

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**



**“RENDIMIENTO REPRODUCTIVO DE CODORNICES
JAPONESAS (*Coturnix coturnix japónica*) DE DIFERENTES
EDADES Y PESOS AL INICIO DEL EMPADRE”**

Presentada por:

LINCOL ALBERTO TAFUR CULQUI

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

Lima - Perú

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**“RENDIMIENTO REPRODUCTIVO DE CODORNICES
JAPONESAS (*Coturnix coturnix japónica*) DE DIFERENTES
EDADES Y PESOS AL INICIO DEL EMPADRE”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

LINCOL ALBERTO TAFUR CULQUI

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Enrique Alvarado Malca
PRESIDENTE

Mg.Sc. Pedro Ciriaco Castañeda
PATROCINADOR

Mg.Sc. Wilder Trejo Cadillo
MIEMBRO

Mg.Sc. José Cadillo Castro
MIEMBRO

DEDICATORIA

A **Dios** por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hizo realidad este sueño anhelado.

En memoria de mis abuelos **José - Josefina y Valentín - Inés** que me guían desde el cielo.

A mis padres, **Alberto y María Olga**; por ser los pilares más importantes, ejemplo de vida, respeto, valor, fé y demostrarme siempre su cariño, apoyo espiritual y material de forma incondicional; sobre todo por sus sabios consejos para buscar siempre la superación por medio del estudio y la perseverancia.

A mis hermanos **Carlos, Aurea, Malcoml, Nilson y Percy** que influyeron y estuvieron presentes en mi formación profesional y crecimiento personal y porque los amo infinitamente.

A **Elda Noemi** por su compañía, paciencia y comprensión. A mi hijo **Liam Valentino** por ser mi motivación y felicidad.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria La Molina, por las enseñanzas recibidas mediante sólidos conocimientos, formación científica y humana impartidos por ilustres docentes.

Al Mg.Sc. Pedro Ciriaco Castañeda por su orientación, conocimientos, experiencia, paciencia y apoyo como asesor que hizo posible la culminación de la presente tesis.

A los miembros del jurado, Mg.Sc. Enrique Alvarado Malca, Mg.Sc. Wilder Trejo Cadillo, Mg.Sc. José Cadillo Castro, por sus consejos acertados y sugerencias durante la evaluación del estudio.

Expreso mi sincero agradecimiento al Mg.Sc. Jimny Yoel Nuñez Delgado por su amistad y apoyo que contribuyeron en el análisis y resultados de la presente investigación.

A todo el personal administrativo de la Escuela de Pos Grado de la UNALM, por brindar su deseo de servicio en favor de nosotros los estudiantes.

Agradezco a los alumnos del Doctorado de Ciencia Animal y Pregrado de la Facultad de Zootecnia de la UNALM por sus ideas acertadas que contribuyeron a la finalización del experimento.

Agradezco de forma distinguida a los trabajadores de la Unidad Experimental de Avicultura de la UNALM por brindarme su amistad, conocimientos y facilidades durante la fase de campo del presente estudio.

Agradezco a todas aquellas personas que desinteresadamente mostraron interés y me brindaron su apoyo para el éxito del presente trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. La reproducción de los animales domésticos	2
2.2. Inicio de la etapa productiva en la Avicultura	3
2.3. Generalidades de la codorniz japonesa	3
2.3.1. Anatomía y funcionamiento del aparato genital del macho	4
2.3.2. Anatomía y funcionamiento del aparato genital de la hembra	5
2.4. Maduración sexual y el empadre de las codornices japonesas	7
2.5. Características productivas de la codorniz japonesa	8
2.6. Características de la calidad del huevo de la codorniz japonesa	10
2.7. Características reproductivas de la codorniz japonesa	11
2.8. Influencia de la edad al inicio del empadre en las codornices japonesas	14
2.9. Influencia del peso al inicio del empadre en las codornices japonesas	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Lugar experimental y duración	18
3.2. Condiciones meteorológicas	18
3.3. Instalaciones y equipos	18
3.4. Aves experimentales	19
3.5. Tratamientos	19
3.6. Alimentación	20
3.7. Manejo de la producción	20
3.8. Evaluación de la calidad del huevo	21
3.9. Manejo de la incubación	21
3.10. Análisis estadístico	22

3.11. Parámetros productivos	22
3.11.1. Número de huevos	22
3.11.2. Porcentaje de postura	23
3.11.3. Masa de huevos	23
3.11.4. Peso promedio de huevos	23
3.11.5. Porcentaje de huevos no incubables	23
3.11.6. Consumo de alimento por ave por día	23
3.11.7. Conversión alimenticia	24
3.12. Parámetros de calidad del huevo	24
3.12.1. Unidades Haugh	24
3.12.2. Índice de forma	24
3.12.3. Grosor de cáscara	24
3.13. Parámetros reproductivos	25
3.13.1. Porcentaje de fertilidad	25
3.13.2. Porcentaje de incubabilidad	25
3.13.3. Porcentaje de natalidad	25
3.13.4. Porcentaje de cotupollos de primera	25
3.13.5. Porcentaje de cotupollos de segunda	26
3.13.6. Porcentaje de huevos infértiles	26
3.13.7. Porcentaje de mortalidad embrionaria temprana	26
3.13.8. Porcentaje de mortalidad embrionaria tardía	26
3.13.9. Peso del cotupollo nacido	26
3.14. Retribución económica del alimento	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Características productivas	28

4.1.1. Número de huevos y porcentaje de postura	28
4.1.2. Masa de huevos y peso promedio de huevos	30
4.1.3. Porcentaje de huevos no incubables	32
4.1.4. Consumo de alimento por ave por día	33
4.1.5. Conversión alimenticia	34
4.2. Características de la calidad del huevo	35
4.2.1. Unidades Haugh	35
4.2.2. Índice de forma y grosor de cáscara	37
4.3. Características reproductivas	38
4.3.1. Porcentaje de fertilidad	38
4.3.2. Porcentaje de incubabilidad y natalidad	40
4.3.3. Porcentaje de cotupollos de primera y segunda	42
4.3.4. Porcentaje de huevos infértiles	43
4.3.5. Porcentaje de mortalidad embrionaria temprana y tardía	44
4.3.6. Peso del cotupollo nacido	45
4.4. Retribución económica del alimento	46
V. CONCLUSIONES	49
VI. RECOMENDACIONES	50
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
VIII ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Condiciones meteorológicas durante la evaluación	18
Tabla 2: Influencia de la edad y peso al inicio de postura de codornices japonesas en el rendimiento productivo	29
Tabla 3: Influencia de la edad y peso al inicio de postura de codornices japonesas en la calidad del huevo	36
Tabla 4: Influencia de la edad y peso al inicio de postura de codornices japonesas en el rendimiento reproductivo	39
Tabla 5: Retribución económica del alimento en producción de huevos	47
Tabla 6: Retribución económica del alimento en producción de codornices recién nacidos	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Número de huevos	61
Anexo 2: Porcentaje de postura	61
Anexo 3: Masa de huevos	62
Anexo 4: Peso promedio de huevos	62
Anexo 5: Porcentaje de huevos no incubables	62
Anexo 6: Consumo de alimento	62
Anexo 7: Consumo de alimento por ave por día	63
Anexo 8: Conversión alimenticia	63
Anexo 9: Análisis de varianza del número de huevos	64
Anexo 10: Análisis de varianza del porcentaje de postura	64
Anexo 11: Análisis de varianza de la masa de huevos	65
Anexo 12: Análisis de varianza del peso promedio de huevos	65
Anexo 13: Análisis de varianza del porcentaje de huevos no incubables	66
Anexo 14: Análisis de varianza del consumo de alimento por ave	66
Anexo 15: Análisis de varianza de la conversión alimenticia	67
Anexo 16: Unidades Haugh	67
Anexo 17: Índice de forma	68
Anexo 18: Grosor de cáscara	68
Anexo 19: Análisis de varianza de las unidades Haugh	69
Anexo 20: Análisis de varianza del índice de forma	69
Anexo 21: Análisis de varianza del grosor de cáscara	70
Anexo 22: Porcentaje de fertilidad	70
Anexo 23: Porcentaje de incubabilidad	71
Anexo 24: Porcentaje de natalidad	71

Anexo 25: Porcentaje de cotupollos de primera	71
Anexo 26: Porcentaje de cotupollos de segunda	72
Anexo 27: Porcentaje de huevos infértiles	72
Anexo 28: Porcentaje de mortalidad embrionaria temprana	72
Anexo 29: Porcentaje de mortalidad embrionaria tardía	73
Anexo 30: Peso promedio del cotupollo nacido	73
Anexo 31: Análisis de varianza del porcentaje de fertilidad	74
Anexo 32: Análisis de varianza del porcentaje de incubabilidad	74
Anexo 33: Análisis de varianza del porcentaje de natalidad	75
Anexo 34: Análisis de varianza del porcentaje de cotupollos de primera	75
Anexo 35: Análisis de varianza del porcentaje de cotupollos de segunda	76
Anexo 36: Análisis de varianza del porcentaje de huevos infértiles	76
Anexo 37: Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad embrionaria temprana	77
Anexo 38: Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad embrionaria tardía	77
Anexo 39: Análisis de varianza del peso del cotupollo nacido	78

RESUMEN

Se condujo un experimento con el objetivo de evaluar el rendimiento reproductivo de codornices japonesas de diferentes edades y pesos en el inicio del empadre. La investigación tuvo una duración desde los 45 hasta los 115 días de edad de los reproductores y fue realizado en la Unidad Experimental de Avicultura de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Para ello se emplearon 486 hembras y 162 machos reproductores de 45, 52 y 59 días de edad con 130, 140 y 150 gramos de peso alojadas en 9 baterías de estructura metálica distribuidas previa clasificación en 9 tratamientos con 3 repeticiones de 24 aves cada uno en una relación de tres hembras por un macho. Se realizaron 10 semanas de evaluación de la producción y 4 estimaciones de 54 huevos de codorniz midiendo pesos y diámetros. Se emplearon también 1757 huevos que fueron colocados en la incubadora. Los resultados fueron analizados utilizando el Diseño en Bloques Completamente al Azar con Arreglo Factorial y revelaron que la edad y el peso de las reproductoras tienen un efecto altamente significativo ($p < 0.01$) en la mayoría de variables evaluadas. Los valores más altos obtenidos en donde hubo efecto significativo de la edad y peso de las reproductoras en las características productivas fueron 65.75 en el número de huevos, 46.02 en el porcentaje de postura, 713.92 gramos en masa de huevos, 10.71 en el peso promedio de huevos, 20.85 gramos en el consumo de alimento por ave mostrando los mejores valores las reproductoras de 52 y 59 días de edad con 150 gramos de peso. En las características de calidad del huevo fueron 97.76 en el puntaje de unidades Haugh y 0.202 mm. en el grosor de cáscara mostrando los mejores valores las reproductoras de 52-59 días de edad con 140-150 gramos de peso. En las características reproductivas fueron 64.8 por ciento en la incubabilidad, 68.76 por ciento en la natalidad, 61.16 por ciento en los cotupollos de primera y 6.98 gramos en el peso del cotupollo mostrando los mejores resultados las reproductoras de 52-59 días de edad con 140-150 gramos de peso. Por otro lado, la mayor retribución económica en producción de huevos y cotupollos es obtenido por las reproductoras de 52-59 días con 150 gramos de peso.

Palabras clave: Rendimiento, reproductoras, porcentaje de postura, Consumo de alimento, incubabilidad, natalidad, cotupollos de primera, unidades Haugh.

ABSTRACT

An experiment was conducted with the objective of evaluating the reproductive performance of Japanese quail of different ages and weights at the start of mating. The research lasted from 45 to 115 days of age of the breeders and was carried out in the Poultry Experimental Unit of La Molina Agrarian National University. To this end, 486 females and 162 breeding males of 45, 52 and 59 days of age were used with 130, 140 and 150 grams of weight housed in 9 metallic structure batteries distributed prior to classification in 9 treatments with 3 repetitions of 24 birds each in a ratio of three females to one male. 10 weeks of production evaluation and 4 estimates of 54 quail eggs measuring weights and diameters. We also used 1757 eggs that were placed in the incubator. The results were analyzed using the Random Completely Blocks Design with Factorial Arrangement and revealed that the age and weight of the breeders have a highly significant effect ($p < 0.01$) on most of the evaluated variables. The highest values obtained where there was a significant effect of the age and weight of the breeders in the productive characteristics were 65.75 in the number of eggs, 46.02 in the percentage of laying, 713.92 grams in mass of eggs, 10.71 in the average weight of Eggs, 20.85 grams in feed consumption per bird showing the best values of the 52 and 59 day old reproducers with 150 grams of weight. In the egg quality characteristics were 97.76 in the Haugh units score and 0.202 mm. in the shell thickness showing the best values the breeders of 52-59 days of age with 140-150 grams of weight. In the reproductive characteristics were 64.8 percent in the hatchability, 68.76 percent in the natality, 61.16 percent in the cotupollos of first and 6.98 grams in the weight of the cotupollo showing the best results the reproducers of 52-59 days of age with 140 -150 grams of weight. On the other hand, the highest economic retribution in egg and cotupollo production is obtained by the treatments of 52-59 days with 150 grams of weight.

Key words: Yield, breeders, percentage of posture, feed consumption, hatchability, birth rate, cotupollos of second, units Haugh.

I. INTRODUCCIÓN

En la industria avícola la crianza con fines comerciales se ha incrementado rápidamente a nivel mundial. Sin embargo, no se tiene un conocimiento adecuado del proceso de desarrollo productivo y reproductivo encontrándose muchas recomendaciones para el inicio de postura de las aves. La avicultura se encuentra en la búsqueda de nuevas fuentes de proteínas para la nutrición humana, dentro de ellas la codorniz japonesa se encuentra en una posición de expectativa debido a que aporta huevos y carne.

La codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) es la especie aviar doméstica más pequeña criada para la producción de huevos. Se caracteriza por su rápido crecimiento, madurez sexual precoz, eficiente conversión de alimento, bajos requerimientos de espacio entre otras ventajas, en comparación con las otras aves domésticas, que permite al productor con un bajo capital de inversión comenzar a generar ingresos en un corto tiempo para llegar a tener un buen rendimiento reproductivo de huevos fértiles y huevos incubables.

Las codornices al igual que otras aves de producción deben llegar al empadre con la edad y el peso adecuado para un buen rendimiento reproductivo. Sin embargo, no se conoce la edad y el peso ideal para un buen inicio del empadre en las codornices japonesas; por ello se hace necesario evaluar estos parámetros para encontrar la edad y el peso apropiado para el inicio de puesta de huevos fértiles.

La codorniz japonesa es también un modelo ventajoso para investigar componentes del comportamiento de la reproducción en el contexto de edad y peso corporal. Por ello el presente estudio tiene como objetivo evaluar el rendimiento reproductivo de diferentes edades y pesos al inicio del empadre medidos a través de número de huevos, porcentaje de postura, masa de huevos, peso promedio de huevos, huevos no incubables, consumo de alimento por ave por día, conversión alimenticia, unidades Haugh, índice de forma, grosor de cáscara, fertilidad, incubabilidad, natalidad, cotupollos de primera, cotupollos de segunda, mortalidad embrionaria, peso del cotupollo nacido y retribución económica.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La reproducción de los animales domésticos

La reproducción es un fenómeno esencial para la supervivencia de las especies, por lo tanto, la biología y la tecnología de la reproducción tienen un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad (Roldán, 2004). La reproducción ocupa un papel central dentro de los sistemas de productividad de especies domésticas tanto es así que un mejor nivel aumenta el número de crías producidas por año, influye en el número de animales disponibles para la venta, aumenta el margen de selección entre aquellos animales que se mantendrán como reproductores y permite acelerar el aumento del tamaño del hato (FAO, 1996).

La eficiencia reproductiva de los animales de granja se considera el rasgo de mayor importancia económica en la producción de animales de corral, por lo tanto, es imprescindible comprender el proceso reproductivo para la creación de nueva vida animal ya que es el punto focal de toda la productividad animal. Los productores que manejan animales para obtener altas tasas reproductivas deben entender la producción de células sexuales viables, ciclos estrales, el empadre, la preñez y el parto (Bogart y Taylor, 1990).

El control principal del sistema reproductivo en las aves es obtenido por las hormonas del sistema hipotalámico y pituitario. Hay dos diferentes regiones en la adenohipófisis que son; la región rostral responsable de la producción de las hormonas prolactina, TSH, ACTH y la región caudal responsable de la producción de la hormona del crecimiento. En el macho las hormonas LH y FSH estimulan la producción de testosterona y la espermatogénesis mientras que en la hembra son importantes en la función de las gónadas femeninas (ovarios). La glándula pituitaria responsable de la secreción de prolactina cumple un papel importante en la reproducción como es el metabolismo y el hipotálamo tiene funciones neuronales, secretoras y reguladoras como la liberación de gonadotropinas de la pituitaria anterior (Gutierrez, 1999).

2.2. Inicio de la etapa productiva en la avicultura

En un lote normal el ciclo productivo en las gallinas domésticas comienza alrededor de las 18 a 19 semanas de edad, pero este inicio temprano depende principalmente de la selección genética, tipo de alimentación y el plan de iluminación los cuales tienen un efecto directo en el desarrollo corporal y fisiológico. Por otro lado, la primera etapa de la curva de producción de huevos consiste en el incremento acelerado al pasar de cero a más del 90 por ciento en un lapso de ocho a doce semanas y llegar al máximo de producción (Galeano, 2014).

Las gallinas domésticas alcanzan la madurez sexual a los cinco o seis meses por lo que el empadre se puede realizar a partir de esa edad, sin embargo, se recomienda empadrear hasta los siete a ocho meses con la finalidad de obtener huevos de mayor tamaño para alcanzar un alto porcentaje de incubabilidad y tener pollitos de buen peso al nacimiento. Asimismo, la edad de los reproductores influye en el porcentaje de incubabilidad la cual disminuye cuando la edad aumenta, tan es así que a partir de los 24 meses declina rápidamente (Ciriaco, 1996).

En condiciones de explotación comercial en codornices domésticas de postura se espera que maduren un tiempo de dos semanas más de edad para realizar el apareamiento y luego comenzar con la fase reproductiva donde los huevos van a presentar un buen tamaño y los cotupollos van a tener buenos pesos y un alto porcentaje de natalidad (Bissoni, 1993).

2.3. Generalidades de la codorniz japonesa

La codorniz japonesa es un ave terrestre con dimorfismo sexual limitado que habita áreas verdes. Las hembras son generalmente más grandes que los machos y difieren en el diseño del plumaje teniendo un tono de color más claro en el pecho rociado con pequeñas manchas negras, mientras que el macho fenotípicamente se caracteriza por el pecho de color amarillo naranja opaco y por lo general hay una pigmentación oscura coloreada en las plumas y flancos (Mills *et al.* 1997). El macho adulto pesa alrededor de 100 a 140 gramos y las hembras son ligeramente más pesadas entre 120 a 160 gramos. Los machos presentan una glándula cloacal, que es una estructura bulbosa localizada en el borde superior de la abertura anal el cual secreta un material espumoso claro que es usado para evaluar la aptitud reproductiva y las hembras pesan 10 a 20 por ciento más debido al desarrollo del aparato reproductor (Cain, 1914).

Los huevos de la codorniz japonesa son de color marrón manchado cubiertos con color azul claro y material entizado. Cada uno de los huevos de esta ave parece tener un diseño específico o color. El promedio del peso de los huevos esta alrededor de los diez gramos, acerca del ocho por ciento de su peso vivo. Por otro lado, los cotupollos pesan entre seis a siete gramos y son de un color pardusco con rayas amarillas (Cain, 1914).

Las aves criadas en el fotoperiodo largo de 16 horas de luz por día ponen sus huevos entre los 42 y 49 días de edad (Brain *et al.* 1987). El comienzo de la reproducción de la codorniz se inicia a los 45 días de edad, pero los primeros huevos son pequeños y de escasa capacidad fecundante; luego de los 15 a 18 días del inicio de puesta los huevos adquieren un tamaño normal y se encuentran aptos para ser incubados (Perez y Perez, 1974). Asimismo, la hembra reproductora a los 60 días ya se encuentra sexualmente madura, sin embargo, si se incuban sus huevos presentarán un bajo porcentaje de natalidad debido al menor desarrollo de la yema (Bissoni, 1993).

