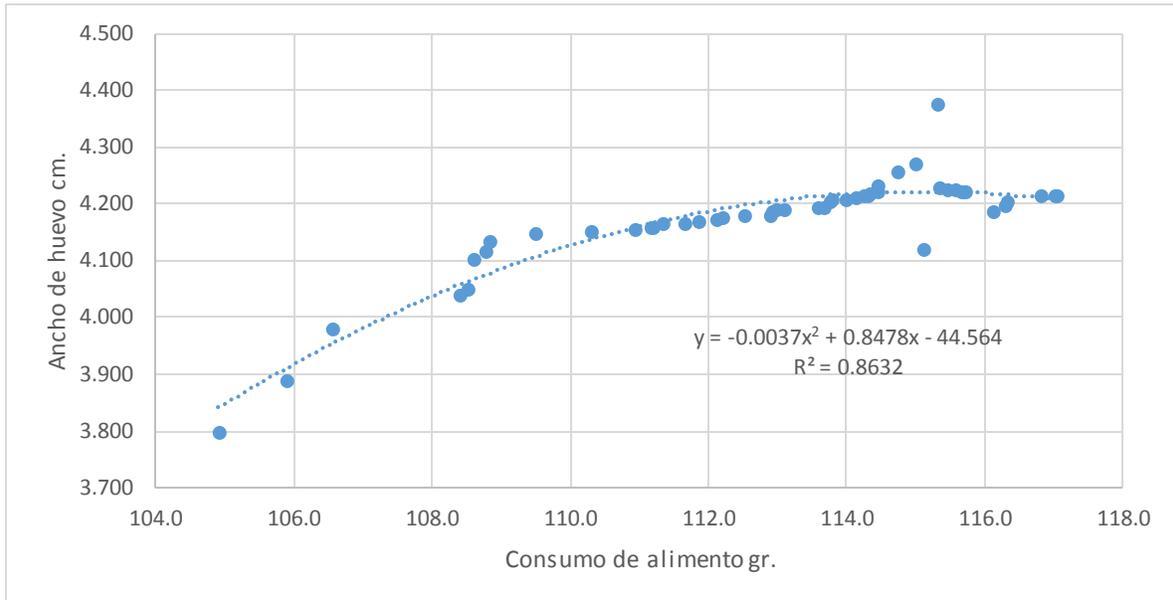
8.9 Correlación entre consumo de alimento gr. y ancho de huevo cm.

Cuadro 12. Variables de consumo de alimento gr. y ancho de huevo cm.

S. E.	C. A. gr	A. H. cm	S. E.	C. A. gr	A. H. cm	S. E.	C. A. gr	A. H. cm
1	104.9	3.800	18	112.2	4.177	35	114.7	4.256
2	105.9	3.889	19	112.5	4.179	36	115.0	4.270
3	106.6	3.980	20	112.9	4.180	37	115.3	4.378
4	108.4	4.040	21	112.9	4.186	38	115.4	4.229
5	108.5	4.049	22	113.0	4.192	39	115.4	4.227
6	108.6	4.102	23	113.1	4.192	40	115.6	4.226
7	108.8	4.117	24	113.6	4.193	41	115.7	4.222
8	108.8	4.135	25	113.7	4.194	42	115.7	4.221
9	109.5	4.150	26	113.8	4.205	43	115.7	4.221
10	110.3	4.153	27	113.8	4.208	44	117.0	4.215
11	110.9	4.154	28	114.0	4.208	45	117.0	4.215
12	111.2	4.158	29	114.1	4.213	46	116.8	4.214
13	111.2	4.158	30	114.3	4.214	47	116.3	4.206
14	111.3	4.165	31	114.3	4.215	48	116.3	4.199
15	111.7	4.168	32	114.3	4.218	49	116.1	4.187
16	111.9	4.169	33	114.5	4.223	50	115.1	4.122
17	112.1	4.174	34	114.5	4.233			

SE: Semanas de experimento, CA: Consumo de alimento gr, AH: Ancho de huevo cm.

Gráfica 10. Regresión entre consumo de alimento gr. y ancho de huevo cm.



El coeficiente de correlación de los datos obtenidos en campo entre consumo de alimento en gr. y ancho de huevo cm. es de .83, fue alto y positivo como se muestra en el cuadro 15, posteriormente se efectuó un análisis de varianza y los resultados se observan en el cuadro 25.

