

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN



**“CORRELACIÓN ENTRE LA DEFORMACIÓN DE QUILLA CON LA
CONFORMACIÓN DE PECHUGA Y LA INTEGRIDAD ESQUELÉTICA
EN POLLOS DE ENGORDE”**

Presentado por:

Erika Lyz Vanessa Mateo Pérez

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

LIMA- PERÚ

2018

DEDICATORIA

**A mis padres el Sr. Alcides
Mateo Valeriano y a la Sra.
Angela Pérez Tomás.**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por su inmenso apoyo durante toda mi carrea universitaria.

A mi mamita que siempre me está cuidando desde el cielo y debe estar muy orgullosa de mí.

A mis hermanos Edmy Mateo Pérez y Jolhino Mateo Pérez, que entre alegrías y peleas estamos apoyándonos mutuamente para seguir adelante.

A mis profesores quienes con mucha dedicación han atendido cada una de mis dudas y han sido la pieza clave para mi formación como profesional.

A mis mejores amigos Erick Villegas y Erick Monzón, hemos pasado tantas vivencias juntos, siempre hemos estado unidos apoyándonos mutuamente y así seguiremos.

A mis amigos Sandra Osorio y Daniel Huaranga quienes con sus sabios consejos y actitudes siempre están ahí conmigo en las buenas y en las malas.

A los Vílchez- Lover, Naty, Viví, Chino, Jhona, Jessi Rony, Kari, Lili y Otto, gracias por sus consejos, apoyo y sus enseñanzas.

A mi patrocinador, Dr. Carlos Vílchez, a quien admiro como profesional y como persona.

A la Sra. Martha por sus sabios consejos que me han ayudado a afrontar cada obstáculo que se me presentaba, así también, por preocuparse por mí y quererme mucho como si fuera una más de sus hijas.

Al Mg Sc. Diego Martínez, por su apoyo y confianza brindada a mi persona.

A mis amigos y compañeros de trabajo el Ing. Cesar Osorio, Ing. Vilma Pajuelo, M.V Marlene Miguel y MVZ Marco Pariona, a quienes agradezco por sus consejos y amistad brindada a mi persona.

RESUMEN

El objetivo de este estudio observacional fue determinar la correlación que existe entre la deformación de quilla con la conformación de pechuga y la integridad esquelética en pollos de engorde. Al día 26 se beneficiaron 43 pollos machos de la línea Ross 308, considerando la quilla de cada pollo como unidad experimental. Las variables de deformación de quilla evaluadas fueron las siguientes: score curvilíneo, área de deformación, largo de quilla, índice de deformación de quilla, score de inclinación y ángulo de inclinación. Por otro lado, las variables de conformación de pechuga evaluadas fueron: peso de carcasa, porcentaje de carcasa, peso de pechuga, porcentaje de pechuga, peso de pechuga deshuesada, porcentaje de pechuga deshuesada. Finalmente, las variables de integridad esquelética evaluadas antes del sacrificio de los pollos fueron: valgus y varus, mientras que las variables evaluadas después del sacrificio de los pollos fueron: el score de degeneración femoral, condro necrosis bacterial con osteomielitis y discondroplasia tibial. Los datos se procesaron con el software estadístico SAS y fueron analizados mediante la correlación de Spearman. Los resultados no mostraron correlaciones significativas entre las variables de deformación de quilla con conformación de pechuga. Sin embargo, si señalan correlaciones entre las variables de deformación de quilla con integridad esquelética, encontrándose las siguientes correlaciones negativas medias significativas ($P < 0.05$) entre SVLD con LQ -0.317; SVRZ con SI -0.321; SDFZ, SDFP, SCBOZ y SCBOP con ARD -0.356, -0.312, -0.368 y -0.357, respectivamente; SDFZ y SCBOZ con LQ -0.365 y -0.368, respectivamente; SDFZ, SCBOZ y SCBOP con IDQ -0.331, -0.344 y -0.341, respectivamente. Así también, se encontraron las siguientes correlaciones positivas medias significativas entre SDTZ, SDTD y SDTP con LQ (0.381; $P < 0.05$), (0.454; $P < 0.01$) y (0.455; $P < 0.01$), respectivamente. En conclusión, las variables de deformación de quilla LQ, SI, ARD y IDQ están correlacionadas medianamente con las variables VL, VR, DF, CBO y DT.