2.3.1. Anatomía y funcionamiento del aparato genital del macho

La finalidad del aparato reproductor del macho es la producción de espermatozoides viables y su transferencia a la vagina de la hembra (Rose, 1997). El aparato reproductor está constituido por tres unidades morfológicas y funcionales los cuales son los testículos, las vías deferentes y el órgano copulador (Peralta y Miazzo, 2002).

Los testículos son órganos pares de forma arrionada e internos situados entre la base de los pulmones y el segmento intermediario de los riñones próximos a los sacos aéreos con la misma temperatura corporal del animal de 41 a 43°C. En consecuencia, la espermatogénesis tiene lugar a esta temperatura y no a una inferior como ocurre en algunos mamíferos. Está compuesto de un compartimiento tubular constituido por los tubos seminíferos por lo que en su epitelio se efectúa la espermatogénesis y un compartimiento intertubular que incluye algo de tejido conjuntivo, una red arterial venosa linfática y una red nerviosa adrenérgica colinérgica. Además, contiene las células de Leydig, que secretan los andrógenos dentro de los cuales destaca la testosterona (Peralta y Miazzo, 2002). Los testículos pesan el uno por ciento del peso adulto en la mayoría de las especies de aves domésticas (Rose, 1997). Los testículos elaboran además del semen hormonas sexuales que mantienen las características propias del macho y el efecto de estas resulta en un animal más liviano y de menos carne.

Por otro lado, el canto del macho tiene relación con la aireación de los testículos por la zona de los sacos aéreos y es muy importante para la producción de semen fértil (Barbado, 2004).

Las vías deferentes son los tubos seminíferos que terminan en la proximidad inmediata del cordón testicular donde se conectan con los túbulos de la rete testis que a su vez se comunican con los conductos eferentes que desembocan lateralmente en el canal del epidídimo. Este último se prolonga por el conducto deferente muy replegado donde se realiza la maduración y el almacenamiento de los espermatozoides. Este desemboca, a través de la vesícula espermática en el urodeo (Peralta y Miazzo, 2002).

El órgano copulador está representado por dos glándulas paragenitales formadas por células secretoras situadas bajo el límite de la cloaca y que aparentan ser un solo órgano. Su estructura es tubular y ramificada y termina en un gran tubo excretor. Estas glándulas elaboran un producto blanquecino de aspecto esponjoso con gran riqueza de nitrógeno y lipoides insolubles en agua fácilmente coagulables por calor que se elimina durante el celo. La capacidad de secreción de estas glándulas está íntimamente relacionada con la aptitud reproductora del animal. La secreción se elimina antes y después de la cópula y tiene por finalidad ocluir el oviducto para impedir la salida del esperma. Inmediatamente después del vaciado de los bulbos eyaculadores éstos vuelven a llenarse por efecto del pre almacenamiento que se realiza en otros sectores del aparato genital (Barbado, 2004).

2.3.2. Anatomía y funcionamiento del aparato genital de la hembra

Peralta y Miazzo (2002) mencionan que el aparato reproductor femenino está compuesto por dos partes esenciales que son el ovario y el oviducto izquierdos, encontrándose atrofiados los órganos del lado derecho. En la formación del huevo intervienen dos estructuras anatómicas diferentes que son el ovario para la yema y el oviducto para la clara y cáscara. La ovulación es la que permite el paso del ovario al oviducto. El proceso se completa, cuando se trata de huevos para incubar, con la necesaria fecundación del óvulo la cual se produce en el interior de la hembra.

Barbado (2004) menciona que el aparato reproductor femenino tiene especial importancia ya que en él radica su capacidad como ponedora y consta del ovario situado en la fosa lumbosacra izquierda con una estructura semejante al de las gallinas de alta postura. La zona

ovígena, abundantemente irrigada e inervada, se encuentra situada superficialmente. El ovario está sostenido por un ligamento meso ovárico que lo mantiene tenso y alejado del aparato digestivo y el hígado. Esta disposición sería, según algunos autores, la razón principal de la elevada producción de huevos de la codorniz. Además, se ha comprobado que a partir del tercer o cuarto año el ligamento se relaja disminuyendo la postura.

El oviducto representado por un solo conducto de 20 a 25 cm. termina en la cloaca unido a la columna vertebral y costillas por dos ligamentos que impiden forzarse a pesar de los movimientos del huevo. Describimos en el oviducto cinco partes:

- El pabellón tubárico: órgano de captación del huevo.
- El segmento albuminógeno: representa la mitad del oviducto y está recubierto de células que elaboran albúmina.
- El segmento calcígeno: en él tienen lugar los fenómenos de calcificación del huevo. Las células depositan fosfatos y carbonatos sobre la escleroproteína que integra la membrana envolvente del complejo ovular.
- El istmo: constituye una sección de transición entre los segmentos albuminógeno y calcígeno. Su calibre es menor que el albuminógeno y determina la forma del huevo. La presencia de células especiales produce la coagulación y formación de membranas testáceas a partir de las proteínas periféricas del huevo procedentes del segmento albuminógeno.
- La pseudovagina: allí esperan los huevos el fenómeno de oviposición. El huevo rota para ser expulsado y también se pigmenta. Los huevos no se manchan ni se contaminan porque el término del oviducto los acompaña hasta el final de la cloaca. Las glándulas pigmentarias de la pseudovagina forman islotes irregulares donde el huevo se mancha al comprimirse sobre ellas. En ponedoras de dos huevos diarios éstos a veces salen sin manchas o con irregularidades, que por lo general son infértiles y no sirven para incubar.

La cloaca es un órgano importante para la fecundación y postura y consta del protoceo comprendido por el esfínter cloacal y vestíbulo, el coproceo que constituye la terminación del recto y el uroceo que es la terminación de los uréteres.

2.4. Maduración sexual y el empadre de las codornices japonesas

El inicio y desarrollo de la conducta sexual y las estructuras sexuales accesorias en el macho depende de las concentraciones periféricas de testosterona. El crecimiento testicular ocurre entre la dos y cinco semanas en presencia de espermatozoides maduros con un peso testicular de 1000 mg. a los 36 días de edad (Mather y Wilson, 1964). Los espermatozoides maduros están presentes en el conducto deferente entre los 32 a 35 días de edad por lo que es una indicación adicional en la que un macho al menos es físicamente capaz de fertilizar a una hembra (Ottinger y Brinkley, 1977). Los espermatozoides de las aves domésticas son pequeños comparados con los de los mamíferos y son filamentos de unos 100 mm. de longitud con una pequeña cabeza cilíndrica que contiene ADN (Rose, 1997).

Los machos particularmente liberan también un líquido espumoso con el semen producido por las glándulas situadas en la base del falo por lo que los espermatozoides aparecen poco apiñados y mejoran la motilidad en su presencia. El desarrollo testicular se mantiene si hay estímulos sexuales constantes, en caso contrario, involuciona. Durante la fase de la actividad sexual toman consistencia dura y color rosado. Durante el periodo de celo se produce una hipertrofia testicular que hace que los testículos se apoyen sobre el hígado y el estómago, esto produce pérdida de apetito y una menor capacidad digestiva (Barbado, 2004).

La conducta copulatoria de la hembra está regulado por las hormonas ováricas progesterona, testosterona, estradiol y estrona principalmente, además su comportamiento sexual está regulado por la fotoestimulación tanto es así que los fotoperiodos cortos hacen que las gónadas disminuyan de tamaño reduciendo la secreción de hormonas esteroides necesarios para mantener el comportamiento reproductivo (Adkins, 1972).

El empadre consiste en la unión de machos y hembras con fines de apareamiento para obtener una cría y es una de las actividades de gran importancia constituyendo una de las bases del éxito de la crianza (Guispe, 1996). El empadre resulta de un adecuado encuentro entre un óvulo y un espermatozoide y la consecuente fertilización (FAO, 1996). El sistema de empadre en codornices japonesas está basado en un estado de monogamia con copulaciones oportunistas extras por pareja mostrando variación regional diferente a los otros galliformes (Mills, 1997).

El comportamiento del cortejo del macho consiste en el acercamiento inicial a la hembra caminando rígido sobre sus dedos de los pies, las plumas erguidas y el cuello extendido horizontalmente y la hembra responde por agacharse. El macho entonces se acerca y monta sin ninguna exhibición adicional y durante la cópula agarra de las plumas de la cabeza o cuello, despliega sus alas y establece el contacto cloacal. Después de que el macho suelta su agarre y desmonta, ambas aves reaccionan sacudiendo sus plumas (Kovach, 1974).

Las hembras muestran variación diurna y son más receptivos entre las 11 a 13 horas después de que la luzes son encendidas, el cual coincide con el pico de los niveles de estrógeno durante el día (Noble, 1972). La actividad de apareamiento aumenta entre los 49 y 72 días de edad en una frecuencia relativamente constante hasta los 210 días (Sefton y Siegel, 1973). Sin embargo, otros investigadores descubrieron que la actividad de apareamiento se inició el día 36 y las frecuencias de apareamiento aumentaron hasta los 60 días de edad (Ottinger y Brinkley, 1977).

2.5. Características productivas de la codorniz japonesa

El promedio del número de huevos es muy variable en coturnicultura, tomándose como base 290 huevos por año (Bissoni, 1993). Con la realización de cruces y la selección de líneas pueden llegar a obtener una mayor cantidad de huevos al año (Quintana, 1991). En el pico de postura pueden llegar hasta el 120 por ciento de producción entre los 100 a 120 días de edad (Buxade, 1995). Utilizando diferentes niveles de proteína en la dieta con un peso de las reproductoras de 118.9, 117.6, 123.3 y 115.5 gramos obtuvieron el 50 por ciento de producción de huevos a la edad de 66, 59, 56 y 56 días respectivamente en la sexta semana de postura (Vohra y Roudybush, 1991).

La codorniz japonesa cuenta con una capacidad de puesta superior a cualquier otra ave doméstica conocida hasta la actualidad porque puede producir un máximo de 350 huevos por ave al año llegando a promedios de postura del 85 al 90 por ciento cuando se realiza un buen manejo (Perez y Perez, 1974). En condiciones ideales de crianza el porcentaje de postura fue 80 por ciento, es decir, aproximadamente 300 huevos por año (Abplanap, 1973). El pico de producción del 88 por ciento fue hallado en la quinta semana de postura (Montalvo, 1999), mientras que Reyes (1998) lo obtuvo a los 72 días de edad con 70.3 por ciento. El porcentaje de postura en codornices japonesas entre las edades de 8 a 20 semanas

fue 69.78 por ciento (Avci *et al.* 2005). En codornices japonesas alimentadas con tres fuentes de proteína de origen vegetal como torta de maní, torta de soya y torta de semilla de algodón en el periodo de diez semanas obtuvieron el porcentaje de postura de 49.8, 59 y 52 por ciento respectivamente (Odunsi *et al.* 2007).

En un estudio sobre el rendimiento productivo de codornices japonesas en masa de huevos afectados por la calidad de la cáscara y la luz durante la incubación obtuvieron de la semana 8 a la 20 en huevos de color blanco, violeta moteado y marrón moteado los valores de 515.80, 510.80 y 508.40 gramos respectivamente (Farghly *et al.* 2015). El total de masa de huevos de la semana 6 a la 20 en los métodos de selección en masa, pedigree y ningún tipo de selección fueron 790.64, 794.32 y 719.59 respectivamente (Hussain *et al.* 2016).

Los huevos de codorniz son grandes en relación al tamaño corporal correspondiendo aproximadamente el ocho por ciento del peso corporal, en cuanto que en la gallina equivale al tres por ciento (Ariki, 1997). El peso del huevo ofrece grandes oscilaciones que van de 2 a 15 gramos siendo el normal 10 gramos (Bissoni, 1993). El peso normal del huevo va de 9 a 12 gramos (Perez y Perez, 1974). Al comparar parámetros productivos en codornices de postura hasta los 150 días de producción se pueden obtener pesos similares en el huevo de 10.3 gramos (Moreno, 1988).

Las causas de los defectos de la cáscara de huevo son atribuibles principalmente a la edad de las aves, insuficiente consumo de calcio, niveles bajos de vitamina D3, inadecuada granulometría de las fuentes de calcio, aguas con alto contenido de salinidad y altas temperaturas en el galpón de producción (Valbuena, 2012).

Santos *et al.* (2015) en el porcentaje de huevos no incubables no encontraron diferencias significativas entre las edades de 12 y 20 semanas en codornices japonesas obteniendo los valores de 3.07 y 2.37 por ciento respectivamente. Kocaoglu *et al.* (2004) obtuvieron los valores de 0.54, 0.55 y 0.58 por ciento cuando las reproductoras fueron alimentadas con niveles de 0, 3 y 9 por ciento de harina de alfalfa. Sartowska *et al.* (2016) alimentando a las reproductoras con harina de soya modificada, harina de maíz modificada y un grupo control obtuvieron los valores de 1.9, 2.7 y 2.4 por ciento respectivamente entre la semana 7 y 16 de postura. Barbosa *et al.* (2006) obtuvieron el valor de 1.76 por ciento entre la semana 9 y 18

de edad de las reproductoras mientras que De Souza *et al.* (2012) obtuvieron el valor de 3.22 por ciento entre la semana 9 a la 18 de edad de las reproductoras.

El consumo de alimento por ave por día de la codorniz varía entre 21 a 24 gramos dependiendo del contenido de energía metabolizable de la dieta (Buxade, 1995). La codorniz japonesa consume en promedio 25 a 30 gramos de alimento por día (Ciriaco, 1996). La codorniz en la etapa de postura debe consumir en promedio 20 a 25 gramos de ración por día dependiendo del contenido de energía en la dieta (Lucotte, 1990). El consumo de alimento por ave en la semana 15 de edad utilizando en la dieta dosis de 0, 250 y 500 ppm. de ácido ascórbico fueron 17.69, 27.09 y 28.60 gramos respectivamente (Shit *et al.* 2012).

En trabajos realizados en la Universidad Agraria La Molina se encontraron diferentes niveles de conversión alimenticia por semana, de esta manera tenemos: Tuesta (2003) con una conversión alimenticia acumulada (C.A.A) de 3.68, Monzón (2003) con una C.A.A. de 4.05; hasta de 2.81 de C.A.A. (Yabar, 2002). En una relación 3:1 de hembras y machos se encontró una mejor conversión alimenticia de 3.63 en las codornices de 21 semanas de edad debido a su mayor producción de masa de huevos comparado con el valor de 4.14 obtenido en las reproductoras de 47 semanas de edad (Valladares, 2003).

2.6. Características de la calidad del huevo de la codorniz japonesa

Popoola *et al.* (2015) hicieron un trabajo de investigación para determinar el puntaje en unidades Haugh en huevos. Las especies de aves domésticas seleccionadas fueron el pollo, pavo, gallina de Guinea y pato Muscovy donde los valores de 74.89, 77.13, 77.65 y 85.18 respectivamente fueron estadísticamente similares, pero comparados con el valor de 92.28 de los huevos de codorniz existieron diferencias significativas. Sin embargo, los huevos de las aves domésticas por tener valores por encima de 72, todos ellos pertenecen a la categoría AA de la clasificación en términos de calidad.

Yannakopoulos y Tserveni-Gousi (1986) determinaron el índice de forma en huevos de codorniz midiendo las longitudes y anchos máximos en una escala en milímetros con un calibrador, luego estos se rompieron para determinar la altura del albumen. Después de lavar y secar durante la noche el grosor de cáscara fue determinado. A medida que avanza la edad

de las codornices de 49 a los 154 días el peso del huevo y cáscara más las membranas se incrementaron significativamente, pero el índice de forma disminuyó.

Alasahan y Copur (2016) estudiaron el efecto del índice de forma en el rendimiento de crecimiento y la incubabilidad en la codorniz japonesa. Los huevos incubados en tres grupos según diferentes índices de forma fueron: S1 (70-73.85 por ciento), S2 (73.86-77.71 por ciento) y S3 (77.72-81.57 por ciento). El valor más alto obtenido a la edad de 16 semanas en el peso de huevo fue 12.84 gramos para S1, pero su efecto no fue significativo. El valor más alto obtenido en la fertilidad fue para S2 con 92.86 por ciento, pero el efecto no fue significativo. En la incubabilidad y natalidad los valores más altos fueron para S2 (78.57 por ciento) y S3 (84.62 por ciento) respectivamente, sin embargo, su efecto fue significativo. En la mortalidad embrionaria inicial, intermedia y tardía los valores más altos fueron 16.91, 5.88 y 6.62 por ciento respectivamente para S1, pero sólo en la mortalidad embrionaria inicial su efecto fue significativo.

El calcio es uno de los elementos necesarios para la producción de huevos, buena calidad del cascarón, transmisión de impulsos nerviosos, activador y desactivador de enzimas y secreción de hormonas. Los requerimientos del calcio para las gallinas domésticas son considerables por lo que el transporte eficiente hacia el útero es de enorme importancia (Cuca, 2005). El calcio, el fósforo y la vitamina D son los nutrientes más importantes que influyen en la calidad de la cáscara ya que con niveles medios de fósforo en la dieta se presentará una alta producción de huevos. Además, la función más importante de la vitamina D es controlar la absorción, transporte y depósito del calcio por lo que un déficit provoca un empeoramiento del grosor y resistencia a la rotura. Por otro lado, a medida que las ponedoras envejecen reducen su capacidad de absorción mineral e incrementan el tamaño del huevo, pero estos factores causan reducción de la calidad de la cáscara (Keshavarz, 1996).

2.7. Características reproductivas de la codorniz japonesa

Bennett (2002) menciona que el fotoperiodo tiene un efecto estimulador e inhibidor en el eje reproductivo. La tasa de inicio de postura depende de la sensibilidad del hipotálamo y la glándula pituitaria al suministrar esteroides gonadales. Un efecto inhibidor inducido puede anular la fotoestimulación desarrollando refractariedad y regresión del tracto reproductivo. Por otro lado, el ovario es parte del eje gonadal pituitario hipotalámico y cuando las aves

llegan a estar sexualmente maduras incrementan su peso, aproximadamente 60 gramos en las gallinas y entre 10 a 12 gramos en la codorniz japonesa debido al aumento en la masa de la corteza, la médula y grandes folículos ováricos. Cada día a lo largo de una secuencia de postura un folículo maduro es ovulado.

Mench (2009) asocia el comportamiento de la postura con el control fisiológico y hormonal. El indica que la conducta de las aves de corral al inicio de puesta es provocada por la liberación de estrógenos y progesterona del folículo después que ha sido liberado en el proceso de ovulación. Asimismo, El-Ghalid (2009) menciona que las hormonas gonadales regulan el desarrollo rápido del oviducto, la formación de glándulas secretoras tubulares y la diferenciación epitelial el cual ocurre antes y durante la maduración sexual.

El éxito reproductivo en la naturaleza es medido por la aptitud de los animales por lo que las actividades de apareamiento pueden requerir relativamente altos niveles de estado físico. Otra consecuencia de los sistemas de apareamiento es que la selección se basa en los comportamientos que confieren dominancia eliminando la competencia entre los machos, tanto es así que cuando los alimentos se suministran a las aves criadas en forma intensiva en pequeños espacios y agrupados conducen con frecuencia a la agresión y competencia ya que los animales dominantes tienen un acceso previo a la fuente de alimento y los subordinados solo obtienen lo que queda (Price, 2002).

Narahari *et al.* (1988) reportaron en las edades de 10 y 25 semanas la fertilidad de 95.4 y 89.5 por ciento respectivamente. Seker *et al.* (2004) obtuvieron la fertilidad de 76.77 y 80.12 por ciento en las edades de 10 y 20 semanas. Santos *et al.* (2015) en un análisis de incubación a la edad de los reproductores de 12 y 17 semanas obtuvieron la fertilidad de 95.47 y 94.24 por ciento respectivamente. Narinc *et al.* (2013) obtuvieron la fertilidad de 86.41 por ciento a la edad de 16 semanas en codornices japonesas.

Alkan *et al.* (2008) indicaron que la incubabilidad es una función del número de cotupollos nacidos afectados por numerosos factores tales como la fertilidad, calidad del huevo, manipulación de los huevos y las condiciones de manejo durante la incubación y la eclosión. Ellos estudiaron el efecto del genotipo en codornices japonesas y encontraron la incubabilidad de 88 y 94 por ciento en una línea control y postura respectivamente a las 17 semanas de edad. Sundaresan *et al.* (2011) estudiaron el rendimiento de incubación de la

codorniz japonesa encontrando la incubabilidad de un grupo de huevos totales de 77.45 y 75.39 por ciento en las estaciones de invierno y verano. Begin y Maclaury (1974) empleando codornices de 6, 10 y 15 meses obtuvieron la incubabilidad de 77.63, 84.73 y 74.39 por ciento. Chahil y Johnson (1974) en lotes de codornices de 7, 8, 9, 10 y 11 meses de edad obtuvieron la incubabilidad de 35.59, 47.49, 70.04, 64.51 y 66.25 por ciento respectivamente.