La ecuación función obtenida fue:

$$Y = A + B1 * X + B2 * X^2$$

$$Y = -44.564 + 0.848 * X - 0.0037 * X^2$$

La F del modelo fue de 148.289, el coeficiente de correlación (R^2) fue de .8632 o 86.32%, las t_c individuales de la ecuación estimada son: intercepto (-7.397), X (7.853) y X^2 (-7.620). Los errores estándar individuales fueron (6.025), (0.108) y (4.83E-04), con una probabilidad individual de (2.04E-09), (4.22E-10) y (9.45E-10), con lo que se confirma una alta significancia estadística (*ANDEVA* $p < 0.05$).

Una vez obtenida la ecuación podemos aplicarla para conocer el ancho del huevo cm. a partir del consumo de alimento en gr.

Ejemplo:

Si una gallina consume 117.0 gr. de alimento ¿Cuál será el ancho del huevo cm.?

Según la ecuación:

$$Y = -44.564 + 0.848 * X - 0.0037 * X^2$$

$$Y = -44.564 + 0.848(117.0) - 0.0037(117.0^2)$$

$$Y = -44.564 + 0.848(117.0) - 0.0037(13,689)$$

$$Y = -44.564 + 99.216 - 50.649$$

$$Y = 4.003$$

8.10 Regresión múltiple, semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana, peso de la gallina en gr. y producción de huevo kg modulo/semana

Cuadro 13. Variables de semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana, peso de la gallina gr. y producción peso del huevo kg modulo/semana

S. E.	S. V.	C. A. P. kg/S.	P. G.	P. P. H. kg M/S.	S. E.	S. V.	C. A. P. kg/S.	P. G.	P. P. H. kg M/S.
1	18	52.9	1,281	0.00	26	43	58.6	1,698	25.41
2	19	53.2	1,388	1.86	27	44	58.8	1,687	25.59
3	20	53.7	1,549	10.00	28	45	58.9	1,684	25.68
4	21	54.6	1,601	16.35	29	46	58.7	1,678	25.15
5	22	54.7	1,604	16.97	30	47	58.6	1,674	25.15
6	23	54.7	1,606	17.81	31	48	58.5	1,672	24.84
7	24	54.9	1,607	17.97	32	49	58.3	1,668	24.76
8	25	55.2	1,607	17.99	33	50	57.8	1,659	24.34
9	26	55.9	1,611	18.06	34	51	57.7	1,658	24.11
10	27	56.0	1,622	18.85	35	52	57.6	1,657	23.57
11	28	56.2	1,622	19.01	36	53	57.6	1,656	23.59
12	29	56.3	1,623	19.35	37	54	57.5	1,655	21.40
13	30	56.6	1,634	20.79	38	55	57.4	1,654	20.37
14	31	57.0	1,634	21.81	39	56	57.3	1,650	19.72
15	32	57.3	1,638	21.99	40	57	56.9	1,650	19.46
16	33	57.3	1,650	22.90	41	58	56.9	1,650	19.17
17	34	57.5	1,650	24.21	42	59	56.9	1,643	18.63
18	35	57.7	1,668	24.46	43	60	56.7	1,636	18.49
19	36	57.6	1,685	24.97	44	61	56.5	1,632	17.38
20	37	58.1	1,695	24.97	45	62	56.4	1,632	16.84
21	38	58.2	1,698	24.97	46	63	56.3	1,628	16.05
22	39	58.2	1,700	25.07	47	64	56.1	1,611	16.04
23	40	58.3	1,707	25.17	48	65	56.0	1,610	15.17
24	41	58.3	1,281	25.24	49	66	54.8	1,594	13.79
25	42	58.3	1,388	25.36	50	67	49.7	1,569	12.61

SE: Semanas de experimento, SV: Semanas de vida, CAPkg/S: Consumo de alimento promedio kg/semana, PG: Peso de la gallina, PPHkg/M/S: Producción de huevo modulo/semana

Se efectuó un análisis de varianza y los resultados se observan en el cuadro 26.

La ecuación función obtenida fue:

$$Y = A + B1 * X1 + B2 * X2 + B3 * X3$$

$$Y = -123.793 - 0.029 * X1 + 0.929 * X2 + 0.057 * X3$$

La F del modelo fue de 218.419, el coeficiente de determinación (R^2) fue de .9344 o 93.44%, las t_c individuales de la ecuación estimada son: intercepto (-18.368), $X1$ (-1.913), $X2$ (4.977) y $X3$ (12.082). Los errores estándar individuales fueron (6.739), (0.015), (0.187) y (0.005) con una probabilidad individual de (8.21E-23), (6.19E-02), (9.50E-06) y (7.15E-16), con lo que se confirma una alta significancia estadística (ANDEVA $p < 0.05$).