Palabras claves: Pollos de engorde, deformación de quilla, integridad esquelética

ABSTRACT

The objective of this observational study was to determine the correlation between keel deformation and breast conformation and skeletal integrity in broilers. At day 26, 43 male chickens from the Ross 308 line were benefited, considering the keel of each chicken as an experimental unit. The keel deformation variables evaluated were: curvilinear score, deformation area, keel length, keel deformation index, tilt score and tilt angle. On the other hand, the breast conformation variables evaluated were: Carcass weight, Carcass percentage, Breast weight, Breast percentage, Boneless breast weight, Percent of boneless breast. Finally, variables of skeletal integrity evaluated before the slaughter of the chickens were: valgus and varus, while the variables evaluated after slaughter of the chickens were: femoral degeneration score, bacterial chondronecrosis with osteomyelitis and tibial dyschondroplasia. Data were processed using the SAS statistical software and analyzed by Spearman correlation. The results not showed significant correlations between the keel deformation variables with breast conformation. However, they indicated correlations between the keel deformation variables with skeletal integrity; the following significant mean negative correlations ($P < 0.05$) were found between SVLD with LQ - 0.317; SVRZ with SI -0.321; SDFZ, SDFP, SCBOZ and SCBOP with ARD -0.356, -0.312, -0.368 and -0.357, respectively; SDFZ and SCBOZ with LQ -0.365 and -0.368, respectively; SDFZ, SCBOZ and SCBOP with IDQ -0.331, -0.344 and -0.341, respectively. As well as the following significant mean positive correlations between SDTZ, SDTD and SDTP with LQ (0.381; $P < 0.05$), (0.454; $P < 0.01$) and (0.455; $P < 0.01$), respectively, were found. In conclusion, the keel deformation variables LQ, SI, ARD and IDQ are moderately correlated with the variables VL, VR, DF, CBO and DT.

Key words: Broiler chicks, keel deformation, skeletal integrity.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1	El hueso.....	2
2.1.1	El desarrollo óseo	3
2.2	El esqueleto del ave	4
2.2.1	Descripción del esternón y de quilla.....	5
2.2.2	Deformación de quilla	6
2.2.3	Factores que influyen en la deformación de quilla.....	6
	a. Edad	6
	b. Sistemas de alojamiento.....	7
	c. Nutricional	8
	d. Genético	9
2.3	Consecuencias del rápido crecimiento.....	9
2.3.1	Conformación de pechuga	10
2.3.2	Integridad esquelética	11
	a. Deformaciones angulares (Valgus y varus)	12
	b. Degeneración femoral.....	13
	c. Condronecrosis bacterial con osteomielitis	14
	d. Discondroplasia tibial	15
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1	Localización.....	16
3.2	Animales experimentales	16
3.3	Alimentación.....	16
3.4	Equipos y materiales	17
3.5	Toma de muestra.....	17
3.6	Mediciones.....	17
3.6.1	Variables de deformación de la quilla	17
	a. Score curvilíneo	17
	b. Área de deformación.....	18
	c. Largo de quilla	18
	d. Índice de deformación de quilla.....	18
	e. Score de inclinación.....	18
	f. Ángulo de inclinación	20
3.6.2	Variables de conformación de pechuga.....	21
	a. Peso vivo	21
	b. Peso de carcasa	21
	c. Porcentaje de carcasa	21
	d. Peso de pechuga.....	21
	e. Porcentaje de pechuga.....	21
	f. Peso de pechuga deshuesada.....	21
	g. Porcentaje de pechuga deshuesada	21
3.6.3	Variables de integridad esquelética	22
	a. Deformaciones angulares (Valgus y varus)	22

b. Degeneración femoral.....	22
c. Condronecrosis bacterial con osteomielitis	23
d. Discondroplasia tibial	23
3.7 Análisis estadístico	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1 Variables de deformación de quilla	24
4.2 Correlación entre las variables de deformación de quilla.....	26
4.3 Correlación entre las variables de deformación de quilla con las.....	28
variables de conformación de pechuga	
4.4 Correlación entre las variables de deformación de quilla con las.....	28
variables de Integridad esquelética	
4.4.1 Correlación entre las variables de deformación de quilla.....	28
con las variables de deformaciones angulares (valgus -varus)	
4.4.2 Correlación entre las variables de deformación de quilla.....	29
con las variables de degeneración femoral, condronecrosis	
bacterial con osteomielitis y discondroplasia tibial	
V. CONCLUSIONES.....	33
VI. RECOMENDACIONES.....	34
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
VIII. ANEXOS	42