Ipek *et al.* (2004) determinaron el efecto de los reproductores en las características de incubabilidad de codornices de postura en las edades de 7-10, 11-14 y 15-18 semanas en el cual obtuvieron los valores de natalidad de 80, 84.88 y 83.91 por ciento respectivamente. Seker *et al.* (2004) tomando en cuenta tres grupos de peso de los huevos de 9.5-10.5, 10.51-11.50 y 11.51-12.5 gramos obtuvieron la natalidad de 57.14, 68.06 y 65.48 por ciento en codornices de 10 semanas de edad y 52.94, 57.57 y 59.81 por ciento en codornices de 20 semanas de edad respectivamente.

Sartowska *et al.* (2016) estudiaron el efecto de cultivos genéticamente modificados de harina de soya y maíz como alimento en el rendimiento de la reproducción de codornices japonesas desde la semana 7 a la 16. Al final de la incubación los cotupollos fueron evaluados. Los resultados obtenidos en el número de cotupollos saludables en el grupo control, harina de soya modificada y harina de maíz modificada fueron 73.1, 77.2 y 74.7 por ciento respectivamente.

Szczerbinska *et al.* (2012) estudiaron el efecto del suplemento de semilla de arveja en tres dietas formuladas para evaluar el rendimiento reproductivo de codornices japonesas desde la semana 6 a la 19 de edad controladas en un ambiente con un ciclo de iluminación de 17 horas de luz. Los resultados obtenidos en los cotupollos lisiados fueron 3.7, 2.5 y 1.2 por ciento en la dieta control, cinco y diez por ciento respectivamente.

Genchev (2010) determino características reproductivas en codornices japonesas de la raza Pharaoh para carne y Manchurian Dorado para carne y huevos desde los 5 a los 12 meses de edad. Durante el primer mes de producción la incubabilidad fue significativamente menor en la raza Pharaoh comparado con la raza Manchurian Dorado debido principalmente a la muerte embrionaria tardía. Los resultados positivos se observaron en la raza Pharaoh ya que

el porcentaje de cotupollos viables eclosionados se incrementó significativamente debido a una más baja mortalidad embrionaria tardía.

Ipek *et al.* (2004) determinaron el efecto de los reproductores en las características de incubabilidad de codornices de postura en las edades de 7-10, 11-14 y 15-18 semanas en el cual obtuvieron la mortalidad embrionaria temprana de 5.19, 4.26 y 4.28 por ciento y la mortalidad embrionaria tardía de 6.36, 5.11 y 5.46 por ciento respectivamente. Santos *et al.* (2015) en un análisis de incubación según la edad de los reproductores obtuvieron la mortalidad embrionaria temprana de 4.14 y 4.71 por ciento y la mortalidad embrionaria tardía de 4.59 y 7.39 por ciento en las edades de 12 y 17 semanas respectivamente. Seker *et al.* (2004) obtuvieron la mortalidad embrionaria temprana de 1.75 y 3.8 por ciento y la mortalidad embrionaria tardía de 2.63 y 7.91 por ciento en las edades de 10 y 20 semanas.

Los cotupollos nacen con un peso aproximado de 7 a 10 gramos de un huevo oviforme de unos tres centímetros de longitud por dos y medio de ancho con un peso cercano a diez gramos (Ariki, 1997; Bissoni, 1993; Pérez y Pérez, 1974). El promedio de los pesos de los cotupollos de reproductoras en las edades de 10 y 20 semanas fueron 7.97 y 8.12 gramos respectivamente (Seker *et al.* 2004). El peso de los cotupollos y su rendimiento en el crecimiento están íntimamente relacionados al peso del huevo, tanto es así que los nacidos de huevos largos y pequeños presentarán una baja tasa de desarrollo (Uluocak *et al.* 1995).

2.8. Influencia de la edad al inicio del empadre en las codornices japonesas

Woodard *et al.* (1973) mencionan que la codorniz es una especie de alta producción similar a las razas de gallinas tanto es así que la edad de puesta del primer huevo y la producción pueden verse alterados dramáticamente si se manipula las longitudes del fotoperiodo. Además, para mantener una alta tasa en producción de huevos tiene que ser bajo condiciones óptimas de alimentación y alojamiento ya que las codornices son muy sensibles a los cambios ambientales y dietéticos.

Yannakopoulos y Tserveni-Gousi (1986) en un experimento con codornices japonesas estudiaron la influencia de la edad en la calidad del huevo donde determinaron que el peso del huevo se incrementó de 11.33 a 12.95 gramos y el grosor de cáscara disminuyó de 0.200

a 0.168 mm. respectivamente. Además, el valor promedio global de peso del huevo fue 12.06 gramos en aves de 49 a 154 días de edad.

Chahil y Johnson (1974) determinaron el efecto de la edad temprana de los padres para ser utilizados como reproductores estableciendo que tiempo se podría ahorrar al poner huevos las aves más jóvenes que han alcanzado una deseable tasa de postura. El promedio de eclosión obtenido para las cuatro líneas de codornices japonesas de 6, 7, 8 y 9 semanas fue 51.71, 76.49, 78.39 y 74.6 por ciento y el promedio de postura fue 23.16, 52.79, 56.1 y 69.8 por ciento respectivamente.

En un estudio realizado en codornices japonesas de 10 y 20 semanas se determinó el efecto de la edad de los padres en el peso de los huevos para incubar. El efecto en la fertilidad y natalidad fue encontrado estadísticamente significativo, pero en la incubabilidad y mortalidad embrionaria no hubo efecto significativo. Por otro lado, al aumentar la edad de los padres se observó que la fertilidad disminuyó y la natalidad aumentó (Seker *et al.* 2004).

En un análisis de incubación según los reproductores a los 80, 140 y 270 días, los resultados en la edad del macho no tuvo ningún efecto, sin embargo, la edad de las hembras sí tuvo influencia en el porcentaje de postura. La producción de huevos de 91.94 por ciento fue más alta para los reproductores de 140 días de edad. Por otro lado, los reproductores de 140 días de edad produjeron los cotupollos más pesados (9.58 gramos) debido al más alto peso promedio de los huevos (Santos *et al.* 2015).

Lembcke *et al.* (2014) evaluaron en codornices japonesas el efecto de la edad sobre los parámetros reproductivos. Se incubaron 300 huevos provenientes de tres lotes de reproductores de 5, 10 y 15 meses. La incubabilidad encontrada fue 68, 82 y 69 por ciento y la fertilidad fue 90, 95 y 92 por ciento respectivamente. Se obtuvieron también mayores porcentajes de mortalidad embrionaria en los lotes de 5 y 15 meses de 22 y 23 por ciento y una menor mortalidad embrionaria en el lote de 10 meses de 13 por ciento.

2.9. Influencia del peso al inicio del empadre en las codornices japonesas

Un estudio fue conducido para investigar el efecto de diferentes categorías de peso en el rendimiento productivo de codornices japonesas. Las categorías fueron pesadas, medianas y

livianas formados en cada unidad experimental desde las 12 hasta las 43 semanas de edad. Los resultados en el número de huevos donde hubo diferencias significativas fueron 151.46, 141.14 y 130.82 en las codornices livianas, medianas y pesadas respectivamente (Jatoi *et al.* 2013).

En un experimento se determinó el efecto del peso vivo en las características del peso del huevo e incubación en la codorniz japonesa a partir de las seis semanas de edad. Los grupos de reproductoras fueron clasificados como ligero (171-200 gramos) mediano (201-230 gramos) y pesado (>230 gramos). Los resultados obtenidos en el grupo con peso vivo más alto fueron mayores en el peso de los huevos, fertilidad y natalidad y menores en la mortalidad embrionaria temprana y tardía (Ipek *et al.* 2004). En codornices japonesas a la edad de 25 semanas en una línea de carne de masa corporal alta, el peso del huevo fue significativamente más alto (13.25 gramos) que el de una línea control (12.20 gramos) además, el ancho, la longitud y el índice de forma fueron significativamente mayores (Hanusova *et al.* 2016).

Hyankova y Novotna (2012) estudiaron dos líneas de codornices japonesas tipo carne que fueron seleccionadas a largo plazo, la línea de bajo peso corporal (LG) y la línea de alto peso corporal (HG). Los huevos de la línea HG presentaron una más baja incubabilidad que los huevos de la línea LG. La más baja incubabilidad resultó en una mayor frecuencia de mortalidad embrionaria temprana y tardía. Un suministro inadecuado de nutrientes a los embriones fue consecuencia del retraso en su desarrollo siendo un factor que disminuye la viabilidad de los embriones.

Alkan *et al.* (2010) investigaron el efecto de la selección de codornices japonesas de líneas de peso vivo alto (HL), peso vivo bajo (LL), línea de postura (L) y línea control (C) desde los 45 a los 120 días de producción. Quedo demostrado que las líneas tienen un efecto significativo en las características de la calidad del huevo. Hubo diferencias significantes en el grosor de cáscara donde los valores más altos y más bajos fueron determinados en 0.231 mm. y 0.226 mm. en las líneas HL y LL respectivamente. Asimismo, hubo diferencias significativas en las Unidades Haugh e índice de forma donde los valores de 88.28 y 78.62 por ciento respectivamente fueron más altos en la línea de peso vivo bajo. Sin embargo, el peso más alto de los huevos de 14.14 gramos fue para la línea de peso vivo alto.

Narahari *et al.* (1988) estudiaron el efecto del peso vivo de los padres sobre el rendimiento en la incubación en codornices japonesas. A las ocho semanas de edad fueron agrupados como macho ligero (LM 121-135 gramos), macho pesado (HM 136-150 gramos), hembra ligera (LF 131-145 gramos) y hembra pesada (HF 146-160 gramos). Los cruzamientos fueron hechos entre estos grupos y los huevos para incubar fueron colectados a las 12, 14, 16, 18 y 20 semanas. Se encontró que el peso corporal de los padres no tuvo un efecto significativo sobre la incubabilidad, mortalidad embrionaria temprana y tardía. El peso vivo más alto de los padres resultó en una tasa máxima de fertilidad.

Rezvannejad (2014) investigó el efecto de la selección a corto plazo del peso vivo en el rendimiento de la codorniz japonesa desde los 50 hasta los 100 días de edad. Los grupos utilizados fueron las líneas de peso alto (HH), peso bajo (LL), las combinaciones de apareamiento de macho de peso alto con hembra de peso bajo (HL) y macho de peso bajo con hembra de peso alto (LH). En el número de huevos el valor obtenido de 60.68 fue más alto para la línea HL. Los valores más altos fueron para la línea LH en el peso de los huevos (11.10 gramos), fertilidad (73.23 por ciento) e incubabilidad (72.16 por ciento). Los resultados indicaron que hubo diferencias significativas entre las líneas para todas las características productivas y reproductivas.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar experimental y duración

La presente investigación se realizó en la Unidad Experimental de Avicultura, Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Dicha Unidad se encuentra ubicada a una latitud de 12° 05'', longitud 76° 57' y una altitud de 243.7 m.s.n.m. en el distrito de La Molina en Lima Perú. La duración del presente estudio fue diez semanas del 22 de abril al 30 de junio del 2017.

3.2. Condiciones meteorológicas

Los datos meteorológicos (Tabla 1) fueron tomados de los registros de la Estación Meteorológica “Alexander Von Humboldt” de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Tabla 1: Condiciones meteorológicas durante la evaluación

Parámetro	Abril	Mayo	Junio
Temperatura promedio (°C)	18.5	18.4	18.5
Humedad relativa promedio (%)	88	88	87

Fuente: Estación Meteorológica “Alexander Von Humboldt”, 2017-UNALM

3.3. Instalaciones y equipos

El experimento se llevó a cabo en un galpón de la Unidad Experimental de Avicultura en un área de 129 m² (5.77 m. por 22.35 m.) el cual posee instalaciones eléctricas para controlar la iluminación.

Los equipos utilizados en cada etapa del experimento fueron:

- Baterías de estructura metálica con piso y paredes de alambre galvanizado, dividida en seis pisos. Cada jaula está equipada con un comedero lineal de metal galvanizado, un bebedero tipo copa ubicado en la parte frontal posterior y una bandeja estercolera de plástico ubicada en la parte inferior del piso. Las dimensiones de cada jaula son: largo = 61 cm., ancho = 75 cm., altura = 22 cm., área = 0.20 metros cuadrados.
- Incubadora y Nacedora marca ROBBINS DENVER con capacidad para 19,800 huevos.
- Incubadora eléctrica automática marca “JAMESWAY” con capacidad para 7,560 huevos.
- Mezcladora Brower MSG.CO Quincy Illinois modelo 941700 de 250 Kg. de capacidad.
- Balanza de plataforma de aguja con capacidad de 100 Kg.
- Balanza de mesa digital marca “Mettler Toledo” con capacidad de 10 Kg.
- Balanza de bolsillo digital marca “Henkel” con una precisión de 0.01 mg.
- Un Calibrador digital con escala en milímetros.
- Materiales de escritorio.
- Implementos de limpieza.

3.4. Aves experimentales

En la etapa de postura se emplearon 648 codornices pertenecientes a la subespecie *Coturnix coturnix japónica* provenientes de la Unidad Experimental de Avicultura. Estas fueron obtenidas de tres lotes de diferente edad en reproducción. Se seleccionaron al azar 162 hembras y 54 machos de 45, 52 y 59 días de edad con 130, 140 y 150 gramos de peso con características físicas uniformes y en buen estado de salud. La ubicación de las aves fue en cada una de las jaulas según su edad y peso vivo en una relación de un macho y tres hembras distribuidas al azar en nueve columnas de baterías.

3.5. Tratamientos

Se evaluaron nueve tratamientos (tres edades por tres pesos), con tres repeticiones de 24 aves cada uno.

- T1 = Edad 45 días, Peso 130 g.
- T2 = Edad 45 días, Peso 140 g.
- T3 = Edad 45 días, Peso 150 g.
- T4 = Edad 52 días, Peso 130 g.
- T5 = Edad 52 días, Peso 140 g.
- T6 = Edad 52 días, Peso 150 g.
- T7 = Edad 59 días, Peso 130 g.
- T8 = Edad 59 días, Peso 140 g.
- T9 = Edad 59 días, Peso 150 g.

3.6. Alimentación

La dieta fue preparada en el área de formulación de alimentos dentro de la Unidad Experimental de Avicultura y las codornices la recibieron desde la semana 7 hasta la semana 17 en la etapa de inicio de postura dándoles 25 gramos por ave en las primeras horas de la mañana. La dieta para los reproductores contenía 2846 Kcal/Kg de energía metabolizable, 19.32 por ciento de proteína cruda, 1.14 por ciento de lisina, 0.52 por ciento de metionina, 3.24 por ciento de calcio y 0.27 por ciento de fósforo disponible.

3.7. Manejo de la producción

Antes de iniciar el experimento como medidas de prevención se realizaron labores de limpieza y desinfección de las instalaciones y los equipos. La rutina diaria consistió en la observación del buen estado de las aves, suministro de alimento, mantenimiento de la temperatura ambiental y remoción de las excretas. En lo posible se trató de mantener la temperatura con el manejo de cortinas para una adecuada etapa de crianza evitando las corrientes de aire y los cambios bruscos de temperatura. Se suministró a las codornices en el agua de bebida vitaminas del completo B más electrolitos para evitar el estrés por el cambio de corrales de piso a batería y posteriormente cada semana para estimular el consumo del alimento.

Se realizaron diez semanas de evaluación de la producción de huevos y para cada una de ellas se recolectó los huevos una vez al día en las primeras horas de la mañana. Por otro lado,

el suministro de alimento y el consumo fue controlado por diferencia entre lo ofrecido y el residuo. La selección de los huevos aptos para el consumo se los colocó en jabas para luego ser almacenados en una habitación fresca con poca luz. Además, se eliminaron aquellos que presentaron características no deseables como tamaño pequeño, grandes, largos, cascarón roto, sucios, de color verdoso, cáscara blanda, con residuos de calcio, sin pigmentación, fáfara entre otros.

3.8. Evaluación de la calidad del huevo

Se realizó cuatro evaluaciones para la calidad de 54 huevos de codorniz. Para ello se recolectaron un día por semana dos huevos de cada una de las repeticiones alojados en un portahuevos y el mismo día se midieron los pesos y diámetros. En el grosor de cáscara se esperó unos días más hasta que estén bien secos para realizar los respectivos cálculos.

3.9. Manejo de la incubación

Se realizaron cinco incubaciones de los huevos de codorniz recolectados en dos días por semana en las primeras horas de la mañana donde se seleccionaron aquellos aptos para ser incubados para luego ubicarlos por separado en cajas de cartón enumeradas por tratamiento. Los huevos antes de ser incubados fueron marcados y colocados en bandejas de forma ordenada con la punta hacia abajo para luego ser desinfectados con el producto Tectrol. Por otro lado, debido a la variabilidad de la producción al inicio de postura se tuvo que esperar unas semanas más hasta encontrar una homogeneidad y obtener muestras representativas para hacer la selección de los huevos a incubar de cada uno de los tratamientos.

Las incubaciones se realizaron usando una temperatura de 37.5°C y una humedad relativa del 60 por ciento. El tiempo de incubación de los huevos fue 18 días separado en dos etapas, una de 14 días donde permanecían los huevos en una Incubadora para luego pasarlos a una Nacedora donde continuaron por cuatro días. Además, se procedió al conteo y pesaje de los cotupollos. En la selección de los cotupollos se eliminaron aquellos que presentaron malformaciones tales como enanismo, cuello torcido, trastornos nerviosos, anomalías de los ojos, síntomas de enfermedades infecciosas entre otros, para luego realizar la evaluación de los huevos no eclosionados mediante embriodiagnosís donde se observó

vacíos, embriones en desarrollo y en qué etapa se encontraban para determinar huevos infértiles y mortalidad embrionaria.

3.10. Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados con el *software* estadístico S.A.S 9.4 (Statistical Analysis System, Cary NC, USA). Para evaluar la etapa productiva, calidad del huevo y reproductiva se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar con Arreglo Factorial tres por tres utilizando procedimientos ANOVA y GLM. El modelo estadístico a emplear fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + P_j + (E*P)_{ij} + B_k + e_{ijk}$$

Donde:

μ = media general.

E_i = efecto de la i -ésima edad.

P_j = efecto del j -ésimo peso.

$(E*P)_{ij}$ = efecto de la interacción edad por peso.

B_k = efecto del k -ésimo bloque

e_{ijk} = error experimental.

En las tres evaluaciones del experimento se utilizó la prueba de comparación de Duncan para determinar diferencias entre los valores promedios de los parámetros evaluados y en el análisis de varianza algunos parámetros que tienen valores porcentuales fueron transformados con el siguiente método (Steel y Torrie 1998).

$$A_i = \text{Arcseno} [\sqrt{(Y_i/100)}]$$

3.11. Parámetros productivos

Los parámetros que se evaluaron en el experimento son los siguientes:

3.11.1. Número de huevos

Se obtuvo sumando la cantidad total de huevos de cada unidad experimental.

$$\text{Número de huevos/ave/día} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de huevos totales}}{\text{Total de reproductoras} \times \text{días totales}}$$

3.11.2. Porcentaje de postura

El porcentaje de postura se evaluó diariamente contando la cantidad de huevos puestos por jaula y luego se dividió por la cantidad de reproductoras por jaula.

$$\text{Postura (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de huevos puestos}}{\text{N}^\circ \text{ de reproductoras}} \times 100$$

3.11.3. Masa de huevos

La masa de huevos se midió diariamente y se obtuvo multiplicando la cantidad de huevos producidos por tratamiento por el peso promedio del mismo.

$$\text{Masa de huevos} = \text{N}^\circ \text{ de huevos producidos} \times \text{peso promedio de huevos}$$

3.11.4. Peso promedio de huevos

Se obtuvo pesando todos los huevos puestos en el día por jaula dividido entre el número de huevos.