Una vez obtenida la ecuación podemos aplicarla para estimar la producción de huevo kg modulo/semana a partir de las semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana y la edad de la gallina.

Ejemplo:

¿Cuál será la producción de huevo kg por modulo/semana?

Si las gallinas tienen una edad de 35 semanas, consume en promedio 58.0 kg de alimento modulo/semana y pesan 1,750 gr.

Según la ecuación:

$$Y = -123.793 - 0.029 * X1 + 0.929 * X2 + 0.057 * X3$$

$$Y = -123.793 - 0.029 * (35) + 0.929 * (58.0) + 0.057 * (1,750)$$

$$Y = -123.793 - 1.015 + 53.882 + 99.05$$

$$Y = -124.808 + 152.932$$

$$Y = 28.124$$

8.11 Regresión múltiple, semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana, peso de la gallina en gr. y peso de huevo en gr.

Cuadro 14. Variables de semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana, peso de la gallina gr. y peso del huevo gr.

S. E.	S. V.	C. A. P. kg/S	P. G. gr	P. H. gr	S. E.	S. V.	C. A. P. kg/S	P. G. gr	P. H. gr
1	18	52.9	1,281	38.4	26	43	58.6	1,698	54.1
2	19	53.2	1,388	41.4	27	44	58.8	1,687	54.2
3	20	53.7	1,549	44.7	28	45	58.9	1,684	54.8
4	21	54.6	1,601	47.6	29	46	58.7	1,678	54.8
5	22	54.7	1,604	49.6	30	47	58.6	1,674	54.9
6	23	54.7	1,606	50.2	31	48	58.5	1,672	54.9
7	24	54.9	1,607	50.6	32	49	58.3	1,668	54.9
8	25	55.2	1,607	51.2	33	50	57.8	1,659	55.0
9	26	55.9	1,611	51.5	34	51	57.7	1,658	55.9
10	27	56.0	1,622	51.5	35	52	57.6	1,657	56.0
11	28	56.2	1,622	51.6	36	53	57.6	1,656	56.1
12	29	56.3	1,623	51.8	37	54	57.5	1,655	56.2
13	30	56.6	1,634	52.2	38	55	57.4	1,654	56.3
14	31	57.0	1,634	52.2	39	56	57.3	1,650	56.4
15	32	57.3	1,638	52.5	40	57	56.9	1,650	56.5
16	33	57.3	1,650	52.7	41	58	56.9	1,650	56.6
17	34	57.5	1,650	53.0	42	59	56.9	1,643	56.7
18	35	57.7	1,668	53.0	43	60	56.7	1,636	56.8
19	36	57.6	1,685	53.1	44	61	56.5	1,632	56.9
20	37	58.1	1,695	53.2	45	62	56.4	1,632	56.8
21	38	58.2	1,698	53.4	46	63	56.3	1,628	56.5
22	39	58.2	1,700	53.7	47	64	56.1	1,611	56.3
23	40	58.3	1,707	53.7	48	65	56.0	1,610	56.2
24	41	58.3	1,281	53.8	49	66	54.8	1,594	56.0
25	42	58.3	1,388	54.0	50	67	49.7	1,569	55.0

SE: Semanas de experimento, SV: Semanas de vida, CAPkg/S: Consumo de alimento promedio kg/semana, PG: Peso de la gallina en gr, PH: Peso del huevo en gr.

Se efectuó un análisis de varianza y los resultados se observan en el cuadro 27.

La ecuación función obtenida fue:

$$Y = A + B1 * X1 + B2 * X2 + B3 * X3$$

$$Y = 3.671 + 0.177 * X1 - 0.140 * X2 + 0.031 * X3$$

La F del modelo fue de 316.199, el coeficiente de correlación (R^2) fue de .9538 o 95.38%, las t_c individuales de la ecuación estimada son: intercepto (0.964), X_1 (20.929), X_2 (-1.330), X_3 (11.580). Los errores estándar individuales fueron (221.057), (7.992), (0.072) y (0.072), con una probabilidad individual de (0.340), (3.81E-25), (0.190) y (3.13E-15), con lo que se confirma una alta significancia estadística (*ANDEVA* $p < 0.05$).