ÍNDICE DE CUADROS

Nº		Página
1	Valor nutritivo para pollos de engorde en las etapas de..... inicio y crecimiento	16
2	Prevalencia de quillas deformes y normales	25
3	Promedio de las variables de deformación de quilla	25
4	Correlación entre las variables de deformación de quilla	27
5	Correlación de las variables de deformación de quilla con las variables de integridad esquelética.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº		Página
1	Descripción anatómica del hueso de la quilla	5
2	Deformaciones angulares	12
3	Fotografía donde se muestra la delimitación del área de deformación de quilla y largo de quilla	19

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº		Página
ANEXO I	Interpretación del coeficiente de correlación	42
ANEXO II	Variables de deformación de quilla.....	43
ANEXO III	Variables de conformación de pechuga.....	44
ANEXO IV	Promedio de las variables de conformación de pechuga de pollos. beneficiados a los 26 días de edad	45
ANEXO V	Variables de deformaciones angulares (valgus y varus)	46
ANEXO VI	Variables de degeneración femoral	47
ANEXO VII	Variables de condronecrosis bacterial con osteomielitis.....	48
ANEXO VIII	Variables de discondroplasia tibial.....	49
ANEXO IX	Correlación entre las variables de deformación de quilla.....	50
ANEXO X	Correlación entre las variables de deformación de quilla con las variables de conformación de pechuga	50
ANEXO XI	Correlación entre las variables de deformación de quilla con la..... variable valgus	51
ANEXO XII	Correlación entre las variables de deformación de quilla con la..... variable varus	51
ANEXO XIII	Correlación entre las variables de deformación de quilla con la..... Variable degeneración femoral	52
ANEXO XIV	Correlación entre las variables de deformación de quilla con la..... variable de condronecrosis bacterial con osteomielitis	52
ANEXO XV	Correlación entre las variables de deformación de quilla con la..... variable de discondroplasia tibial	53
ANEXO XVI	Correlación de todas las variables de deformación de quilla y. conformación de pechuga e integridad esquelética.	54

ABREVIATURA

AI	Ángulo de inclinación
ARD	Área de deformación
IDQ	Índice de deformación de quilla
LQ	Longitud de quilla
PC	Porcentaje de carcasa
PP	Porcentaje de pechuga
PPD	Porcentaje de pechuga deshuesada
SC	Score curvilíneo
SCBOD	Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis de la pata derecha
SCBOP	Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis promedio de ambas patas
SCBOZ	Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis de la pata izquierda
SDFD	Score de degeneración femoral de la pata derecha
SDFP	Score de degeneración femoral promedio de ambas patas
SDFZ	Score de degeneración femoral de la pata izquierda
SDTD	Score de discondroplasia tibial de la pata derecha
SDTP	Score de discondroplasia tibial promedio de ambas patas
SDTZ	Score de discondroplasia tibial de la pata izquierda
SI	Score de inclinación
SVLD	Score valgus de la pata derecha
SVLP	Score valgus promedio de ambas patas
SVLZ	Score valgus de la pata izquierda
SVRD	Score varus de la pata derecha
SVRP	Score varus promedio de ambas patas
SVRZ	Score varus de la pata izquierda
WB	Woody breast
WC	Peso de carcasa
WP	Peso de pechuga
WPD	Peso de pechuga deshuesada
WS	White striping
WV	Peso vivo

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la producción avícola es uno de las industrias de más rápido crecimiento en el sector agropecuario del Perú y es un rubro altamente competitivo en la economía del país debido a que la carne de pollo es el producto de mayor consumo en la población peruana, por ser la principal fuente proteica de origen animal y poseer el precio más accesible en el mercado. En cuanto a las preferencias del consumidor la pechuga y las piernas son las de mayor consumo y a la vez son las piezas que poseen mayor rendimiento en la carcasa. Este alto rendimiento de pechuga y piernas es posible por la constante mejora genética del pollo de engorde a través de los años y se manifiesta con la reducción del período de producción, haciendo que el ave experimente un rápido crecimiento y desarrollo muscular.