3.11.5. Porcentaje de huevos no incubables

Se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\text{Huevos no incubables (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de huevos no incubables}}{\text{N}^\circ \text{ de huevos}} \times 100$$

3.11.6. Consumo de alimento por ave por día

Se controló todos los días y se evaluó semanalmente.

$$\text{Consumo por ave (gramos)} = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{N}^\circ \text{ de aves por jaula}}$$

3.11.7. Conversión alimenticia

Es la cantidad de alimento consumido para producir un kilogramo de huevo durante una unidad de tiempo. La conversión alimenticia semanal se determinó de la siguiente manera:

$$\text{C.A. Semanal} = \frac{\text{Consumo semanal del alimento (gramos)}}{\text{Masa de huevos semanal (gramos)}}$$

3.12. Parámetros de calidad del huevo

3.12.1. Unidades Haugh

Es una medida de la calidad interna del huevo y es la relación entre el peso del huevo y la altura de la albúmina. Se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{U.H.} = 100 \times \text{Log} (\text{altura del albumen} - (1,7 \times \text{peso del huevo})^{0.37} + 7.57)$$

3.12.2. Índice de forma

Es una medida de la calidad externa del huevo y se determinó a partir del siguiente índice:

$$\text{Índice de forma (\%)} = \frac{\text{Diámetro menor}}{\text{Diámetro mayor}} \times 100$$

3.12.3. Grosor de cáscara

Es una medida de la calidad externa del huevo utilizando un instrumento denominado Vernier o Calibrador. Su fórmula es la siguiente:

$$\text{Grosor de cáscara (mm)} = \text{N}^\circ \text{ de mediciones del grosor de la cáscara}$$

3.13. Parámetros reproductivos

3.13.1. Porcentaje de fertilidad

Se tomó en cuenta los huevos eclosionados y los que presentaron embrión sobre el número total de huevos incubados.

$$\text{Fertilidad (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de huevos eclosionados} + \text{N}^\circ \text{ de huevos con embrión}}{\text{Total de huevos incubados}} \times 100$$

3.13.2. Porcentaje de incubabilidad

Se consideraron todos los huevos eclosionados y los embriones que llegaron a la etapa final de desarrollo (no nacidos).

$$\text{Incubabilidad (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de cotupollos eclosionados}}{\text{N}^\circ \text{ de huevos incubados}} \times 100$$

3.13.3. Porcentaje de natalidad

Se determinó contando el número de cotupollos eclosionados con respecto a los huevos fértiles.

$$\text{Natalidad (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de cotupollos eclosionados}}{\text{N}^\circ \text{ de huevos fértiles}} \times 100$$

3.13.4. Porcentaje de cotupollos de primera

Se consideraron el número de cotupollos vivaces o viables con respecto a los huevos incubados.

$$\text{Cotupollos de primera (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de cotupollos vivaces}}{\text{Número de huevos incubados}} \times 100$$

3.13.5. Porcentaje de cotupollos de segunda

Se consideraron el número de cotupollos no vivaces y no viables con respecto a los huevos incubados.

$$\text{Cotupollos de segunda (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de cotupollos no vivaces}}{\text{Número de huevos incubados}} \times 100$$

3.13.6. Porcentaje de huevos infértiles

Se consideraron los huevos que no presentaron embrión.

$$\text{Huevos infértiles (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de huevos infértiles}}{\text{N}^\circ \text{ de huevos no eclosionados}} \times 100$$

3.13.7. Porcentaje de mortalidad embrionaria temprana

Se consideraron el número de embriones muertos que no completaron su formación.

$$\text{Mortalidad embrionaria temprana (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de embriones muertos temprano}}{\text{N}^\circ \text{ de huevos no eclosionados}} \times 100$$

3.13.8. Porcentaje de mortalidad embrionaria tardía

Se consideraron el número de embriones muertos que completaron su formación pero que no llegaron a eclosionar.

$$\text{Mortalidad embrionaria tardía (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de embriones muertos tardío}}{\text{N}^\circ \text{ de huevos no eclosionados}} \times 100$$

3.13.9. Peso del cotupollo nacido

Es el peso inicial total de los cotupollos eclosionados dividido entre el número de huevos eclosionados.

$$\text{Peso del cotupollo nacido} = \frac{\text{Peso inicial de cotupollos nacidos}}{\text{N}^\circ \text{ de huevos eclosionados}}$$

3.14. Retribución económica del alimento

Se obtuvo mediante la diferencia entre ingresos y egresos para producción de huevos y cotupollos. En los egresos sólo se consideró el costo de alimentación, pero en el caso de la producción de cotupollos también se incluyó el costo de incubación. Los ingresos están dados por la venta de huevos y cotupollos. En ambos casos la retribución económica del alimento se expresa en soles para las condiciones del experimento de 486 hembras y 162 machos en diez semanas de evaluación.

$$\text{Retribución económica del alimento} = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características productivas

4.1.1. Número de huevos y porcentaje de postura

Los datos obtenidos del número de huevos y el porcentaje de postura de los tratamientos se aprecian en la Tabla 2. En los Anexos 1 y 2 se presentan los valores de los tratamientos durante las diez semanas de evaluación. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexos 9 y 10) se encontraron diferencias altamente significativas a favor de las codornices de 52 y 59 días de edad con 150 gramos de peso, siendo estos tratamientos (T6 y T9) los que obtuvieron el mayor número de huevos y porcentaje de postura. La comparación de medias en la prueba de Duncan corroboró estos resultados. Por lo tanto, se puede decir que la edad y peso de las reproductoras si influyeron en el número de huevos y el porcentaje de postura.

Para el efecto edad, el mayor número de huevos y porcentaje de postura fue obtenido en las reproductoras de 59 días de edad. Estudios realizados por Woodard *et al.* (1973) mencionan que la edad de puesta del primer huevo y el inicio de la producción necesita de mayores horas de luz por día para mantener una alta tasa de producción y debe ser bajo condiciones óptimas de alimentación y alojamiento. Bennett (2002) menciona que la tasa de inicio de postura depende de la sensibilidad del hipotálamo y la glándula pituitaria para suministrar esteroides gonadales tanto es así que un efecto inhibitor puede anular el efecto fotoestimulador desarrollando regresión del tracto reproductivo. Asimismo, Wilson *et al.* (1964) demostraron que la estimulación por intensidad de luz reducida influye en el inicio de producción de huevos debido a la administración retardada de la hormona LH.

Para el efecto peso, el valor más alto en el número de huevos y porcentaje de postura lo tuvieron las reproductoras de 150 gramos de peso. Estos resultados son similares a los obtenidos por Rezvannejad (2014) quien encontró diferencias altamente significativas en el número de huevos a favor de una línea con peso vivo alto comparado con una línea de peso

Tabla 2: Influencia de la edad y peso al inicio de postura de codornices japonesas en el rendimiento productivo

Tratamientos	Edad de las codornices (días)	Peso de las codornices (g)	Número de huevos (\bar{x})	Postura (%)	Masa de huevos (g)	Peso promedio de huevos (g)	Huevos no incubables (%)	Consumo de alimento por ave por día (g)	Conversión alimenticia
T1		130	43.73 ^c	32.60 ^c	452.33 ^{cd}	10.05 ^d	2.66 ^a	18.09 ^c	9.13 ^a
T2	45	140	35.86 ^d	27.69 ^d	384.27 ^d	10.51 ^{abc}	4.32 ^a	18.32 ^c	7.78 ^a
T3		150	47.96 ^b	35.57 ^{bc}	519.17 ^{bc}	10.61 ^{abc}	4.21 ^a	19.54 ^b	10.57 ^a
T4		130	46.74 ^c	34.82 ^{bc}	484.04 ^c	10.17 ^d	3.86 ^a	18.38 ^c	8.15 ^a
T5	52	140	49.40 ^b	38.08 ^b	524.26 ^{bc}	10.32 ^{cd}	2.79 ^a	19.56 ^b	13.53 ^a
T6		150	61.63 ^a	44.22 ^a	675.44 ^a	10.71 ^a	3.85 ^a	20.65 ^a	11.39 ^a
T7		130	48.62 ^{bc}	35.39 ^{bc}	515.54 ^{bc}	10.34 ^{abc}	2.70 ^a	19.23 ^b	8.99 ^a
T8	59	140	54.75 ^b	38.95 ^b	592.71 ^b	10.64 ^{ab}	3.21 ^a	20.32 ^a	10.45 ^a
T9		150	65.75 ^a	46.02 ^a	713.92 ^a	10.67 ^a	3.85 ^a	20.85 ^a	9.13 ^a
Efecto de la edad de las codornices		45	42.52 ^c	31.96 ^b	451.92 ^c	10.40 ^a	3.73 ^a	18.65 ^c	9.16 ^a
		52	52.59 ^b	39.04 ^a	561.25 ^b	10.42 ^a	3.51 ^a	19.54 ^b	11.03 ^a
		59	56.37 ^a	40.12 ^a	607.39 ^a	10.55 ^a	3.26 ^a	20.14 ^a	9.53 ^a
Efecto del peso de las codornices		130	46.18 ^b	34.17 ^b	481.63 ^b	10.18 ^c	3.08 ^a	18.53 ^c	8.77 ^a
		140	45.97 ^b	34.43 ^b	492.69 ^b	10.47 ^b	3.48 ^a	19.33 ^b	10.49 ^a
		150	57.79 ^a	41.55 ^a	628.96 ^a	10.67 ^a	3.99 ^a	20.30 ^a	10.42 ^a
Probabilidad									
Efecto de la edad de las codornices			0.0173	0.0040	0.0169	0.6017	0.1259	0.0006	0.8486
Efecto del peso de las codornices			0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.3763	0.0001	0.4495
Efecto de la interacción edad por peso			0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.3064	0.0001	0.6726

Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes para la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

vivo bajo empadradas a los 50 días de edad y Alkan *et al.* (2009) quienes hallaron diferencias altamente significativas en el porcentaje de postura a favor de una línea seleccionada para peso vivo alto comparado con una línea de peso vivo bajo empadradas a los 45 días de edad.

Los reproductores de menor edad y peso probablemente provinieron de huevos de baja calidad siendo los cotupollos menos viables y vivaces cuando fueron incubados por lo que antes de realizar el levante no pudieron nutrirse adecuadamente. Además, durante la etapa de crecimiento se debe procurar que tengan todo lo necesario y a su disposición para obtener un suficiente desarrollo corporal y poder llegar lo más rápido posible a la madurez sexual teniendo una mejor capacidad para la producción de huevos. Por otro lado, para evitar la competencia entre ellos, las aves debieron ser levantadas con días de anticipación a las baterías provocando un menor estrés ya que para realizar la actividad del empadre se necesita que las aves lleguen en un buen estado físico viéndose esto reflejado en un menor esfuerzo de las reproductoras y una mayor producción de huevos.

4.1.2. Masa de huevos y peso promedio de huevos

En la Tabla 2, se pueden ver los valores de masa y peso promedio de huevos de los tratamientos. En los Anexos 3 y 4 se muestra detallado los resultados de los tratamientos durante las diez semanas de evaluación. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexos 11 y 12) se encontraron diferencias altamente significativas a favor de las codornices de 52 y 59 días de edad con 150 gramos de peso, siendo estos tratamientos (T6 y T9) los que obtuvieron la mayor masa y peso promedio de huevos. La comparación de medias en la prueba de Duncan corroboró estos resultados. Por lo tanto, se puede decir que la edad y peso de las reproductoras si influyeron en la masa y peso promedio de huevos.

Para el efecto edad, la mayor masa y peso promedio de huevos fue obtenida en las reproductoras de 59 días de edad. Este resultado concuerda con North (1986) quien menciona que el proceso de ovulación es muy irregular durante la primera semana de postura después de la madurez sexual ya que el mecanismo hormonal de la gallina durante estos mismos días no está en equilibrio. Asimismo, El-Ghalid (2009) menciona que las hormonas gonadales son las que se encargan de regular el desarrollo rápido del oviducto, la formación de glándulas secretoras tubulares y la diferenciación epitelial el cual ocurre antes y durante la maduración sexual. Por otro lado, Holderread (1983) menciona que el daño del oviducto

resulta del sufrimiento de la puesta de huevos anormales y debilitamiento de los músculos debido a una prematura presentación de la producción de huevos.

Un estudio realizado por Jibaja (2011) indica que el incremento del tamaño del huevo no tiene relación con la edad sino se debe a una nutrición adecuada cuando existe un mayor nivel de proteína en la dieta ya que las ponedoras no consiguen reservar eficientemente proteína para su posterior demanda y esta sólo depende de su consumo diario. Sin embargo, Gallego (1985) indica que la edad del inicio de postura si influye en el peso de los huevos por lo que es muy importante que ello ocurra a la edad más conveniente. Además, la edad correspondiente al comienzo de la actividad reproductora en la hembra depende también de las condiciones microclimáticas.

Para el efecto peso, el valor más alto en masa de huevos fue obtenido por las reproductoras de 150 gramos de peso. Estos resultados difieren de los obtenidos por Jatoi *et al.* (2013) quienes no encontraron diferencias significativas al comparar codornices livianas, medianas y pesadas empadradas a los 45 días de edad.

Los resultados del peso promedio de huevos son similares a los obtenidos por Ipek *et al.* (2004) quienes encontraron diferencias altamente significativas a favor de las codornices de mayor peso cuando hicieron una clasificación de reproductoras según peso ligero (171-200 g), mediano (201-230 g) y pesado (>230 g) empadradas a los 42 días de edad. Sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos por Hyankova y Novotna (2012) quienes encontraron diferencias significativas a favor de las codornices de menor peso cuando compararon dos líneas de reproductoras tipo carne de bajo y alto peso vivo empadradas a los 49 días de edad.

Las codornices evaluadas en el presente trabajo fueron levantadas en piso. Independientemente de la menor edad de las reproductoras tuvieron una variabilidad de los factores que influyeron en su desarrollo donde se presentaron aves con menor peso, por lo que la selección y traslado de los reproductores se debió realizar con anticipación obteniendo las aves mayores horas de luz por día en las baterías. Además, siendo la codorniz japonesa un ave con altas necesidades nutricionales se debió proporcionar una dieta con un aporte más alto de nutrientes en la etapa de crecimiento. Por otro lado, la temperatura, humedad y ventilación ejerce un efecto nocivo que incide en la masa y peso promedio de huevos por

ello es importante también hacer un manejo adecuado del ambiente principalmente en las dos primeras semanas de vida de las aves para obtener un mayor desarrollo obteniendo animales en mejores condiciones para realizar la actividad del empadre.

4.1.3. Porcentaje de huevos no incubables

Los datos obtenidos del porcentaje de huevos no incubables de los tratamientos se aprecian en la Tabla 2. En el Anexo 5 se muestra detallado los porcentajes de huevos no incubables de los tratamientos durante las diez semanas de estudio. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexo 13) no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de huevos no incubables por tratamiento. La comparación de medias en la prueba de Duncan corroboró estos resultados. Por lo tanto, se puede decir que la edad y peso de las reproductoras independientemente de la masa de huevos producidos no influyeron en el porcentaje de huevos no incubables.

El valor más alto numéricamente en el porcentaje de huevos no incubables fue encontrado en las reproductoras de 45 días de edad y 150 gramos de peso. Valbuena (2012) menciona que unas de las causas de los defectos de la cáscara de huevo son atribuibles principalmente a la edad de las aves, insuficiente consumo de calcio, niveles bajos de vitamina D3, inadecuada granulometría de las fuentes de calcio, aguas con alto contenido de salinidad y altas temperaturas en el galpón de producción. Por otro lado, Gallego (1985) menciona que existe una correlación positiva entre la intensidad de pigmentación de la cáscara y la facilidad de eclosión.

El promedio del porcentaje de huevos no incubables de los tratamientos de 0.93 por ciento (Anexo 5) es inferior a los resultados obtenidos por De Souza *et al.* (2011) cuando las codornices fueron empadradas a los 65 días de edad. Además, Sartowska *et al.* (2016) y Barbosa *et al.* (2006) también tuvieron resultados inferiores cuando las codornices fueron empadradas a los 42 días de edad.

No hubo diferencias porque las codornices fueron seleccionadas bajo las mismas condiciones de buen estado de salud, uniformidad y ambiente en el experimento. Además, el comportamiento de la producción de huevos en la primera etapa de puesta en las aves de corral muestra una trayectoria ascendente hasta llegar al pico de postura por lo que se

podieron presentar parecidos resultados. Cabe indicar que los valores de huevos no incubables fueron más altos en las primeras semanas para luego al final del experimento los resultados disminuyeron acorde con el avance de la edad de las codornices.

4.1.4. Consumo de alimento por ave por día

En la Tabla 2, se presenta los resultados de los tratamientos del consumo de alimento por ave por día. En el Anexo 7 se presenta los resultados semanales y totales del consumo de alimento por ave por día de los tratamientos. El análisis de variancia (Anexo 14) indica que hubo diferencias altamente significativas a favor de las codornices de 52 y 59 días de edad con 140 y 150 gramos de peso siendo estos tratamientos (T6, T8 y T9) los que obtuvieron el mayor consumo de alimento por ave. La comparación de medias en la prueba de Duncan corroboró estos resultados. Por lo tanto, se puede decir que la edad y peso de los reproductores si influyeron en el consumo de alimento por ave por día.

El valor más alto encontrado fue en los reproductores de 59 días de edad con 150 gramos de peso. Cain y Cawley (1914) no relacionan el consumo de alimento con las edades sino indican que una dieta de mala calidad retrasa el crecimiento y la maduración de las aves necesitando altos niveles de calcio y fósforo por lo que las codornices deberían ser alimentadas con una dieta alta en proteínas y energía en las primeras semanas de edad. Sin embargo, Mills *et al.* (1997) mencionan que la conducta de la codorniz en la alimentación está estrechamente relacionada al control de ingesta y depende más del vaciado y llenado del tracto gastrointestinal que los niveles circulantes de nutrientes, tanto es así que una baja densidad nutritiva se compensa aumentando la cantidad de alimentos que se consume.

Para el efecto peso, el valor más alto fue obtenido en los reproductores de 150 gramos de peso. Estos resultados son similares a los obtenidos por Hussain *et al.* (2016) quienes encontraron diferencias significativas a favor de una selección por peso comparado con otro donde no se realizó ninguna selección por peso en codornices japonesas empadradas a los 45 días de edad.

Las reproductoras de menor edad y menor peso para tener un mayor consumo de alimento posiblemente no tuvieron el tracto digestivo con mejor tamaño y desarrollo para su normal funcionamiento. Además, la presencia del macho dentro de las jaulas puede haber generado

estrés al reducir el espacio del comedero aumentando la competencia por la dieta reaccionando con una baja postura en las hembras y un menor consumo entre los reproductores por lo que necesitaron un poco más de tiempo para realizar la actividad del empadre.

4.1.8. Conversión alimenticia

Los datos obtenidos de la conversión alimenticia de los tratamientos se aprecian en la Tabla 2. En el Anexo 8, se muestra detallado la conversión alimenticia de los tratamientos durante las diez semanas de estudio. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexo 15) no se encontraron diferencias significativas de los tratamientos en la conversión alimenticia. La comparación de medias en la prueba de Duncan corroboró estos resultados. Por lo tanto, se puede decir que la edad y peso de los reproductores tomando en cuenta la relación del consumo del alimento y la masa de huevos no influyeron en la conversión alimenticia.

Para el efecto edad, el mayor valor numéricamente en la conversión alimenticia fue encontrado en las codornices de 45 días de edad. Un estudio realizado por Gallego (1985) relaciona la conversión alimenticia con la luz que tiene importancia considerable en la ingestión de alimentos, actividad y el consumo de energía ya que con un menor consumo se pueden lograr mejores índices de conversión. Por otro lado, Granados y Jiron (1996) mencionan que un buen manejo de los pollitos en sus primeros días de nacidos tiene un impacto dramático en los parámetros finales de producción como es en la conversión alimenticia.

La mejor conversión alimenticia numéricamente fue encontrada en las reproductoras de 45 días de edad. De igual manera El-Shafei *et al.* (2012), no hallaron diferencias significativas cuando las codornices japonesas fueron empadradas a las diez semanas de edad y Abaza *et al.* (2009) cuando fueron empadradas a los 56 días de edad. Para el efecto peso, la mejor conversión alimenticia numéricamente fue encontrada en las reproductoras de 130 gramos de peso. Estos resultados difieren de los obtenidos por Jatoi *et al.* (2013) quienes hallaron diferencias significativas a favor de las codornices medianas y pesadas comparado con las livianas empadradas a los 45 días de edad.