Una vez obtenida la ecuación podemos aplicarla para estimar el peso del huevo en gr. a partir de las semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana y la edad de la gallina.

Ejemplo:

¿Cuál será el peso del huevo en gr.?

Si las gallinas tienen una edad de 25 semanas, consume en promedio 58.3 kg de alimento modulo/semana y pesan 1,650 gr.

Según la ecuación:

$$Y = 3.671 + 0.177 * X_1 - 0.140 * X_2 + 0.031 * X_3$$

$$Y = 3.671 + 0.177 * (25) - 0.140 * (58.3) + 0.031 * (1,650)$$

$$Y = 3.671 + 4.425 - 8.162 + 51.15$$

$$Y = 59.246 - 8.162$$

$$Y = 51.084$$

IX. DISCUSIÓN

El coeficiente de correlación nos dice si dos variables están relacionadas de manera lineal y si la relación es positiva o negativa, además se generaron modelos estadísticos de regresión polinómica y múltiple, obteniendo una ecuación como herramienta que permite conocer el comportamiento productivo de las distintas especies de interés zotécnico y conocer el cambio de la variable de respuesta cuando la variable insumo cambia una unidad.

Así mismo no se han encontrado trabajos publicados que describan las correlaciones entre variables en gallinas de postura, sin embargo, se puede analizar las variables desde el punto de vista zotécnico por ejemplo Sánchez *et. al.* (2010) plantean que el peso corporal es el principal elemento controlador del peso de los huevos tanto al inicio como durante todo el período de producción.

Bermúdez (1997) refiere al peso vivo y la edad de la ponedora como otros factores que influyen sobre el peso de los huevos.

X. CONCLUSIONES

Se pudo conocer la relación existente entre las variables de cada correlación, además se generaron modelos de regresión polinómica que explican y predicen de forma adecuada la relación que existe entre las variables.

Las correlaciones altas fueron Semanas de vida de la gallina –Consumo de alimento r .947, Consumo de Alimento – Peso del huevo r .937 y Consumo de alimento – Alto de huevo r .934, mientras que las menores fueron Consumo de alimento – Peso de la gallina r .519 y Semanas de vida de la gallina – Peso de la gallina r .257.

Con los modelos de regresión polinómica se encontraron R^2 elevadas como: Semanas de vida de la gallina –Consumo de alimento R^2 .9694 o 96.94%, Consumo de alimento en gr. – Peso de huevo en gr. R^2 .9477 o 94.77% y Consumo de alimento –Alto de huevo R^2 .9694 o 96.94%, mientras que las menores fueron Semanas de vida – Peso de la gallina R^2 .6923 o 69.23% y Peso de la gallina – Peso del huevo R^2 .5661 o 56.61%.

Con los modelos de regresión múltiple encontramos coeficientes de determinación R^2 de semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana, peso de la gallina gr y producción peso del huevo modulo/semana de R^2 .9344 o 93.44%, y se encontró R^2 de semanas de vida, consumo de alimento promedio kg/semana, peso de la gallina gr. y peso del huevo gr. de R^2 .9538 o 95.38%.

Los modelos resultaron adecuados para explicar la relación entre las variables debido a que presentaron un alto grado de significancia (F).

XI. RECOMENDACIONES

Las correlaciones pueden ser de gran utilidad para la toma de decisiones de los productores, ya que conociendo solamente una de las variables pueden inferir las otras lo cual reduciría tiempo y costos de producción.

Los modelos de regresión son de gran beneficio para las explotaciones avícolas para predecir ganancias de peso y consumo de alimento para que sean más eficientes

CUNDINAMARCA. Obtenido de <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/319/Comparaci%C3%B3n%20de%20dos%20modelos%20de%20producci%C3%B3n%20de%20pastoreo%20e%20intensivo%29%20y%20su%20relaci%C3%B3n%20en%20la%20calidad%20de%20huevos%20y%20bienestar%20de%20g>

Godoy, M. (2014). *El sistema digestivo en diferentes especies de aves*. Obtenido de <https://bionotas.files.wordpress.com/2014/09/sist-dig-diferentes-especies-aves.pdf>