Existen numerosos factores asociados al rápido crecimiento que tienen relación con la incidencia de problemas locomotores; que se evidencian con la presencia de lesiones en los miembros inferiores del pollo. Las lesiones que se observan se pueden clasificar según su intensidad desde leves a graves y su incremento provoca una menor posibilidad de movilizarse, provocando que el ave este un mayor tiempo postrado, haciendo que la pechuga reciba la mayor fuerza de contacto con la superficie, lo que posiblemente incremente el grado de deformación de la quilla.

Por otra parte, la deformación de quilla está siendo estudiada mayormente en gallinas ponedoras ya que su crianza tiene un período más largo de producción en comparación con los pollos de engorde. Sin embargo, actualmente no existe información pertinente sobre deformación de quilla en pollos de engorde y sus efectos sobre la conformación de la pechuga e integridad esquelética en este grupo de aves.

Por todo lo mencionado anteriormente, el objetivo de la presente investigación fue determinar la correlación entre la deformación de quilla con la conformación de pechuga y la integridad esquelética en pollos de engorde.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El hueso

El hueso es un tejido calcificado metabólicamente activo en constante remodelación (De Lucas, 2003; Caeiro *et al*, 2013). Este biomaterial está compuesto de una matriz orgánica (colágeno de tipo I) y de un componente mineral (cristales de hidroxiapatita y fosfato cálcico), la proporción de estos compuestos varía con la edad y localización dentro del esqueleto del organismo (Caeiro *et al*, 2013).

El hueso es el resultado de la unión de las fibras de colágeno que están entrelazadas mediante enlaces cruzados de una triple hélice, esta estructura le confiere propiedades biomecánicas al hueso como resistencia a la tracción en sentido longitudinal y gran parte de su elasticidad, sin embargo, estas propiedades van a depender de las características ultra estructurales como la cantidad de fibras, la orientación de sus fibras y la estabilidad de sus enlaces (Álvarez, 2008). Así también, los cristales de hidroxiapatita se disponen en los huecos que quedan libres en la matriz orgánica, confiriendo propiedades biomecánicas al hueso como rigidez y resistencia a la compresión, sin embargo, estas propiedades van a depender de la cantidad del mineral, el grado de empaquetamiento y de la ordenación de los cristales alrededor de las fibras de colágeno (Caeiro *et al*, 2013).

El hueso es la principal reserva de calcio y fósforo en el organismo y se encuentran en forma de fosfato cálcico, las aves pueden llegar a contener hasta el 84 % de este componente mineral en su composición ósea, por tal motivo, estos elementos desempeñan un papel fundamental en numerosas funciones fisiológicas y su homeostasis está regulada por mecanismos que controlan la formación y el metabolismo del tejido óseo (Gil, 2010).

El hueso es un tejido conectivo muy específico y se desarrolla mediante un proceso llamado ontogénesis presentado a continuación.

2.1.1 El Desarrollo óseo

El desarrollo óseo de los huesos largos del esqueleto apendicular, se produce mediante un proceso denominado osificación endocondral, este proceso se lleva a cabo en la placa de crecimiento epifisiaria, donde algunos condrocitos de morfología fibroblástica de la capa germinal, que se hallaban inactivos, se convierten en condrocitos proliferativos. Estas células se multiplican y forman columnas de células aplanadas estrechamente envueltas por una matriz extracelular segregando un alto contenido de colágeno de tipo II. Esta zona de condrocitos proliferativos se nutre mediante los capilares sanguíneos de la epífisis. A medida que se va segregando más matriz, estas células se separan gradualmente dentro de sus columnas y después evolucionan a un estado hipertrófico, alargándose y haciéndose más redondeadas y comienzan a segregar un nuevo componente a la matriz, el colágeno de tipo x. La zona hipertrófica recibe su aporte sanguíneo de los vasos de la diáfisis, por lo que entre las zonas hipertróficas y de proliferación hay una estrecha zona no vascularizada de condrocitos pre hipertrófico. Además del colágeno, los condrocitos segregan otros componentes de la matriz, como glicoproteínas y otros factores de crecimiento. A su vez estos componentes de la matriz regulan el desarrollo ulterior de los condrocitos (Whitehead, 2009).