Los reproductores del experimento tuvieron valores parecidos en la conversión alimenticia debido a que los resultados del consumo de alimento relacionado con la masa de huevos fueron similares, además, las aves fueron seleccionadas con características homogéneas por lo que no se pudo encontrar diferencias estadísticas. Por otro lado, si queremos tener una conversión alimenticia eficiente se debería elevar la temperatura donde se alojan los cotupollos evitando cambios bruscos en el cuerpo del ave por ser un animal homeotermo y ventilar el galpón con el manejo de cortinas de forma adecuada ya que puede ejercer un efecto perjudicial. Además, si bajamos la intensidad de la luz cuando las codornices están en las baterías podemos disminuir su actividad mejorando la eficiencia alimenticia.

4.2. Características de la calidad del huevo

4.2.1. Unidades Haugh

Los datos obtenidos de los tratamientos en el puntaje de unidades Haugh se aprecian en la Tabla 3. En el Anexo 16 se presentan los valores durante las cuatro semanas de evaluación de los tratamientos. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexo 19) se encontraron diferencias altamente significativas a favor de las codornices de 52 días de edad con 140 gramos de peso, siendo este tratamiento (T5) el que obtuvo el mayor puntaje en unidades Haugh. La comparación de medias en la prueba de Duncan corroboró estos resultados. Por lo tanto, se puede decir que la edad y peso de las reproductoras si influyeron en el puntaje de unidades Haugh.

Estudios realizados por Nowaczewski *et al.* (2010), destacaron que las codornices japonesas alcanzan la madurez sexual muy temprano por lo que estas aves deben estar estresadas, relacionándolo con un deterioro de la calidad de los huevos. Sin embargo, Kovack (1974) indica que la influencia en las capacidades productivas de las aves de corral se debe a los cambios radicales en las condiciones del ambiente como el aislamiento temprano dando como resultado una drástica variación de hábitos debido a situaciones del entorno social. Zita *et al.* (2012) mencionan que además de la edad de las gallinas los factores que condicionan la calidad de los huevos son el tiempo de oviposición y la nutrición. De igual forma, Nazligul *et al.* (2001) y Orhan *et al.* (2001), mencionan que el puntaje en unidades Haugh se incrementa con la edad de las codornices.

Tabla 3: Influencia de la edad y peso al inicio de postura de codornices japonesas en la calidad del huevo

Tratamientos	Edad de las codornices (días)	Peso de las codornices (g)	Unidades Haugh (puntos)	Índice de forma (%)	Grosor de cáscara (mm)
T1		130	92.96 ^e	78.72 ^{ab}	0.188 ^{bc}
T2	45	140	93.88 ^{de}	77.78 ^b	0.178 ^{cd}
T3		150	94.64 ^{cde}	80.13 ^a	0.176 ^d
T4		130	95.48 ^{bcd}	78.89 ^{ab}	0.189 ^{bc}
T5	52	140	97.76 ^a	79.08 ^{ab}	0.188 ^{bc}
T6		150	95.65 ^{bcd}	78.18 ^b	0.197 ^{ab}
T7		130	95.28 ^{cd}	78.50 ^{ab}	0.197 ^{ab}
T8	59	140	97.37 ^{ab}	79.04 ^{ab}	0.195 ^{ab}
T9		150	96.51 ^{abc}	78.30 ^{ab}	0.202 ^a
Efecto de la edad de las codornices		45	93.83 ^b	78.87 ^a	0.181 ^c
		52	96.30 ^a	78.72 ^a	0.191 ^b
		59	96.39 ^a	78.61 ^a	0.198 ^a
Efecto del peso de las codornices		130	94.57 ^b	78.70 ^a	0.191 ^a
		140	96.34 ^a	78.63 ^a	0.187 ^a
		150	95.60 ^{ab}	78.87 ^a	0.191 ^a
Probabilidad					
Efecto de la edad de las codornices			0.0001	0.8604	0.0001
Efecto del peso de las codornices			0.0069	0.8781	0.2923
Efecto de la interacción edad por peso			0.0001	0.2413	0.0001

Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes para la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Para el efecto edad, el puntaje más alto en unidades Haugh fue obtenido en los huevos de las reproductoras de 52 y 59 días de edad. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Nowaczewski *et al.* (2010), quienes encontraron diferencias significativas entre las edades de 9 y 25 semanas empadradas a los 49 días de edad. Sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos por Alkan *et al.* (2010), quienes no hallaron diferencias significativas al comparar una línea de peso vivo alto con una línea de peso vivo bajo empadradas a los 45 días de edad.

Las reproductoras de menor edad y peso que tuvieron los menores valores en unidades Haugh talvez no estuvieron preparadas para el normal funcionamiento del tracto

reproductivo. Además, las codornices dentro de las jaulas estaban en condiciones de confinamiento por lo que al presentarse el orden jerárquico y competencia por el alimento tuvieron estrés necesitando un poco más de tiempo para realizar la actividad del empadre.

4.2.2. Índice de forma y grosor de cáscara

Los datos obtenidos de los tratamientos del índice de forma y grosor de cáscara se aprecian en la Tabla 3. En los Anexos 17 y 18 se muestra detallado el índice de forma y el grosor de cáscara por tratamiento durante las cuatro semanas de estudio. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexos 20 y 21) en el grosor de cáscara se encontraron diferencias significativas a favor de las reproductoras de 59 días de edad y 150 gramos de peso siendo este el tratamiento T9. En el índice de forma no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, en la comparación de medias en la prueba de Duncan si hubo diferencias a favor de las reproductoras de 45 días de edad y 150 gramos de peso siendo este el tratamiento T3. Por lo tanto, se puede decir que la edad de las reproductoras solamente influyó en el grosor de cáscara.

Estudios realizados por Nowaczewski *et al.* (2010), mencionan que las propiedades de la calidad del huevo son afectadas por la edad de las aves ya que el peso de los huevos aumenta mientras que otras características como el índice de forma y la resistencia de cáscara se deterioran por lo que los rasgos externos pueden ser significativamente influenciados por el tamaño del huevo. Por otro lado, Cuca (2005) menciona que el transporte eficiente del calcio hacia el útero es de enorme importancia ya que es uno de los elementos necesarios para la buena calidad del cascarón. Asimismo, Keshavarz (1996) menciona que los tres nutrientes más importantes que influyen en la calidad de la cáscara son el calcio, el fósforo y la vitamina D por lo que un déficit provocará un empeoramiento del grosor y la resistencia a la rotura.

Para el efecto edad, el valor numéricamente más alto del índice de forma fue para los huevos de las reproductoras de 45 días de edad. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Zita *et al.* (2013), quienes no encontraron diferencias significativas en codornices faraonas empadradas a los 63 días de edad y Nowaczewski *et al.* (2010) cuando las codornices fueron empadradas a los 49 días de edad. Sin embargo, los resultados difieren del obtenido por González (1995) quien halló diferencias altamente significativas en codornices empadradas a los 49 días de edad.

Para el efecto peso, el valor más alto obtenido numéricamente del grosor de cáscara fue en los huevos de las reproductoras con 150 gramos de peso. Estos resultados son similares a los obtenidos por Alkan *et al.* (2010), quienes no hallaron diferencias significativas al comparar líneas de postura con peso vivo alto y bajo empadradas a los 45 días de edad y Hanusova *et al.* (2016), cuando compararon una línea seleccionada para peso vivo alto comparado con una línea sin ninguna selección por peso vivo empadradas a los 45 días de edad.

Las reproductoras de menor edad que tuvieron los menores valores del grosor de cáscara probablemente no estuvieron preparadas para el normal funcionamiento del tracto reproductivo ya que no asimilaron el calcio y fósforo del alimento retrasando su crecimiento y maduración necesitando más tiempo para realizar la actividad del empadre. Cabe indicar que los caracteres de calidad externa del huevo se deterioran también debido al tiempo, temperatura y humedad relativa durante su almacenamiento.

4.3. Características reproductivas

4.3.1. Porcentaje de fertilidad

Los datos obtenidos del porcentaje de fertilidad de los tratamientos se aprecian en la Tabla 4. En el Anexo 22 se muestra detallado el porcentaje de fertilidad por tratamiento durante las cinco semanas de estudio. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexo 31) no se encontraron diferencias significativas de los tratamientos en el porcentaje de fertilidad. Sin embargo, en la comparación de medias en la prueba de Duncan si hubo diferencias a favor del tratamiento (T6) siendo estas las reproductoras de 52 días de edad y 150 gramos de peso. Por lo tanto, se puede decir que la edad y peso de las reproductoras no influyeron en el porcentaje de fertilidad.

En el caso de los machos, un estudio realizado por Mills (1997), menciona que la testosterona plasmática presente en los reproductores alcanza niveles adecuados a los 44 días, el peso de los testículos comienza a nivelarse alrededor de los 49 días y los intentos de apareamiento alcanzan su frecuencia máxima a los 52 días. Asimismo, Rose (1997) menciona que después de tres semanas de alcanzar la madurez sexual se obtienen máximos niveles del volumen y calidad del semen. Funk e Irwin (1958), mencionan en pollos que una fertilidad satisfactoria exclusiva en los machos no se logra hasta que tienen unos seis meses de edad.

Tabla 4: Influencia de la edad y peso al inicio de postura de codornices japonesas en el rendimiento reproductivo

Tratamientos	Edad de las codornices (días)	Peso de las codornices (g)	Fert. (%)	Incubab. (%)	Natal. (%)	Cotupollos primera (%)	Cotupollos segunda (%)	Huevos infértiles (%)	Mortalidad embrionaria temprana (%)	Mortalidad embrionaria tardía (%)	Peso del cotupollo nacido (g)
T1		130	79.02 ^{ab}	48.72 ^c	49.99 ^{bc}	44.45 ^b	15.51 ^a	28.96 ^a	3.41 ^a	23.49 ^{ab}	6.42 ^b
T2	45	140	77.34 ^{ab}	54.90 ^{bc}	57.0 ^{bc}	51.11 ^b	13.73 ^a	19.57 ^{ab}	6.28 ^a	19.41 ^{ab}	7.00 ^a
T3		150	78.86 ^{ab}	48.39 ^c	49.73 ^c	45.72 ^b	13.06 ^a	27.66 ^a	6.54 ^a	20.50 ^{ab}	7.02 ^a
T4		130	77.28 ^{ab}	56.08 ^{bc}	58.79 ^{bc}	52.59 ^{ab}	14.90 ^a	17.89 ^{ab}	6.11 ^a	21.29 ^{ab}	6.70 ^{ab}
T5	52	140	78.81 ^{ab}	57.93 ^{ab}	59.87 ^b	52.98 ^{ab}	17.66 ^a	18.87 ^{ab}	10.14 ^a	18.07 ^{ab}	6.73 ^{ab}
T6		150	80.55 ^a	50.77 ^{bc}	51.78 ^{bc}	47.65 ^b	11.68 ^a	24.42 ^{ab}	3.99 ^a	24.18 ^{ab}	6.98 ^a
T7		130	75.49 ^b	47.98 ^c	50.41 ^{bc}	46.39 ^b	14.27 ^a	22.47 ^{ab}	2.82 ^a	27.85 ^a	6.81 ^{ab}
T8	59	140	77.02 ^{ab}	64.88 ^a	68.76 ^a	61.16 ^a	16.36 ^a	13.75 ^b	5.16 ^a	12.68 ^b	6.96 ^a
T9		150	79.62 ^{ab}	52.24 ^{bc}	53.52 ^{bc}	49.47 ^b	12.84 ^a	28.32 ^a	2.16 ^a	18.73 ^{ab}	6.78 ^{ab}
Efecto de la edad de las codornices		45	78.41 ^a	50.67 ^a	52.24 ^a	47.09 ^a	14.10 ^a	25.40 ^a	5.41 ^a	21.13 ^a	6.81 ^a
		52	78.88 ^a	54.93 ^a	56.81 ^a	51.07 ^a	14.74 ^a	20.39 ^a	6.75 ^a	21.18 ^a	6.80 ^a
		59	77.60 ^a	54.75 ^a	57.16 ^a	52.05 ^a	14.32 ^a	22.19 ^a	3.26 ^a	19.65 ^a	6.84 ^a
Efecto del peso de las codornices		130	77.54 ^a	51.38 ^b	53.47 ^b	48.03 ^b	14.99 ^a	23.21 ^{ab}	4.00 ^a	23.65 ^a	6.62 ^b
		140	77.83 ^a	58.37 ^a	60.82 ^a	54.15 ^a	15.85 ^a	17.96 ^b	7.51 ^a	17.34 ^b	6.89 ^a
		150	79.68 ^a	50.34 ^b	51.54 ^b	47.48 ^b	12.50 ^a	26.69 ^a	4.71 ^a	21.31 ^{ab}	6.94 ^a
Probabilidad											
Efecto de la edad de las codornices			0.1206	0.1407	0.1484	0.1700	0.6715	0.0762	0.5397	0.2815	0.5631
Efecto del peso de las codornices			0.0817	0.0009	0.0006	0.0057	0.4033	0.0102	0.3773	0.0561	0.0192
Efecto de la interacción edad por peso			0.2112	0.0085	0.0058	0.0348	0.8657	0.0310	0.7066	0.2257	0.0162

Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes para la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

En el caso de las hembras, un estudio realizado por Mercia (1981), indica que la estimulación de la luz es necesaria antes de la producción de huevos por lo que deben obtenerlo con tres semanas de anterioridad ya que cuando comienzan a poner muy pronto sus huevos son pequeños y estos tienden a ser menos fértiles. Adkins (1972), indica que la conducta copulatoria en la codorniz es regulada por las hormonas ováricas, además, la fotoestimulación con fotoperiodos cortos hacen que las gónadas disminuyan de tamaño reduciendo así la secreción de hormonas esteroides. Por otro lado, Narahari *et al.* (1988) mencionan que los huevos obtenidos de reproductores moderadamente más pesados mostraron una superior fertilidad comparado con los de menor peso entre las 10 y 19 semanas de edad. Asimismo, Alkan *et al.* (2008) mencionan que los huevos de codorniz de tamaño intermedio a grande (8.5 a 9 gramos) muestran una mayor fertilidad.

Para el efecto peso, el valor más alto obtenido en la fertilidad numéricamente fue para las reproductoras de 150 gramos de peso. Estos resultados difieren de los obtenidos por Rezvannejad (2014) quien encontró diferencias altamente significativas a favor de los machos con peso vivo bajo apareadas con hembras con peso vivo alto comparado con los machos y hembras de peso vivo bajo empadradas a los 45 días de edad, Alkan *et al.* (2008) donde los valores fueron más altos en una línea de peso vivo alto comparado con una línea de peso vivo bajo empadradas a los 45 días de edad e Ipek *et al.* (2004), donde los valores fueron más altos en las codornices japonesas pesadas (>230 g) comparado con los pesos ligero (170-200 g) y mediano (201-230 g) empadradas a los 42 días de edad.

Los reproductores teniendo en cuenta los resultados de la prueba de Duncan necesitan más tiempo para un desarrollo completo de las gónadas por lo que se debe proporcionar mayores horas de luz antes del inicio de puesta para ser fotoestimuladas para el normal funcionamiento y secreción de hormonas en cantidades adecuadas. Cabe indicar si queremos tener más altos valores en fertilidad también se tendría en cuenta el sistema de empadre, relación de hembras y machos, épocas del año y tamaño de los huevos incubados.

4.3.2. Porcentaje de incubabilidad y natalidad

Los datos obtenidos de los tratamientos del porcentaje de incubabilidad y natalidad se pueden apreciar en la Tabla 4. En los Anexos 23 y 24 se presentan los valores de los tratamientos durante las cinco semanas de evaluación. Al efectuarse el análisis de varianza

(Anexos 32 y 33) se encontraron diferencias significativas a favor de las codornices de 59 días de edad con 140 gramos de peso, siendo este tratamiento (T8) el que obtuvo el mayor valor del porcentaje de incubabilidad y natalidad. La comparación de medias en la prueba de Duncan corroboró estos resultados. Por lo tanto, se puede decir que la edad y peso de las reproductoras si influyeron en el porcentaje de incubabilidad y natalidad.

Estudios realizados por Woodard *et al.* (1973), mencionan que la edad de los progenitores tiene un efecto pronunciado en la incubabilidad tanto es así que cuando las aves tienen 8 a 24 semanas de edad ocurre la máxima incubabilidad y al incrementar la tasa de crecimiento ponen huevos más grandes, pero estos presentan una reducida incubabilidad. Asimismo, Seker *et al.* (2004), mencionan que los huevos obtenidos de rebaños jóvenes y antiguos no se consideran apropiados para la incubación debido a una reducción de la cáscara del huevo. Por otro lado, Ipek *et al.* (2004) mencionan que existe un alto nivel de correlación genética entre el peso vivo y el peso de los huevos ya que el peso del huevo es un punto crítico en la incubabilidad. Asimismo, Narahari *et al.* (1988) mencionan que los machos de menor peso apareadas con hembras regularmente más pesadas los huevos eclosionan ligeramente mejor que cuando se aparean con hembras ligeras entre las 10 y 19 semanas de edad.

Para el efecto peso, el valor más alto de incubabilidad fue obtenido en las reproductoras de 140 gramos de peso. Estos resultados son similares a los obtenidos por Rezvannejad (2014) quien encontró diferencias altamente significativas a favor de los machos con peso vivo bajo apareadas con hembras con peso vivo alto comparado con los machos y hembras con peso vivo bajo empadradas a los 45 días de edad, Alkan *et al.* (2008) donde los valores fueron más altos en una línea de peso vivo alto comparado con una línea de peso vivo bajo en codornices japonesas empadradas a los 45 días de edad e Ipek *et al.* (2004) donde los valores fueron más altos en las codornices japonesas pesadas (>230 g) comparado con los pesos ligero (170-200 g) y mediano (201-230 g) empadradas a los 42 días de edad.

La incubabilidad y natalidad además de ser influenciado por la edad y peso de los reproductores también debemos considerar la calidad de los huevos incubados, el manejo del proceso de incubación y la calidad genética de las aves que se podrían obtener de granjas dedicadas en forma exclusiva a la reproducción que puedan seguir otros programas y controles de calidad.

4.3.3. Porcentaje de cotupollos de primera y segunda

Los datos obtenidos del porcentaje de cotupollos de primera y segunda de los tratamientos se aprecian en la Tabla 4. En los Anexos 25 y 26 se presentan los valores de los tratamientos durante las cinco semanas de evaluación. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexos 34 y 35) en el porcentaje de cotupollos de primera se encontraron diferencias significativas a favor de las codornices de 59 días de edad con 140 gramos de peso, siendo el que obtuvo el mayor valor el tratamiento T8 mientras que en el porcentaje de cotupollos de segunda no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos. La comparación de medias en la prueba de Duncan corroboró estos resultados. Por lo tanto, se puede decir que la edad y peso de las reproductoras solamente influyó en el porcentaje de cotupollos de primera.

Para el efecto edad, el mayor porcentaje de cotupollos de primera numéricamente fue obtenido en las codornices de 59 días de edad. Estudios realizados por Santos *et al.* (2015) mencionan que además de la edad de los reproductores pueden afectar en el rendimiento de aves comerciales la nutrición, salud, ambiente de crianza, manejo y peso del huevo en la incubación. Asimismo, Joseph y Moran (2005) mencionan que la duración de la incubación disminuye a medida que aumenta la edad de la gallina por lo que los pollitos provenientes de rebaños de pollos de engorde adultos son más afectados. De igual forma, Jabbar y Allah (2017) mencionan que la capacidad de salida del cascarón de los pollos de engorde disminuye con la edad de los reproductores. Además, influyen en la capacidad embrionaria las condiciones durante la incubación, el peso del pollito y el tiempo de almacenamiento afectando la viabilidad de los recién nacidos. Por otro lado, Gallego (1985) menciona que el apareamiento en consanguinidad nos conduce a un incremento de la mortalidad neonatal.

El valor más alto de cotupollos de segunda numéricamente fue obtenido en las reproductoras de 140 gramos de peso. Similar resultado es obtenido por Genchev (2010) quien no halló diferencias significativas al comparar codornices japonesas de la raza Pharaoh tipo carne con la raza doble propósito Manchurian Golden para carne y huevos cuando fueron apareadas a los 35 días de edad.

Para tener un mejor rendimiento de cotupollos además de la edad y peso de los reproductores se debería también realizar el cruce de los reproductores que provengan de otras granjas para disminuir la consanguinidad obteniendo una mejor calidad genética en las aves. Además, se

debe manejar cuidadosamente el factor ambiental controlando temperatura, humedad, ventilación y volteo de los huevos durante el proceso de incubación para obtener más cotupollos sanos y viables.