González, Ernesto Ávila ; Medero, Juan Rubén Carmona ; Serrano , María del Pilar Castañeda; Cuevas, Arturo Cortés; Martínez, Benjamín Fuente; Espinosa, Gary García; Velasco, Xóchitl Hernández; Estrada, Marco Antonio Juárez; Martínez, Néstor Ledesma; Chavéz, Alejandro Mercado; Guzmán, Rubén Merino; Rodríguez, Rafael Paz; Hernández, Elizabeth Posadas; López , José Antonio Quintana ; , Cecilia Rosario Cortés; Cortés, Cecilia Rosario; Camacho, Rodrigo Salamanca; Godoy, Félix Domingo Sánchez; Ramírez, Ezequiel Sánchez; Orozco, Luis Arturo Suazo; Bravo, Odette Urquiza;. (2018). *Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina*. México: LDCV F. Abril Braulio Ortiz.

Instituto de Estudios del Huevo. (2009). *El gran libro del huevo*. Madrid: EVEREST, S.A. Obtenido de <http://institutohuevo.com/wp-content/uploads/2017/07/EL-GRAN-LIBRO-DEL-HUEVO.pdf>

Instituto Nacional Avícola. (8 de Octubre de 2020). Obtenido de Instituto Nacional Avícola: <http://www.ina.org.mx/?q=dmh2020>

LOHMANN TIERZUCHT. (2017). *Pronavicola.com*. Obtenido de Pronavicola.com: <http://www.pronavicola.com/contenido/manuales/lb2017.pdf>

Maximo Sevilla, S. (2015). Calidad y manejo de huevo para plato. *Monografía presentada como requisito parcial para obtener el título de: Ingeniero Agrónomo Zootecnista*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7730/63762%20SEVILLA%20MAXIMINO%2c%20SAUL%20MONOG..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Monge Pérez, J. E., & Loría Coto, M. (2019). Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado bajo invernadero: correlaciones entre variables. *ResearchGate*, 37-54. doi:10.18845/tm.v32i3.4478

Ortiz, M. I., & Galeano, J. C. (2020). *BMEDITORES*. Obtenido de BMEDITORES : <https://bmeditores.mx/avicultura/parametros-productivos-importancia-en-produccion-avicola/>

- Pita Fernández, S. P. (1997). Relación entre variables cuantitativas. *ELSEVIER*.
Obtenido de <https://www.fisterra.com/formacion/metodologia-investigacion/relacion-entre-variables-cuantitativas/-->
- Restrepo B, L. F., & González L, J. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=295023034010>
- SMATTCOM. (2019). *SMATTCOM*. Obtenido de SMATTCOM:
<https://smattcom.com/blog/incrementara-produccion-de-pollo-y-huevo-para-2020>
- UNA. (Diciembre de 2020). *Unión nacional de avicultores*. Obtenido de Unión nacional de avicultores :
<https://una.org.mx/industria/#:~:text=Con%20127.3%20millones%20de%20cajas,%2C%20Brasil%2C%20Turqu%C3%ADa%20y%20Francia>
- UNA. (2021). *Unión nacional de avicultores*. Obtenido de Unión nacional de avicultores : <https://una.org.mx/industria/>
- Unión nacional de avicultores*. (2019). Obtenido de Unión nacional de avicultores:
<https://una.org.mx/indicadores-economicos/>
- Unión nacional de avicultores*. (2020). Obtenido de Unión nacional de avicultores:
<https://una.org.mx/industria/#:~:text=Se%20pronostica%20que%20la%20producci%C3%B3n,de%202.9%20millones%20de%20toneladas.>
- Vargas Céspedes, A., Serrano Chaves, K., Watler, W., Morales, M., & Raffaele, V. (2018). *FICHA TÉCNICA SECTOR PRODUCTIVO AVÍCOLA*. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-Avicola.pdf>
- Vargas González, O. N. (2015). *AVICULTURA*. Ediciones UTMACH. Obtenido de <https://docplayer.es/30980614-Avicultura-oliverio-napoleon-vargas-gonzalez-universidad-tecnica-de-machala.html>

XIII. ANEXOS

Cuadro 15. Resumen de los coeficientes de correlación

Correlaciones	Coeficientes de correlación (r)
Consumo de alimento promedio kg/semana – Producción de huevo kg/modulo/semana	.85
Consumo de alimento gr – Peso de huevo gr	.93
Peso de la gallina en gr – Consumo de alimento promedio kg/semana	.78 x
Peso de la gallina gr – Peso de huevo gr	.71
Semanas de vida – Consumo de alimento gr	.94
Semanas de vida – Peso de huevo gr	.82
Semanas de vida – Peso de la gallina en gr	.25
Consumo de alimento gr – Alto de huevo	.93
Consumo de alimento – Ancho de huevo	.83

Se hizo un ejemplo mediante el cual se obtuvieron los coeficientes de correlación (Cuadro 16).