4.3.4. Porcentaje de huevos infértiles

Los datos obtenidos de los tratamientos del porcentaje de huevos infértiles se aprecian en la Tabla 4. En el Anexo 27 se presentan los valores de los tratamientos durante las cinco semanas de evaluación. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexo 36) se encontraron diferencias significativas a favor de las codornices de 45 y 59 días de edad con 130 y 150 gramos de peso, siendo estos tratamientos (T1, T3 y T9) los que obtuvieron el mayor valor del porcentaje de huevos infértiles. La comparación de medias en la prueba de Duncan corroboró estos resultados. Por lo tanto, se puede decir que la edad y peso de las reproductoras si influyeron en el porcentaje de huevos infértiles.

Para el efecto edad, el valor más alto obtenido del porcentaje de huevos infértiles fue en las reproductoras de 45 días de edad. Estos resultados difieren de Santos *et al.* (2015) quienes mencionan que el rendimiento de la progenie no es afectado por la edad de los reproductores ya que la estrategia reproductiva del macho implica la rápida producción, maduración y transporte de los espermatozoides a través del tracto reproductivo en codornices europeas. Asimismo, Wolc *et al.* (2009) indican que los factores que afectan la fertilidad del macho incluye caracteres de calidad del esperma tales como el metabolismo de los espermatozoides, concentración de semen, motilidad espermática y porcentaje de células espermáticas anormales o muertas. Por otro lado, North (1986) menciona que la incubación de huevos estériles se debe a la menor transferencia de calcio del cascarón a las membranas y a las cantidades inadecuadas de otros minerales disponibles en la dieta.

Para el efecto peso, el valor más alto de huevos infértiles fue obtenido en las reproductoras de 150 gramos de peso. Estos resultados difieren del obtenido por Genchev (2010), quien no encontró diferencias significativas al comparar la raza Pharaoh tipo carne con la raza doble propósito Manchurian Dorado para carne y huevos empadradas a los 35 días de edad.

Independientemente de los resultados estadísticos para obtener menor porcentaje de huevos infértiles los reproductores deben llegar a la actividad del empadre con más edad y peso para

tener un buen funcionamiento del sistema genital y desarrollo de las gónadas mejorando su desempeño reproductivo. Además, se debe tomar en cuenta una dieta con un aporte óptimo de nutrientes reflejado en la mejor madurez, viabilidad y sobrevivencia de los espermatozoides en el macho y un desarrollo completo del ovario y oviducto en las hembras para poder realizar el proceso de fertilización.

4.3.5. Porcentaje de mortalidad embrionaria temprana y tardía

Los datos obtenidos de los tratamientos del porcentaje de mortalidad embrionaria temprana y tardía se aprecian en la Tabla 4. En los Anexos 28 y 29 se muestra detallado el porcentaje de mortalidad embrionaria temprana y tardía por tratamiento durante las cinco semanas de duración del experimento. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexos 37 y 38) no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de mortalidad embrionaria temprana y tardía de los tratamientos. Sin embargo, en la comparación de medias en la prueba de Duncan si hubo diferencias en la mortalidad embrionaria tardía a favor del tratamiento T7 perteneciente a las reproductoras de 52 días de edad y 130 gramos de peso. Por lo tanto, se puede decir que la edad y peso de las reproductoras no influyeron en el porcentaje de mortalidad embrionaria temprana y tardía.

Un estudio realizado por Gallego (1985) menciona que uno de los factores que influyen en el desarrollo embrionario del pavipollo, la temperatura juega un papel decisivo ya que los huevos más grandes requieren un tiempo de incubación mayor y una temperatura ligeramente superior, además el volteo de los huevos es muy importante si deseamos lograr buenos nacimientos. Asimismo, Funk e Irwin (1958) indican que para mantener la vida del embrión en desarrollo es preciso que el nuevo ser disponga de oxígeno obtenido a través de los poros de la cáscara hallado en la cámara de aire por los cuales es eliminado el gas carbónico producido en la respiración. North (1986), menciona que el embrión de pollo necesita proteínas, carbohidratos, grasas, minerales y vitaminas ya que cantidades inadecuadas de estos nutrientes conllevan a la mortalidad embrionaria. Por otro lado, Rose (1997) menciona que a través de la limpieza en seco, lavado y fumigación se reduce eficazmente el riesgo de contaminación bacteriana en gran escala en un lote de huevos incubados.

Los valores más altos de mortalidad embrionaria tardía fueron obtenidos por las reproductoras de 130 gramos de peso. Estos resultados son similares a los obtenidos por Ipek *et al.* (2004) quienes encontraron diferencias significativas a favor de las codornices japonesas pesadas (>230 g) y medianas (201-230 g) comparado con las de peso ligero (170-200 g) empadradas a los 42 días de edad. Sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos por Genchev (2010) quien no encontró diferencias significativas en la raza Pharaoh tipo carne comparado con la raza de doble propósito Manchurian Dorado para carne y huevos empadradas a los 35 días de edad.

El porcentaje de mortalidad embrionaria temprana y tardía probablemente no se deben tanto a la edad y peso de los reproductores sino más bien a las condiciones de la incubadora y las actividades de manejo tales como manipulación, recogida, limpieza, condiciones físicas de los huevos, equipos utilizados, nutrición desbalanceada y tiempo de almacenamiento.

4.3.6. Peso del cotupollo nacido

Los datos obtenidos de los tratamientos del peso de los cotupollos nacidos se aprecian en la Tabla 4. En el Anexo 30 se presentan los valores de los tratamientos durante las cinco semanas de evaluación. Al efectuarse el análisis de varianza (Anexo 39) no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, en la prueba de comparación de medias hubo diferencias a favor de las codornices de 140 y 150 gramos de peso, siendo los tratamientos (T2, T3, T6 y T8) los que obtuvieron el mayor valor del peso del cotupollo nacido. La comparación de medias en la prueba de Duncan corroboró estos resultados. Por lo tanto, se puede decir que la edad y peso de las reproductoras no influyeron en el peso del cotupollo nacido.

Iqbal *et al.* (2016), mencionan que el aumento del peso del cotupollo se incrementa con el avance de la edad de las reproductoras y está estrechamente relacionado al peso del huevo porque el efecto principal de su tamaño se encuentra en el saco de la yema residual que el cotupollo retiene en la incubación, además, el peso del cotupollo es un rasgo hereditario que varía entre razas, variedades e individuos. Asimismo, Ipek *et al.* (2004) mencionan que existe un alto nivel de correlación genética entre el peso vivo y el peso del huevo.

Para el efecto peso, el valor más alto obtenido del peso de cotupollo nacido fue en las reproductoras de 140 y 150 gramos de peso. Similares resultados son obtenidos por Alkan *et al.* (2008) quienes hallaron diferencias significativas a favor de una línea de peso vivo alto comparado a una línea de peso vivo bajo empadradas a los 45 días de edad. Duman y Sekeroglu (2017) quienes encontraron diferencias significativas a favor de los huevos pesados (65.1-70 g) comparado con los pesos ligero (55-60 g) y mediano (60.1-65 g) en pollos de engorde de la línea Ross e Iqbal *et al.* (2017) a favor de los huevos pesados (75 g) comparado con los pesos ligero (63 g) y mediano (68 g) en pollos de engorde de la línea Hubbard. Cabe indicar que los pesos de los cotupollos nacidos están íntimamente relacionados al peso del huevo (Uluocak *et al.* 1995). Además de la edad y peso de las reproductoras también influye la calidad genética de las aves.

4.4. Retribución económica del alimento

La mayor retribución económica del alimento en la producción de huevos lo obtuvieron los tratamientos T6 y T9 siendo estas las reproductoras de 52 y 59 días de edad con 150 gramos de peso (Tabla 5) debido a su mayor masa de huevos comparado con los demás tratamientos.

En la producción de cotupollos se obtiene una mayor ganancia con el tratamiento T6 siendo estas las reproductoras de 52 días de edad con 150 gramos de peso (Tabla 6) debido a su alta tasa de postura y buen nivel de fertilidad.

La retribución económica obtenida en el experimento nos permite recomendar un nivel de uso adecuado de la dieta al elaborar alimentos balanceados para codornices en la etapa de inicio de postura.

Tabla 5: Retribución económica del alimento en producción de huevos (*)

	Tratamientos								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Ingresos									
Producción de huevos (Kg)	13.57	11.53	15.58	13.07	14.16	18.24	12.37	14.23	17.13
Precio S/. Kg.	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Total ingresos (S/.)	162.84	138.36	186.96	156.84	169.92	218.88	148.44	170.76	205.56
Egresos									
Consumo de alimento (Kg)	91.18	92.34	98.49	83.42	88.75	93.68	77.56	81.93	84.08
Precio S/. Kg.	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Egresos totales	109.42	110.81	118.19	100.10	106.50	112.42	93.07	98.32	100.90
Retribución Económica por parvada (S/.)	53.42	27.55	68.77	56.74	63.42	106.46	55.37	72.44	104.66
Retribución Económica por ave (S/.)	0.74	0.38	0.96	0.79	0.88	1.47	0.77	1.00	1.45

(*) Calculada en base a precios vigentes en Setiembre del 2017

Tabla 6: Retribución económica del alimento en producción de cotupollos (*)

	Tratamientos								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Ingresos									
Codornices bebe (Unidades)	138	126	139	149	167	187	53	91	120
Precio S/. unidad	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Total ingresos (S/.)	276	252	278	298	334	374	106	182	240
Egresos									
Consumo de alimento (Kg)	91.18	92.34	98.49	83.42	88.75	93.68	77.56	81.93	84.08
Precio S/. Kg.	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Egresos totales	109.42	110.81	118.19	100.10	106.50	112.42	93.07	98.32	100.90
Huevos incubados (unid.)	227	179	234	208	227	304	87	108	183
Costo de la incubación (S/.)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Egresos totales (S/.)	132.12	128.71	141.59	120.90	129.2	142.82	101.77	109.12	119.20
Retribución económica por parvada (S/.)	143.88	123.29	136.41	177.1	204.80	225.18	4.23	72.88	120.80
Retribución económica por ave (S/.)	2.00	1.71	1.89	2.46	2.84	3.13	0.01	1.01	1.68

(*) Calculada en base a precios vigentes en setiembre del 2017

V. CONCLUSIONES

1. En las variables reproductivas la edad y peso al inicio del empadre solo tuvieron un efecto altamente significativo en la incubabilidad, natalidad, cotupollos de primera y peso del cotupollo nacido, los cuales fueron obtenidas por las reproductoras de 52-59 días de edad con 140-150 gramos de peso.
2. En las variables de calidad del huevo la edad y peso al inicio del empadre solo tuvieron un efecto altamente significativo en el puntaje de unidades Haugh y grosor de cáscara, los cuales fueron obtenidas por las reproductoras de 52-59 días de edad con 140-150 gramos de peso.
3. En las variables productivas la edad y peso al inicio del empadre solo tuvieron un efecto altamente significativo en el promedio del número de huevos, porcentaje de postura, masa de huevos, peso promedio de huevos y consumo de alimento por ave por día, los cuales fueron obtenidas por las reproductoras de 52-59 días de edad con 150 gramos de peso.
4. La mayor retribución económica en producción de huevos y cotupollos se obtuvieron en las reproductoras de 52-59 días de edad con 150 gramos de peso.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para obtener una mayor cantidad de huevos, porcentaje de postura, masa de huevos y peso promedio de huevos utilizar las reproductoras de 52-59 días de edad con 150 gramos de peso ya que mostraron los mejores rendimientos.
2. Para obtener mejores valores en el puntaje de unidades Haugh y grosor de cáscara utilizar las reproductoras de 52-59 días de edad con 140-150 gramos de peso ya que mostraron los mayores rendimientos.
3. Para obtener mejores valores de incubabilidad, natalidad y cotupollos de primera utilizar las reproductoras de 59 días de edad con 140 gramos de peso y para el peso del cotupollo utilizar las reproductoras de 52 días de edad con 150 gramos de peso ya que mostraron los mayores rendimientos.
4. Para la producción de huevos y cotupollos emplear reproductoras de 52-59 días de edad con 150 gramos de peso ya que mostraron un mayor beneficio económico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abaza, I; Ezzat, W; Shoeib, M; Zaiat, A; Hassan, I. 2009. Effects of Copper Sulfate on Productive, Reproductive Performance and Blood Constituents of Laying Japanese Quail Fed Optimal and Sub-Optimal Protein. *Journal of Poultry Science*, 8 (1): 80-89.

Abplanap, H. 1973. Japanese quail husbandry in the laboratory. Department of Avian Sciences University of California - USA.

Adkins, E. 1972. Functional castration of the female japanese quail, *Physiology and behaviour*. Vol. 10, pp. 619-621.

Alasahan, S; Copur, A. 2016. Hatching Characteristics and Growth Performance of Eggs with Different Egg Shapes. *Brazilian Journal of Poultry Science/ v.18/n.1/ 001-008*.

Alkan, S; Karabag, K; Galic, A; Balcioglu, M. 2008. Effects of genotype and egg weight on hatchability traits and hatching weight in Japanese quail. *South African Journal of Animal Science*, 38 (3).

Alkan, S; Karabag, K; Galic, A; Balcioglu, M. 2009. Effects of Season and Line on Sexual Maturity and Some Egg Yield Traits in Selected Japanese Quails (*Coturnix Coturnix japonica*) *J. Appl. Anim. Res.* 35: 105-108.

Alkan, S; Karabag, K; Galic, A, Karsli, T; Balcioglu, M. 2010. Effects of Selection for Body Weight and Egg Production on Egg Quality Traits in Japanese Quails (*Coturnix coturnix japonica*) of Different Lines and Relationships between These Traits. *Kafkas Univ Vet Fak Derg* 16 (2): 239-244.

Ariki, J. 1997. Crianza de codornas. Centro de Producciones Técnicas. Revista TTA. Universidad Nacional de Sao Paolo. Brasil.

Avci, M; Yerturk, M; Kaplan, O. 2005. Effect of Vitamine E on Egg Production and Egg Quality in Japanese Quails. *Indian Vet. Journal*; 82:969-971.

Barbado, J. 2004. Cría de codornices. Editorial ALBATROS, Primera edición. 192 p. Buenos Aires-Argentina.

Barbosa, T; Zavala, G; Cheng, S; Lourenco, T; Villegas, P. 2006. Effects of Reticuloendotheliosis Virus on the Viability and Reproductive Performance of Japanese Quail *J. Appl. Poult. Res.* 15:558-563.

Begin, J; Maclaury, D. 1974. Age of breeder versus hatchability of fertile eggs in Coturnix Quail. *Poultry Sci.* 53(4): 1614-1616.

Bennett, E. 2002. Hormonal stimulation of ovarian development, ovulation and oviposition in Japanese quail. Tesis. Massey University, Palmerston North New Zealand.

Bissoni, E. 1993. Crianza de Codorniz. Editorial Albatros. Buenos Aires-Argentina. 117 pg.

Bogart, R; Taylor, R. 1990. Producción comercial de animales de granja. Editorial LIMUSA. Primera edición. México, D. F. 515 pp.

Brain, P; Onagbesan, O; Peddie, M; Taylor, T. 1987. Changes in Plasma Concentrations of Reproductive Steroids in Female Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*) Raised on Long or Short Photoperiods. *General and Comparative Endocrinology* 69, 174-180.

Buxade, C. 1995. Zootecnia, Bases de Producción Animal, Tomo V. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-España.

Cain, J; Cawley, W. 1914. Japanese Quail (Coturnix). The Texas A&M University Sistem. Acts of Congress, 2M-6-79.

Chahil, P; Johnson, W. 1974. Effect of preincubation storage, parental age and rate of lay on hatchability in *Coturnix coturnix japonica*. *Poultry Sci.* 53(2):529-534.

Ciriaco, P. 1996. Crianza de codornices. Programa de investigación y Proyección Social en Aves. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.

Cuca, M, 2005. Niveles de calcio en gallinas de postura. Programa de ganadería IREGEP Colegio de Pos grado estado de México Pág. 1.

De souza, R; De Toledo, S; Da Silva, W; Rodrigues, D; Santos, M; De Paul, E. 2012. Relationship of arginine with lysine in diets for laying Japanese quails R. Bras. Zootec., v.41, n.1, p.106-110.

Duman, M; Şekeroglu A. 2017. Effect of Egg Weights on Hatching Results, Broiler Performance and Some Stress Parameters Brazilian Journal of Poultry Science. v.19/n.2/ 255-262.

El-Ghalid, O. 2009. Exogenous Estradiol: Blood Profile, Productive and Reproductive Performance of Female Japanese Quails at Different Stages of Production. Asian Journal of Poultry Science 3 (1): 1-8.

El-Shafei, A; Abdel-Azeem, A; Abdullaha, E. 2012. Stocking Density Effects on Performance and Physiological Changes of Laying Japanese Quail. J. Animal and Poultry Prod., Mansoura Univ, Vol. 3 (8): 379-398.

FAO. 1996. Manual de Prácticas de Manejo de Alpacas y Llamas. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal. 130. Roma - Italia.

Farghly, M; Mahrose, K; Abou-Kassem, D. 2015. Pre y Post Hatch Performance of Different Japanese Quail Egg Colors Incubated Under Photostimulation. Asian Journal of Poultry Science 9 (1): 19-30.

Funk, E; Irwin, M. 1958. Incubación artificial. Editorial Hispano Americana. Primera edición. México. 398 páginas.

Galeano, L. 2014. Caracterización de sistemas de producción avícola de huevo mediante la implementación de modelos de predicción y clasificación. Tesis Doctoral en Ciencias Animales. Universidad de Antioquía - Colombia, 193 p.

Gallego, J. 1985. EL PAVO cría. Incubación. Patología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 307 páginas.

Genchev, A. 2010. Effect of age upon the reproductive performance of Japanese quails. *Agricultural science and technology*, vol. 2, no 1, pp 9-13.

González, M. 1995. Influence of Age on Physical Traits of Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*) Eggs. *Ann Zootech* 44, 307-312.

Granados, J; Jiron, R. 1996. Estudio preliminar del comportamiento productivo de pollos de engorde sometidos a diferentes periodos de ayuno en su etapa inicial. Tesis Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua.

Guispe, T. 1996. Sistema de empadre en alpacas. *Rev. Argentina de Producción Animal*, 16(4):357-361.

Gutierrez, G. 1999. Hormonas y reproducción en aves: La influencia de factores ambientales y sociales. *Revista Latinoamericana de Psicología*, vol. 31, núm. 1, pp. 151-174.

Hanusová, E; Hrnčár, C; Hanus, A; Oravcová, M. 2016. Egg traits in Japanese quails. *Acta fytotechn zootechn*, 19, 62-67.

Holderread, D. 1983. Cría casera de pavos. Editorial Continental. Primera edición. México. 215 páginas.

Hussain, J; Akram, M; Javed, K; Mahmud, A; Mehmood, S; Ahmad, S; Ahmad, F; Jatoi, A; Abbas, Y; Hussain, F. 2016. Quail breeder's production performance in response to selection for higher three weeks body weight. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(3): Page:588-593.

Hyankova, L; Novotna, B. 2012. Divergent selection for shape of growth curve in Japanese quail. 6. Hatching time, hatchability and embryo mortality. *British Poultry Science* Volume 53, Number 5, pp. 592-598.

Ipek, A; Sahan, U; Yilmaz. B. 2004. The effect of live weight, male to female ratio and breeder age on reproduction performance in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *South African Journal of Animal Science* 34 (2).

Iqbal, J; Mukhtar, N; Ur, Z; Hassan, S; Ahmad, T; Safdar, M; Hussain, R; Umar, S. 2017. Effects of egg weight on the egg quality, chick quality, and broiler performance at the later stages of production (week 60) in broiler breeders. *J. Appl. Poult. Res.* 00:1-9.

Jabbar, A; Allah, Y. 2017. Effect of Broiler Breeders Age on Hatchability, Candling, Water Loss, Chick Yield and Dead in Shell. *World Vet J*, 7(2): 40-46.

Jatoi, A; Sahota, A; Akram, M; Javed, K; Jaspal, M; Hussain, J; Mirani, H; Mehmood, S. 2013. Effect of Different Body Weight Categories on the Productive Performance of Four Close-Bred Flocks of Japanese Quails (*Coturnix coturnix japonica*). *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 23(1): Page: 7-13.

Jibaja, D. 2011. Niveles de calcio en la producción de huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*). Universidad técnica estatal de Quevedo - Los Ríos - Ecuador.

Joseph, N; Moran, E. 2005. Effect of Flock Age and Postemergent Holding in the Hatcher on Broiler Live Performance and Further- Processing Yield. *J. Appl. Poult. Res.* 14:512-520.

Keshavarz. K, 1996. "The effect of different levels of vitamin C of colecalciferol whit adequate or marginal levels of dietary calcium on performance and eggshell quality of laying hens. *poultry science*. Cornell University. Nueva York- EE.UU.

Kocaoglu, B; Iscan, K; Uyanik, F; Eren, M; Can, A. 2004. Effect of Alfalfa Meal in diets of laying quails on performance, egg quality and some serum parameters. *Archives of Animal Nutrition*. Vol. 58(3), pp. 255-263.

Kovach, J. 1974. The behaviour of japanese quail: Review of literatura from a bioethological perspective. *Applied Animal Ethology*, 1, 77-102.

Lembcke, C; Frgueroa, E; Sulca, P. Falcón, N. 2014. Efecto de la edad de las reproductoras sobre el peso del huevo, fertilidad, incubabilidad y peso al nacer de la codorniz, variedad japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). UNMSAM.

Lucotte, G. 1990. La codorniz. Cría y explotación. Editorial Mundi Prensa-Madrid-España. 108 pg.

Mather, F. Wilson, W. 1964. Postnatal testicular development in Japanese Quail. *Poultry Science*. 43, 860-86.

Mench, A. 2009. The ethology of domestic animals, 2nd ed: An Introductory test.

Mercia, L. 1981. Cría casera de pavos. Editorial Continental. Primera edición. Mexico. 134 páginas.

Mills, A; Crawford, L; Domjan, M; Faure, J. 1997. The Behavior of the Japanese or Domestic Quail *Coturnix Japonica*. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, Vol. 21, N°. 3, pp. 261-281.

Montalvo, M. 1999. Comportamiento productivo y reproductivo de la codorniz (*Coturnix coturnix japónica L.*) en postura alimentadas con algarroba (*Prosopia pallida*) en la etapa de crecimiento. Tesis. UNALM. Lima - Perú.

Monzón, Z. 2003. Efecto de dos diámetros de peletizado en alimentación restringida sobre el comportamiento productivo de la Codorniz Japonesa (*Coturnix coturnix japónica*). Tesis UNALM. Lima - Perú.

Moreno, D. 1988. Efecto de la Suplementación Luz en el Comportamiento Productivo de la Codorniz. Tesis UNALM. Lima - Perú.

Narahari, D; Abdul, K; Thangavel, A; Ramamurthy, N; Viswanathan, S; Mohan, B; Muruganandan, B; Sundararasu, V. 1988. Traits influencing the hatching performance of Japanese quail eggs. *British Poultry Science* (1988) 29: 101-112.

Narinc, D; Aygun, A. Sari, T. 2013. Effects of Cage Type and Mating Ratio on Fertility in Japanese Quails (*Coturnix Coturnix Japonica*) Eggs. *TI Journals Agriculture Science Developments*.

Nazligul, A; Turkyilmaz, K; Bardakçioğlu, H. 2001. A study on some production traits and egg quality characteristics of Japanese quail. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, v.25, n.6, p.1007-1013.

Noble, R. 1972. The Effects of Estrogen and Progesterone on Copulation in Female Quail (*Coturnix coturnix japonica*) Housed in Continuous Dark. *Hormones and Behaviour* 3, 199-204.

North, M. 1986. *Manual de Producción Avícola*. Editorial El Manual Moderno. Tercera edición. México. 856 páginas.

Nowaczewski, S; Kontecka, H; Rosinski, A; Koberling, S; Koronowski, P. 2010. Egg Quality of Japanese Quail Depends on Layer Age and Storage Time. *Folia biologica* (Kraków), vol. 58, No 3-4.

Odunsi, A; Rotimi, A; Amao, E. 2007. Effect of Different Vegetable Protein Sources on Growth and Laying Performance of Japanese Quails (*Coturnix Coturnix*). *World Applied Sciences Journal* 3 (5): 567-571.

Orhan, H; Erensayin, C; Aktan, S. 2001. Determining egg quality characteristics of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) at different ages. *Hayvansal Uretim*, v.42, n.1, p.44-49.

Ottinger, M; Brinkley, H. 1977. The Relationship of Testosterone, Sex-related Behavior and Morphology During the Sexual Maturation of the Male Japanese Quail. *Department of Zoology, University of Maryland*. 11, 175-182.

Peralta, M; Miazzo, R. 2002. Bases de la reproducción animal: Reproducción aviar. UNRC.

Perez y Perez, F. 1974, Coturnicultura, Tratado de Cría y Explotación Industrial de Codornices. 2da Edición. Editorial Científico-Médica, Barcelona. España. 562 pg.

Popoola, M; Alemede, C; Aremu, A; Ola, S. 2015. Morphometric parameters of whole egg and egg yolk of five Nigerian domesticated avian species. Journal of Agriculture and Veterinary Science. Volume 8, Issue 3 Ver. III, PP 41-45.

Price, A. 2002. Animal Domestication and behavior. Department of animal science. University of California. CA 95616 USA.

Quintana, J. 1991. Avitecnia. Editorial Trillas. Segunda edición. México.

Reyes, G. 1998. Evaluación de 3 niveles de proteína en la etapa de postura en la codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japónica L.*). Tesis UNALM. Lima - Perú.

Rezvannejad, E. 2014. Productive, reproductive performance and biochemical parameters of short-term divergently selected japanese quail lines and their reciprocal crosses. Journal of livestock science and technologies, 2 (1): 35-42.

Roldán, E; Garde, J. 2004. Biotecnología de la reproducción y conservación de especies en peligro de extinción. La conservación de la biodiversidad en España. 32 p, 283-308.

Rose, S. 1997. Principios de la Ciencia Avícola. Editorial Acribia. Primera edición. Zaragoza-España. 156 páginas.

Santos, T; Murakami, A; Oliveira, C; Moraes, G; Stefanello, C; Carneiro, T; Feitosa, C; Kaneko, I. 2015. Influence of European Quail Breeders Age on Egg Quality, Incubation, Fertility and Progeny Performance. Brazilian Journal of Poultry Science Vol. 17/n.1/ 49-56.

Sartowska, K; Korwin, A; Sender, G. 2016. Genetically modified crops in a 10-generation feeding trial on Japanese quails - Evaluation of its influence on birds' performance and body composition. *Poultry Science* 94:2909-2916.

Sefton, A; Siegel, P. 1973. Mating Behavior of Japanese Quail. *Poultry Science*. 52, 1001-1007.

Seker, I; Ekmen, F; Bayraktar, M; Kul, S. 2004. The effects of parental age and mating ratio on egg weight, hatchability and chick weight in Japanese quail. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 3 (7): 424-430.

Seker, I; Kul, S; Bayraktar, M. 2004. Effects of Parental Age and Hatching Egg Weight of Japanese Quails on Hatchability and Chick Weight. *International Journal of Poultry Science* 3 (4): 259-265, 2004.

Shit, N; Singh, P; Sastry, K; Agarwal, R; Singh, R; Pandey N; Mohan J. 2012. Effect of Dietary L-ascorbic Acid (L-AA) on Production Performance, Egg Quality Traits and Fertility in Japanese Quail (*Coturnix japonica*) at Low Ambient Temperature. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol. 25, No. 7: 1009-1014.

Steel, R; Torrie, S. 1988. *Bioestadística, Principios y procedimientos*. Editorial Mc. Graw Hill Interamericana de México S.A.

Sundaresan, A; Rajendran, R; Pandian, C; Ashok, A; Premavalli, K; Thyagarajan, D. 2011. Hatching Performance of Japanese Quails (*Coturnix coturnix japonica*) in Humid Tropical Climate. *Indian Vet. J.*, November 2011, 88(11):29-30.

Szczerbinska, D; Tarasewicz, Z; Gulewicz, P; Majewska, D; Ligoćkie, M. 2012. Evaluation of the possibility of using oligosaccharide-free pea in Japanese quail nutrition. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*; 36(6): 676-682.

Tuesta, Z. 2003. Evaluación de cuatro niveles de polvillo de arroz en dietas peletizadas de postura sobre el comportamiento productivo de la codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica* L.). Tesis UNALM. Lima - Perú.

Uluocak, A; Okan, F; Efe, E; Nacar, H. 1995. Exterior and interior quality characteristics and their variation according to age in Japanese quail. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 19, 181-187.

Valbuena, D. 2012. Calidad del huevo. *Avicol, Genetica Animal*. Disponible en: <http://avicol.co/descargas2/CalidadHuevo.pdf>. Colombia.

Valladares, J. 2003. Efecto de la relación hembra: macho en el comportamiento reproductivo de la codorniz (*Coturnix coturnix japonica L.*), a dos edades. Tesis UNALM. Lima-Perú.

Vohra, P; Roudibush, T. 1991. The effect of various levels of dietary protein on the growth and production of *Coturnix coturnix japonica L.* *Poultry Sci.* 50: 1981-1984.

Wilson, W; Ursula, K; Abplanalp, H. 1960. Evaluation of *Coturnix* (Japanese Quail) as Pilot Animal for Poultry. University of California.

Wolc, A; White, I; Olori, V; Hill, W. 2009. Inheritance of fertility in broiler chickens. *Genetics Selection Evolution.* 41:47.

Woodard, A; Abplanalp, W; Wilson, W; Vohra, P. 1973. Japanese Quail Husbandry in the laboratory (*Coturnix coturnix japonica*). Department of avian Sciences. University of California, Davis, CA.

Yabar, A. 2002. Efecto de cuatro niveles de energía metabolizable en el comportamiento productivo de la codorniz japonesa en la etapa de postura (*Coturnix coturnix japonica L.*) Tesis UNALM. Lima - Perú.

Yannakopoulou S, A; Tserveni-Gousi, A. 1986. Quality characteristics of quail eggs. *British Poultry Science* 27: 171-176.

Zita, L; Ledvinka, Z; Tumova, E; Klesalova, L. 2012. Technological Quality of Eggs in Relation to the Age of Laying Hens and Japanese Quails. *Bras. Zootec.*, v.41, p. 2079-2084.

Zita, L; Ledvinka, Z; Klesalová, L. 2013. The effect of the age of Japanese quails on certain egg quality traits and their relationships. *VETERINARSKI ARHIV* 83 (2), 223-232.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Número de huevos

Tratamientos	Semanas										Promedio
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
T1	0.00	0.00	3.67	17.67	36.00	52.00	53.33	77.33	97.33	100.00	43.73
T2	0.00	0.00	5.33	14.33	27.67	39.33	44.67	63.67	79.67	84.00	35.87
T3	0.00	1.67	12.67	25.67	44.67	57.33	61.67	82.67	94.67	98.67	47.97
T4	0.00	0.00	1.67	20.00	40.67	50.00	51.33	66.67	90.67	99.67	42.07
T5	0.00	3.00	6.67	22.00	43.33	54.67	59.67	75.33	86.67	93.33	44.47
T6	0.00	11.33	13.33	29.00	55.33	69.00	72.33	89.00	103.67	111.67	55.47
T7	0.00	0.00	0.00	6.67	17.33	33.67	63.67	79.00	90.33	98.33	38.90
T8	0.00	0.00	0.33	6.00	18.33	51.67	75.67	96.67	92.67	96.67	43.80
T9	0.00	0.00	8.00	19.67	34.00	58.67	82.33	98.67	112.00	112.67	52.60
Promedio	0.00	1.78	5.74	17.89	35.26	51.81	62.74	81.00	94.19	99.44	44.99

Anexo 2: Porcentaje de postura

Tratamientos	Semanas										Promedio
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
T1	0.00	0.00	7.10	14.29	29.45	41.27	42.33	61.38	77.25	79.37	35.24
T2	0.00	0.00	8.73	17.06	22.44	31.22	35.45	50.53	63.23	66.67	29.53
T3	0.00	5.56	12.39	21.01	35.45	45.50	48.94	65.61	75.13	78.31	38.79
T4	0.00	0.00	5.56	15.87	32.28	39.68	40.74	52.91	71.96	79.10	33.81
T5	0.00	7.41	7.14	18.08	34.39	43.39	47.35	59.79	68.78	74.07	36.04
T6	0.00	9.19	12.65	23.02	43.92	54.76	57.41	70.63	82.28	88.62	44.25
T7	0.00	0.00	0.00	10.02	14.29	26.72	50.53	62.70	71.69	78.04	31.40
T8	0.00	0.00	5.56	10.65	15.34	41.01	60.05	76.72	73.54	76.72	35.96
T9	0.00	0.00	11.51	16.18	26.98	46.56	65.34	78.31	88.89	89.42	42.32
Promedio	0.00	2.46	7.85	16.24	28.28	41.12	49.79	64.29	74.75	78.92	36.37

Anexo 3: Masa de huevos

Tratamientos	Semanas										Promedio
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
T1	0	0	32	164	375	534	518	812	1026	1060	452
T2	0	0	52	144	306	425	458	681	855	921	384
T3	0	17	125	259	483	619	640	901	1049	1098	519
T4	0	0	16	196	439	526	482	685	960	1052	436
T5	0	29	66	218	472	584	603	777	936	1034	472
T6	0	116	143	296	619	760	758	986	1155	1245	608
T7	0	0	0	66	177	346	666	849	965	1055	412
T8	0	0	4	56	189	551	817	1068	998	1059	474
T9	0	0	89	211	340	637	893	1084	1234	1223	571
Promedio	0	18	59	179	378	554	649	872	1020	1083	481

Anexo 4: Peso promedio de huevos

Tratamientos	Semanas										Promedio
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
T1	0.00	0.00	9.07	9.39	10.35	10.18	9.76	10.50	10.55	10.60	10.05
T2	0.00	0.00	9.45	10.06	10.91	10.63	10.20	10.66	10.74	10.96	10.45
T3	0.00	9.88	10.20	10.11	10.73	10.77	10.47	10.91	11.08	11.14	10.59
T4	0.00	0.00	9.38	9.69	10.76	10.51	9.40	10.27	10.59	10.57	10.15
T5	0.00	9.44	10.03	9.80	10.80	10.62	10.05	10.32	10.80	11.08	10.33
T6	0.00	9.92	10.43	10.05	11.18	11.02	10.50	11.06	11.13	11.15	10.72
T7	0.00	0.00	0.00	9.81	9.68	10.21	10.45	10.74	10.66	10.72	10.32
T8	0.00	0.00	11.00	9.60	10.08	10.64	10.76	11.03	10.76	10.95	10.60
T9	0.00	0.00	10.39	10.57	9.92	10.81	10.79	10.96	11.02	10.86	10.67
Promedio	0.00	9.75	9.99	9.90	10.49	10.60	10.26	10.72	10.82	10.89	10.43

Anexo 5: Porcentaje de huevos no incubables

Tratamientos	Semanas										Promedio
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
T1	0.00	0.00	0.00	1.89	0.93	1.28	1.88	0.00	1.37	1.00	0.83
T2	0.00	0.00	0.00	2.33	1.20	3.39	1.49	3.14	1.67	1.19	1.44
T3	0.00	0.00	0.00	0.00	2.99	1.16	3.78	2.02	2.11	1.01	1.31
T4	0.00	0.00	0.00	1.67	0.82	1.33	1.30	3.00	0.74	0.33	0.92
T5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00	2.23	1.77	2.31	0.36	0.74
T6	0.00	0.00	0.00	1.15	0.60	1.93	2.76	2.25	0.64	0.30	0.96
T7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.97	2.62	0.00	0.37	1.02	0.70
T8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.58	2.20	1.38	0.72	0.34	0.72
T9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	2.02	0.34	1.49	1.78	0.73
Promedio	0.00	0.00	0.00	0.78	0.81	1.82	2.25	1.54	1.27	0.81	0.93

Anexo 6: Consumo de alimento

Tratamientos	Semanas										Promedio
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
T1	2246	2719	2701	2747	2740	3001	3415	3518	3645	3661	3039
T2	2509	2817	2754	2732	2918	2932	3301	3556	3650	3613	3078
T3	2440	2903	2809	3079	2994	3282	3573	3806	3952	3992	3283
T4	0	2891	2669	2706	2834	2879	3072	3441	3614	3699	2781
T5	0	2903	2827	2912	2931	3176	3485	3748	3790	3810	2958
T6	0	3124	2996	3145	3156	3312	3547	3927	3969	4049	3123
T7	0	0	2701	2587	2924	3230	3395	3519	3680	3814	2585
T8	0	0	2793	2778	3131	3443	3676	3904	3735	3850	2731
T9	0	0	2824	2960	3210	3505	3636	3888	3976	4027	2803
Promedio	799	1929	2786	2850	2982	3196	3456	3701	3779	3835	2931

Anexo 7: Consumo de alimento por ave por día

Tratamientos	Semanas										Promedio
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
T1	15.60	16.19	16.08	16.35	16.31	17.86	20.33	20.94	21.69	21.79	18.31
T2	17.42	16.77	16.39	16.26	17.37	17.45	19.65	21.17	21.73	21.51	18.57
T3	16.94	17.28	16.72	18.33	17.82	19.54	21.27	22.65	23.53	23.76	19.78
T4	0.00	17.21	15.89	16.11	16.87	17.14	18.28	20.48	21.51	22.02	16.55
T5	0.00	17.28	16.83	17.33	17.45	18.90	20.74	22.31	22.56	22.68	17.61
T6	0.00	18.60	17.84	18.72	18.79	19.71	21.11	23.38	23.63	24.10	18.59
T7	0.00	0.00	16.08	15.40	17.41	19.23	20.21	20.95	21.91	22.70	15.39
T8	0.00	0.00	16.63	16.54	18.64	20.50	21.88	23.24	22.23	22.92	16.26
T9	0.00	0.00	16.81	17.62	19.11	20.86	21.64	23.14	23.67	23.97	16.68
Promedio	5.55	11.48	16.58	16.96	17.75	19.02	20.57	22.03	22.49	22.83	17.53

Anexo 8: Conversión alimenticia

Tratamientos	Semanas										Promedio
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
T1	0.00	0.00	35.43	22.02	8.78	6.48	7.06	4.51	3.56	3.46	9.13
T2	0.00	0.00	32.67	17.34	13.89	8.56	8.28	5.50	4.31	3.94	9.45
T3	0.00	48.02	24.31	19.32	7.11	5.41	5.66	4.34	3.85	3.68	12.17
T4	0.00	0.00	38.43	16.24	6.87	5.53	6.52	5.30	3.79	3.54	8.62
T5	0.00	37.48	34.31	16.58	7.15	5.85	6.38	6.24	4.12	3.71	12.18
T6	0.00	32.96	24.68	19.13	5.52	4.52	4.89	4.14	3.47	3.27	10.26
T7	0.00	0.00	0.00	24.25	25.88	12.33	5.68	4.30	3.89	3.68	8.00
T8	0.00	0.00	34.09	32.66	27.69	6.77	4.87	3.74	3.78	3.65	11.72
T9	0.00	0.00	28.68	21.68	11.59	6.07	4.44	3.66	3.23	3.31	8.26
Promedio	0.00	13.16	28.07	21.02	12.72	6.83	5.98	4.64	3.78	3.58	9.98

Anexo 9: Análisis de varianza del número de huevos

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	9	291233.6353	32359.2928	0.0001	**
Tratamientos	8	10451.7474	1306.4684	0.0001	**

Coeficiente de determinación: 0.90 Coeficiente de variabilidad: 23.83

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	9	291233.64	32359.293	0.0001	**
Edad	2	1171.7863	585.8931	0.0173	*
Peso	2	7623.5984	3811.7992	0.0001	**
Edad x Peso	4	1873.6319	468.408	0.0118	
Error	225	31933.29	141.9257		
Total corregido	242	340949.93			

Coeficiente de determinación: 0.90 Coeficiente de variabilidad: 23.83

Anexo 10: Análisis de varianza del porcentaje de postura

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	9	92867.94295	10318.6603	0.0001	**
Tratamientos	8	4133.30597	516.66325	0.0001	**

Coeficiente de determinación: 0.90 Coeficiente de variabilidad: 18.91

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	9	92867.943	10318.66	0.0001	**
Edad	2	546.63962	273.31981	0.004	**
Peso	2	2908.0901	1454.045	0.0001	**
Edad x Peso	4	766.15404	191.53851	0.0039	**
Error	225	10865.399	48.2907		
Total corregido	242	110629.69			