Cuadro 16. Resumen de los datos de campo y el coeficiente de correlación de las variables consumo de alimento y producción de huevo.

Semana	Consumo de alimento promedio kg/semana	Producción de huevo modulo/semana	X ²	Y ²	X*Y
	X	Y			
1	52.9	0.00	2,795.77	0.0000	0.0000
2	53.2	1.86	2,831.84	3.4484	98.8203
3	53.7	10.00	2,884.23	99.9000	536.7815
.
.
.
50	49.7	12.61	2,470.59	159.0878	626.9292
Σ	2,835.3	1,003.4	16,0937.47	21,668.16	57,316.91

Ejemplo:

$$r_{xy} = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{(n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2)(n(\Sigma y^2) - (\Sigma y)^2)}}$$

$$r_{xy} = \frac{50(57,316.91) - (2,835.3)(1,003.4)}{\sqrt{(50(16,0937.47) - (2,835.3)^2)(50(21,668.16) - (1,003.4)^2)}}$$

$$r_{xy} = \frac{2,865,845.5 - 2,844,940.02}{\sqrt{(8,046,873.5 - 8,038,926.09)(1,083,408 - 1,006,811.56)}}$$

$$r_{xy} = \frac{20905.48}{\sqrt{(7,947.41)(76,596.44)}}$$

$$r_{xy} = \frac{20,905.48}{24,672.70}$$

$$r = 0.85$$

Cuadro 17. Análisis de varianza para consumo de alimento y producción de huevo

Estadísticas de la regresión					
Coeficiente de correlación múltiple					0.8816
Coeficiente de determinación R ²					0.7773
R ² ajustado					0.7678
Error típico					2.6953
Observaciones					50

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	1191.466	595.733	82.006	4.71E-16
Residuos	47	341.430	7.264		
Total	49	1532.896			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	593.705	221.058	2.686	9.97E-03
Variable X	-23.560	7.993	-2.948	4.97E-03
Variable X ²	0.237	0.072	3.281	1.95E-03

Cuadro 18. Análisis de varianza para consumo de alimento y peso de huevo

Estadísticas de la regresión					
Coeficiente de correlación múltiple					0.9735
Coeficiente de determinación R ²					0.9477
R ² ajustado					0.9454
Error típico					0.8792
Observaciones					50

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	657.750	328.875	425.504	7.80E-31
Residuos	47	36.327	0.773		
Total	49	694.077			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	-1293.986	154.416	-8.380	6.95E-11
Variable X 1	22.947	2.767	8.292	9.36E-11
Variable X 2	-0.097	0.012	-7.868	4.01E-10

Cuadro 19. Análisis de varianza para peso de la gallina y consumo de alimento promedio kg/semana

Estadísticas de la regresión					
Coeficiente de correlación múltiple					0.8775
Coeficiente de determinación R ²					0.7700
R ² ajustado					0.7602
Error típico					0.8790
Observaciones					50

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	121.608	60.804	78.689	9.98E-16
Residuos	47	36.317	0.773		
Total	49	157.925			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	187.289	27.823	6.732	2.09E-08
Variable X 1	-0.195	0.037	-5.320	2.83E-06
Variable X 2	0.00007	1.20E-05	5.852	4.50E-07

Cuadro 20. Análisis de varianza para peso de la gallina y peso del huevo

Estadísticas de la regresión					
Coeficiente de correlación múltiple					0.7524
Coeficiente de determinación R ²					0.5661
R ² ajustado					0.5477
Error típico					2.5312
Observaciones					50

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	392.940	196.470	30.664	3.01E-09
Residuos	47	301.137	6.407		
Total	49	694.077			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	-200.701	80.117	-2.505	1.58E-02
Variable X 1	0.293	0.106	2.776	7.88E-03
Variable X 2	-8.41E-05	3.47E-05	-2.426	1.92E-02

Cuadro 21. Análisis de varianza semanas de vida y consumo de alimento

Estadísticas de la regresión					
Coefficiente de correlación múltiple					0.9846
Coefficiente de determinación R ²					0.9694
R ² ajustado					0.9681
Error típico					0.5354
Observaciones					50

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	426.429	213.215	743.888	2.64E-36
Residuos	47	13.471	0.287		
Total	49	439.901			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	97.798	0.691	141.471	1.79E-63
Variable X 1	0.558	0.035	15.959	1.33E-20
Variable X 2	-0.004	4.07E-04	-10.509	6.29E-14

Cuadro 22. Análisis de varianza para semanas de vida y peso del huevo

Estadísticas de la regresión					
Coeficiente de correlación múltiple					0.9161
Coeficiente de determinación R ²					0.8392
R ² ajustado					0.8324
Error típico					1.5409
Observaciones					50

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	582.481	291.240	122.659	2.22E-19
Residuos	47	111.596	2.374		
Total	49	694.077			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	31.543	1.990	15.854	1.72E-20
Variable X 1	0.889	0.101	8.834	1.49E-11
Variable X 2	-0.008	0.001	-6.793	1.68E-08

Cuadro 23. Análisis de varianza para semanas de vida y peso de la gallina

Estadísticas de la regresión					
Coeficiente de correlación múltiple					0.8320
Coeficiente de determinación R ²					0.6923
R ² ajustado					0.6792
Error típico					40.9327
Observaciones					50

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	177136.858	88568.429	52.861	9.38E-13
Residuos	47	78747.844	1675.486		
Total	49	255884.703			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	1087.954	52.854	20.584	3.71E-25
Variable X 1	27.119	2.673	10.144	2.01E-13
Variable X 2	-0.304	0.031	-9.776	6.61E-13

Cuadro 24. Análisis de varianza para consumo de alimento y alto de huevo

Estadísticas de la regresión					
Coeficiente de correlación múltiple					0.9727
Coeficiente de determinación R ²					0.9462
R ² ajustado					0.9439
Error típico					0.0487
Observaciones					50

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	1.9551	0.9776	412.9429	1.51E-30
Residuos	47	0.1113	0.0024		
Total	49	2.0664			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	-70.335	8.546	-8.230	1.15E-10
Variable X 1	1.291	0.153	8.431	5.83E-11
Variable X 2	-0.005	0.001	-8.014	2.43E-10

Cuadro 25. Análisis de varianza para consumo de alimento y ancho de huevo

Estadísticas de la regresión					
Coeficiente de correlación múltiple					0.9291
Coeficiente de determinación R ²					0.8632
R ² ajustado					0.8574
Error típico					0.0343
Observaciones					50

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	0.349	0.174	148.289	4.98E-21
Residuos	47	0.055	0.001		
Total	49	0.404			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	-44.564	6.025	-7.397	2.04E-09
Variable X 1	0.848	0.108	7.853	4.22E-10
Variable X 2	-3.68E-03	4.83E-04	-7.620	9.45E-10

Cuadro 26. Análisis de varianza para semanas de vida, consumo de alimento, peso de la gallina y peso del huevo promedio/modulo

Estadísticas de la regresión					
Coeficiente de correlación múltiple					0.9666
Coeficiente de determinación R ²					0.9344
R ² ajustado					0.9301
Error típico					1.4785
Observaciones					50

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	3	1432.344	477.448	218.419	3.26E-27
Residuos	46	100.553	2.186		
Total	49	1532.896			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
A	-123.793	6.739	-18.368	8.20E-23
Semanas de vida	-0.029	0.015	-1.913	0.06
Consumo de alimento promedio/semana	0.929	0.187	4.977	9.49E-06
Peso de la gallina	0.057	0.005	12.082	7.14E-16

Cuadro 27. Análisis de varianza para semanas de vida, consumo de alimento, peso de la gallina y peso del huevo en gr.

Estadísticas de la regresión					
Coeficiente de correlación múltiple					0.9766
Coeficiente de determinación R ²					0.9538
R ² ajustado					0.9507
Error típico					0.8354
Observaciones					50

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	3	661.976	220.659	316.199	1.06E-30
Residuos	46	32.101	0.698		
Total	49	694.077			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
A	3.671	3.808	0.964	0.34
Semanas de vida	0.177	0.008	20.929	3.80E-25
Consumo de alimento promedio Kg/semana	-0.140	0.105	-1.330	0.19
Peso de la gallina	0.031	0.003	11.580	3.13E-15