Coeficiente de determinación: 0.90 Coeficiente de variabilidad: 18.91

Anexo 11: Análisis de varianza de la masa de huevos

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	9	34404802.93	3822755.88	0.0001	**
Tratamientos	8	1452135.11	181516.89	0.0001	**

Coeficiente de determinación: 0.90 Coeficiente de variabilidad: 25.06

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	9	34404803	3822755.9	0.0001	**
Edad	2	149162.75	74581.38	0.0169	*
Peso	2	1121113.3	560556.63	0.0001	**
Edad x Peso	4	212187.94	53046.98	0.0208	*
Error	225	4038827.3	17950.34		
Total corregido	242	40800787			

Coeficiente de determinación: 0.90 Coeficiente de variabilidad: 25.06

Anexo 12: Análisis de varianza del peso promedio de huevos

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	8	30.45937104	3.80742138	0.0001	**
Tratamientos	8	12.58881855	1.57360232	0.0001	**

Coeficiente de determinación: 0.46 Coeficiente de variabilidad: 4.68

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	8	30.854256	3.8567819	0.0001	**
Edad	2	0.2426419	0.121321	0.6017	NS
Peso	2	11.260155	5.6300775	0.0001	**
Edad x Peso	4	0.6776558	0.169414	0.5851	NS
Error	196	46.680729	0.238167		
Total corregido	212	88.120849			

Coeficiente de determinación: 0.47 Coeficiente de variabilidad: 4.66

Anexo 13: Análisis de varianza del porcentaje de huevos no incubables

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	9	1626.977061	180.775229	0.0001	**
Tratamientos	8	157.044307	19.630538	0.3064	NS

Coeficiente de determinación: 0.31 Coeficiente de variabilidad: 115.55

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	9	1626.9771	180.77523	0.0001	**
Edad	2	69.047808	34.523904	0.1259	NS
Peso	2	32.407249	16.203624	0.3763	NS
Edad x Peso	4	54.483474	13.620869	0.5103	NS
Error	225	3713.7508	16.505559		
Total corregido	242	5437.6727			

Coeficiente de determinación: 0.31 Coeficiente de variabilidad: 115.55

Anexo 14: Análisis de varianza del consumo de alimento por ave

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	9	1502.154859	166.906095	0.0001	**
Tratamientos	8	158.427581	19.803448	0.0001	**

Coeficiente de determinación: 0.85 Coeficiente de variabilidad: 5.88

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	9	1502.1549	166.9061	0.0001	**
Edad	2	20.121631	10.060816	0.0006	**
Peso	2	127.08122	63.54061	0.0001	**
Edad x Peso	4	10.837944	2.709486	0.0839	NS
Error	225	292.68767	1.300834		
Total corregido	242	2023.9779			

Coeficiente de determinación: 0.85 Coeficiente de variabilidad: 5.88

Anexo 15: Análisis de varianza de la conversión alimenticia

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	9	11147.67083	1238.63009	0.0001	**
Tratamientos	8	576.39209	72.04901	0.6726	NS

Coefficiente de determinación: 0.34 Coeficiente de variabilidad: 101.03

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	9	11147.671	1238.6301	0.0001	**
Edad	2	32.81633	16.40816	0.8486	NS
Peso	2	160.32194	80.16097	0.4495	NS
Edad x Peso	4	388.88088	97.22022	0.4229	NS
Error	225	22474.894	99.88842		
Total corregido	242	34328.756			

Coefficiente de determinación: 0.34 Coeficiente de variabilidad: 101.03

Anexo 16: Unidades Haugh

Tratamientos	Semanas				Promedio
	13	14	15	16	
T1	94.09	87.64	93.18	96.95	92.97
T2	93.97	90.29	95.27	96.02	93.89
T3	94.70	92.55	96.51	94.80	94.64
T4	94.46	94.58	96.80	96.12	95.49
T5	97.77	96.03	98.69	98.57	97.77
T6	96.08	94.69	96.74	95.12	95.66
T7	95.40	95.25	96.16	94.32	95.28
T8	95.59	98.09	96.84	98.97	97.37
T9	96.10	96.97	97.93	95.05	96.51
Promedio	95.35	94.01	96.46	96.21	95.51

Anexo 17: Índice de forma

Tratamientos	Semanas				Promedio
	13	14	15	16	
T1	78.61	78.25	78.34	79.70	78.73
T2	79.94	76.96	76.74	77.48	77.78
T3	82.45	80.19	80.23	77.66	80.13
T4	80.93	79.26	78.00	77.39	78.89
T5	80.41	78.36	78.80	78.76	79.08
T6	79.08	77.44	76.18	80.04	78.18
T7	80.69	79.12	76.81	77.38	78.50
T8	80.45	80.76	77.87	77.10	79.05
T9	78.19	78.79	77.25	79.00	78.31
Promedio	80.08	78.79	77.80	78.28	78.74

Anexo 18: Grosor de cáscara

Tratamientos	Semanas				Promedio
	13	14	15	16	
T1	0.155	0.192	0.205	0.200	0.188
T2	0.145	0.193	0.186	0.190	0.179
T3	0.155	0.190	0.176	0.183	0.176
T4	0.167	0.203	0.184	0.202	0.189
T5	0.180	0.203	0.185	0.188	0.189
T6	0.194	0.207	0.194	0.193	0.197
T7	0.200	0.206	0.191	0.193	0.198
T8	0.197	0.207	0.184	0.193	0.195
T9	0.206	0.205	0.191	0.207	0.202
Promedio	0.178	0.201	0.188	0.194	0.190

Anexo 19: Análisis de varianza de las unidades Haugh

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	3	98.9843926	32.9947975	0.0007	**
Tratamientos	8	233.9858630	29.2482329	0.0001	**

Coeficiente de determinación: 0.39 Coeficiente de variabilidad: 2.42

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	3	98.98439	32.99480	0.0007	**
Edad	2	151.92297	75.96148	0.0001	**
Peso	2	56.46845	28.23422	0.0069	*
Edad x Peso	4	25.59445	6.39861	0.3201	NS
Error	96	516.14551	5.37652		
Total corregido	107	849.115763			

Coeficiente de determinación: 0.39 Coeficiente de variabilidad: 2.42

Anexo 20: Análisis de varianza del índice de forma

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	3	78.15782963	26.0526098	0.0006	**
Tratamientos	8	43.75436667	5.46929583	0.2413	NS

Coeficiente de determinación: 0.23 Coeficiente de variabilidad: 2.58

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	3	78.15783	26.05261	0.0006	**
Edad	2	1.24537	0.62269	0.8604	NS
Peso	2	1.07571	0.53785	0.8781	NS
Edad x Peso	4	41.43329	10.35832	0.0471	*
Error	96	396.82707	4.13362		
Total corregido	107	518.739267			

Coeficiente de determinación: 0.23 Coeficiente de variabilidad: 2.58

Anexo 21: Análisis de varianza del grosor de cáscara

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	3	0.00766788	0.00255596	0.0001	**
Tratamientos	8	0.00727467	0.00090933	0.0001	**

Coeficiente de determinación: 0.48 Coeficiente de variabilidad: 6.73

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	3	0.007668	0.002556	0.0001	**
Edad	2	0.005523	0.002762	0.0001	**
Peso	2	0.000410	0.000205	0.2923	NS
Edad x Peso	4	0.001342	0.000335	0.0947	NS
Error	96	0.015776	0.000164		
Total corregido	107	0.030719			

Coeficiente de determinación: 0.48 Coeficiente de variabilidad: 6.73

Anexo 22: Porcentaje de fertilidad

Tratamientos	Semanas					Promedio
	12	13	14	15	16	
T1	90.00	95.00	97.87	97.83	98.65	95.87
T2	87.50	96.55	97.14	97.50	94.92	94.72
T3	95.65	93.48	98.00	97.37	96.10	96.12
T4	95.45	97.78	88.37	96.55	95.65	94.76
T5	94.12	95.45	97.83	96.36	96.92	96.14
T6	95.56	98.04	96.67	96.83	98.82	97.18
T7	0.00	0.00	93.75	95.24	92.00	56.20
T8	0.00	0.00	94.74	96.55	93.33	56.92
T9	0.00	96.00	96.77	97.78	96.34	77.38
Promedio	62.03	74.70	95.68	96.89	95.86	85.03

Anexo 23: Porcentaje de incubabilidad

Tratamientos	Semanas					Promedio
	12	13	14	15	16	
T1	35.00	62.50	55.32	54.35	74.32	56.30
T2	43.75	58.62	80.00	75.00	74.58	66.39
T3	39.13	52.17	50.00	63.16	74.03	55.70
T4	50.00	88.89	74.42	51.72	73.91	67.79
T5	52.94	84.09	73.91	76.36	69.23	71.31
T6	53.33	49.02	63.33	61.90	71.76	59.87
T7	0.00	0.00	50.00	42.86	72.00	32.97
T8	0.00	0.00	73.68	82.76	88.33	48.96
T9	0.00	56.00	54.84	66.67	71.95	49.89
Promedio	30.46	50.14	63.95	63.86	74.46	56.57

Anexo 24: Porcentaje de natalidad

Tratamientos	Semanas					Promedio
	12	13	14	15	16	
T1	38.89	65.79	56.52	55.56	75.34	58.42
T2	50.00	60.71	82.35	76.92	78.57	69.71
T3	40.91	55.81	51.02	64.86	77.03	57.93
T4	52.38	90.91	84.21	53.57	77.27	71.67
T5	56.25	88.10	75.56	79.25	71.43	74.11
T6	55.81	50.00	65.52	63.93	72.62	61.58
T7	0.00	0.00	53.33	45.00	78.26	35.32
T8	0.00	0.00	77.78	85.71	94.64	51.63
T9	0.00	58.33	56.67	68.18	74.68	51.57
Promedio	32.69	52.18	67.00	65.89	77.76	59.10

Anexo 25: Porcentaje de cotupollos de primera

Tratamientos	Semanas					Promedio
	12	13	14	15	16	
T1	38.89	57.89	41.30	35.56	71.23	48.98
T2	50.00	60.71	61.76	64.10	66.07	60.53
T3	40.91	46.51	44.90	48.65	74.32	51.06
T4	52.38	77.27	63.16	46.43	74.24	62.70
T5	50.00	64.29	62.22	71.70	69.84	63.61
T6	55.81	30.00	58.62	55.74	72.62	54.56
T7	0.00	0.00	40.00	40.00	76.09	31.22
T8	0.00	0.00	61.11	67.86	94.64	44.72
T9	0.00	41.67	50.00	63.64	74.68	46.00
Promedio	32.00	42.04	53.68	54.85	74.86	51.49

Anexo 26: Porcentaje de cotupollos de segunda

Tratamientos	Semanas					Promedio
	12	13	14	15	16	
T1	0.00	7.89	15.22	20.00	4.11	9.44
T2	0.00	0.00	20.59	12.82	12.50	9.18
T3	0.00	9.30	6.12	16.22	2.70	6.87
T4	0.00	13.64	21.05	7.14	3.03	8.97
T5	6.25	23.81	13.33	7.55	1.59	10.51
T6	0.00	20.00	6.90	8.20	0.00	7.02
T7	0.00	0.00	13.33	5.00	2.17	4.10
T8	0.00	0.00	16.67	17.86	0.00	6.90
T9	0.00	16.67	6.67	4.55	0.00	5.58
Promedio	0.69	10.15	13.32	11.04	2.90	7.62

Anexo 27: Porcentaje de huevos infértiles

Tratamientos	Semanas					Promedio
	12	13	14	15	16	
T1	38.89	28.95	21.74	20.00	10.96	24.11
T2	35.71	10.71	2.94	5.13	10.71	13.04
T3	54.55	30.23	28.57	5.41	4.05	24.56
T4	38.10	2.27	2.63	10.71	6.06	11.95
T5	25.00	2.38	11.11	11.32	7.94	11.55
T6	39.53	32.00	15.52	8.20	2.38	19.53
T7	0.00	0.00	33.33	5.00	10.87	9.84
T8	0.00	0.00	11.11	3.57	3.57	3.65
T9	0.00	37.50	36.67	11.36	10.13	19.13
Promedio	25.75	16.01	18.18	8.97	7.41	15.26

Anexo 28: Porcentaje de mortalidad embrionaria temprana

Tratamientos	Semanas					Promedio
	12	13	14	15	16	
T1	0.00	0.00	2.17	2.22	0.00	0.88
T2	14.29	0.00	0.00	2.56	0.00	3.37
T3	4.55	2.33	0.00	0.00	4.05	2.19
T4	4.76	0.00	0.00	3.57	1.52	1.97
T5	12.50	0.00	2.22	3.77	3.17	4.33
T6	0.00	0.00	0.00	1.64	4.76	1.28
T7	0.00	0.00	0.00	0.00	2.17	0.43
T8	0.00	0.00	0.00	7.14	0.00	1.43
T9	0.00	0.00	0.00	2.27	0.00	0.45
Promedio	4.01	0.26	0.49	2.58	1.74	1.82

Anexo 29: Porcentaje de mortalidad embrionaria tardía

Tratamientos	Semanas					Promedio
	12	13	14	15	16	
T1	22.22	5.26	19.57	22.22	13.70	16.59
T2	0.00	28.57	14.71	15.38	10.71	13.88
T3	0.00	11.63	20.41	29.73	14.86	15.33
T4	4.76	6.82	13.16	32.14	15.15	14.41
T5	6.25	9.52	11.11	5.66	17.46	10.00
T6	4.65	18.00	18.97	26.23	20.24	17.62
T7	0.00	0.00	13.33	50.00	8.70	14.41
T8	0.00	0.00	11.11	3.57	1.79	3.29
T9	0.00	4.17	6.67	18.18	15.19	8.84
Promedio	4.21	9.33	14.34	22.57	13.09	12.71

Anexo 30: Peso promedio del cotupollo nacido

Tratamientos	Semanas					Promedio
	12	13	14	15	16	
T1	6.86	6.32	6.19	6.12	6.64	6.43
T2	7.57	7.12	7.00	6.37	6.98	7.01
T3	7.33	6.58	7.40	6.50	7.30	7.02
T4	6.82	7.00	6.78	5.93	6.98	6.70
T5	6.56	6.95	6.76	6.24	7.16	6.73
T6	6.96	7.08	7.00	6.49	7.39	6.98
T7	0.00	0.00	7.13	6.56	6.75	6.81
T8	0.00	0.00	6.86	6.79	7.25	6.96
T9	0.00	6.71	6.65	6.77	7.00	6.78
Promedio	7.02	6.82	6.86	6.42	7.05	6.83

Anexo 31: Análisis de varianza del porcentaje de fertilidad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	113.9027273	28.4756818	0.0233	*
Tratamientos	8	100.0371001	12.5046375	0.2112	NS

Coeficiente de determinación: 0.45 Coeficiente de variabilidad: 3.71

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	113.902727	28.475682	0.0233	*
Edad	2	38.7347321	19.367366	0.1206	NS
Peso	2	46.5570008	23.2785	0.0817	NS
Edad x Peso	4	28.5841243	7.1460311	0.5091	NS
Error	27	228.368361	8.4580874		
Total corregido	39	418.00784			

Coeficiente de determinación: 0.45 Coeficiente de variabilidad: 3.71

Anexo 32: Análisis de varianza del porcentaje de incubabilidad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	1054.201375	263.550344	0.0002	**
Tratamientos	8	877.828644	109.728580	0.0085	*

Coeficiente de determinación: 0.68 Coeficiente de variabilidad: 10.73

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	1054.20138	263.55034	0.0002	**
Edad	2	138.09091	69.045455	0.1407	NS
Peso	2	602.391398	301.1957	0.0009	**
Edad x Peso	4	229.694948	57.423737	0.1670	NS
Error	27	883.09282	32.707141		
Total corregido	39	2845.37436			

Coeficiente de determinación: 0.68 Coeficiente de variabilidad: 10.73

Anexo 33: Análisis de varianza del porcentaje de natalidad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	1087.858142	271.964536	0.0005	*
Tratamientos	8	1104.250858	138.031357	0.0058	*

Coeficiente de determinación: 0.68 Coeficiente de variabilidad: 11.23

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	1087.85814	271.96454	0.0005	**
Edad	2	157.54782	78.77391	0.1484	NS
Peso	2	762.434298	381.21715	0.0006	**
Edad x Peso	4	303.859193	75.964798	0.1266	NS
Error	27	1037.77124	38.435972		
Total corregido	39	3290.71339			

Coeficiente de determinación: 0.68 Coeficiente de variabilidad: 11.23

Anexo 34: Análisis de varianza del porcentaje de cotupollos de primera

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	1277.489303	319.372326	0.0001	**
Tratamientos	8	693.213246	86.651656	0.0348	*

Coeficiente de determinación: 0.68 Coeficiente de variabilidad: 11.77

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	1277.4893	319.37233	0.0001	**
Edad	2	130.490915	65.245457	0.1700	NS
Peso	2	432.956175	216.47809	0.0057	*
Edad x Peso	4	211.021978	52.755495	0.2213	NS
Error	27	930.24117	34.453377		
Total corregido	39	2978.00284			

Coeficiente de determinación: 0.68 Coeficiente de variabilidad: 11.77

Anexo 35: Análisis de varianza del porcentaje de cotupollos de segunda

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	2087.404636	521.851159	0.0001	**
Tratamientos	8	188.841136	23.605142	0.8657	NS

Coeficiente de determinación: 0.62 Coeficiente de variabilidad: 49.15

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	2087.40464	521.85116	0.0001	**
Edad	2	40.50485	20.252425	0.6715	NS
Peso	2	94.151552	47.075776	0.4033	NS
Edad x Peso	4	44.128719	11.03218	0.9249	NS
Error	27	1353.05166	50.113024		
Total corregido	39	3570.33519			

Coeficiente de determinación: 0.62 Coeficiente de variabilidad: 49.15

Anexo 36: Análisis de varianza del porcentaje de huevos infértiles

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	2343.730466	585.932616	0.0001	**
Tratamientos	8	982.492063	122.811508	0.0310	*

Coeficiente de determinación: 0.71 Coeficiente de variabilidad: 30.34

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	2343.73047	585.93262	0.0001	**
Edad	2	269.847812	134.92391	0.0762	NS
Peso	2	519.270938	259.63547	0.0102	*
Edad x Peso	4	196.609502	49.152375	0.4081	NS
Error	27	1284.25436	47.564976		
Total corregido	39	4566.7368			

Coeficiente de determinación: 0.71 Coeficiente de variabilidad: 30.34

Anexo 37: Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad embrionaria temprana

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	463.7638101	115.940952	0.0214	*
Tratamientos	8	182.7897890	22.8487236	0.7066	NS

Coeficiente de determinación: 0.42 Coeficiente de variabilidad: 107.97

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	463.365285	115.841321	0.0215	*
Edad	2	42.5469109	21.2734554	0.5397	NS
Peso	2	68.1469973	34.0734986	0.3773	NS
Edad x Peso	4	61.0151423	15.2537856	0.7697	NS
Error	27	910.081382	33.706718		
Total corregido	39	1590.79768			

Coeficiente de determinación: 0.42 Coeficiente de variabilidad: 107.97

Anexo 38: Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad embrionaria tardía

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	1065.922705	266.480676	0.0045	*
Tratamientos	8	635.316275	79.414534	0.2257	NS

Coeficiente de determinación: 0.51 Coeficiente de variabilidad: 35.73

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	1065.92271	266.480676	0.0045	*
Edad	2	146.639397	73.319699	0.2815	NS
Peso	2	354.415806	177.207903	0.0561	NS
Edad x Peso	4	211.53579	52.883947	0.4461	NS
Error	27	1489.64592	55.172071		
Total corregido	39	3061.87198			

Coeficiente de determinación: 0.51 Coeficiente de variabilidad: 35.73

Anexo 39: Análisis de varianza del peso del cotupollo nacido

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	2.23577939	0.55894485	0.0001	**
Tratamientos	8	1.53093614	0.19136702	0.0162	*

Coefficiente de determinación: 0.67 Coeficiente de variabilidad: 3.72

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Semanas	4	2.23577939	0.55894485	0.0001	**
Edad	2	0.07578528	0.03789264	0.5631	NS
Peso	2	0.59319708	0.29659854	0.0192	*
Edad x Peso	4	0.70186772	0.17546693	0.0507	NS
Error	27	1.74382894	0.06458626		
Total corregido	39	5.4478375			

Coefficiente de determinación: 0.67 Coeficiente de variabilidad: 3.72