La formación del hueso se inicia en la zona hipertrófica inferior. Los condroclastos reabsorben la matriz y los condrocitos totalmente hipertrofiados segregan fosfatasa alcalina que ayuda a que se inicie la formación de cristales de hidroxapatita, el mineral del hueso. Los condrocitos mueren por apoptosis y son reabsorbidos, los osteoblastos las células productoras del hueso, se forman en la médula a partir de sus células precursoras. Los osteoblastos producen la matriz ósea de fibrillas de colágeno de tipo I e inducen a la formación del mineral que queda incrustado en el interior y alrededor de la matriz. En esta zona también están activos los osteoclastos, las células que reabsorben y remodelan el hueso constituidas por las acciones conjuntas de la reabsorción osteoclástica y de la subsiguiente formación del hueso por los osteoblastos, originando el desarrollo de una red de hueso trabecular (De Lucas, 2003; Whitehead, 2009). A medida que el hueso se alarga, debido a la continua proliferación de condrocitos en la cabeza de la placa de crecimiento, seguida de la hipertrofia y la mineralización en su parte posterior, la red trabecular se reabsorbe en gran parte a fin de formar la cavidad medular. Este proceso de desarrollo se distingue del crecimiento óseo en los mamíferos que no implica la participación de un centro de osificación secundario (Whitehead, 2004; Whitehead, 2009).

En las aves durante la primera etapa de vida del pollito se produce muy poca remodelación del hueso, pero hacia el final del período de crecimiento se forman osteonas secundarias al acortarse los conos, en los que los osteoclastos excavan un túnel en el hueso, siendo seguidos por los osteoblastos que forman nuevas capas concéntricas de hueso laminar. Durante el proceso de formación de osteonas primarias y secundarias los osteoblastos quedan sepultados dentro del hueso y se diferencian en osteocitos. Estas células poseen una red de interconexión y pueden regular la remodelación del hueso en respuesta a fuerzas biomecánicas (Whitehead, 2009; García, 2014). Mientras los huesos planos se forman mediante la osificación intramembranosa, donde la formación de hueso cortical está determinada por los osteoblastos en la capa periótica y va acompañada por la reabsorción osteoclástica en la superficie endosteal interna (Whitehead, 2004).

El conjunto de huesos largos y planos debidamente ubicados forman el esqueleto del ave, que va a cumplir un rol importante en el desplazamiento del pollo.

2.2 El esqueleto del ave

El esqueleto del ave es el armazón que soporta al cuerpo, junto al sistema muscular y articular forman el aparato locomotor de las aves. El sistema esquelético está relacionado con el sistema respiratorio, ciertos huesos como la quilla, clavícula, humero y algunas otras vertebras poseen zonas huecas (neumáticos) conectadas al sistema respiratorio, mediante los sacos aéreos, permitiendo que el aire circule por las zonas huecas de los huesos, permitiendo que los huesos sean más ligeros y reduzcan el peso del ave en el vuelo (Gil, 2010).

El esqueleto de las aves consta en principio de las mismas partes que de los mamíferos. Sin embargo, presenta algunas diferencias esenciales en el desarrollo de los miembros torácicos y el esternón, que se han transformado para adaptarse al vuelo. Los miembros torácicos forman las alas, mientras que el esternón, con gran desarrollo de la espina ósea (quilla esternal), proporciona amplio espacio para la inserción los músculos pectorales (Vaca, 1991; Gil, 2010).

2.2.1 Descripción del esternón y de quilla

El esternón, es un hueso muy desarrollado, es la parte del esqueleto que forma el piso de la cavidad torácica, es un gran hueso dependiendo de la especie, presenta varias apófisis, escotaduras y agujeros. El esternón en la superficie dorsal presenta agujeros neumáticos que se comunican con los sacos aéreos claviculares y en la cara ventral destaca una cresta esternal muy desarrollada en las aves voladoras (carinadas) llamado quilla (Gil, 2010).

La quilla es un hueso que permite la implantación de los músculos pectorales (Warren, 1937; Navarro y Benitez, 1995; Gil, 2010), se extiende en dirección caudal hacia la pelvis, protegiendo la cavidad torácica y parte de la cavidad abdominal, se rastrea fácilmente al pasar la mano a lo largo de la superficie ventral (Warren, 1937; Casey - Trott *et al*, 2015). Al rastrear el hueso se puede identificar el borde craneal o carina ápex y al final de la trayectoria se encuentra el borde caudal, esta distancia mide aproximadamente entre 9 a 12 cm, así también, se ha determinado la altura de la quilla medida desde la superficie dorsal hasta el borde craneal el cual mide aproximadamente de 30 a 33 mm. Estas medidas pueden variar dependiendo de la genética, la edad y otros factores (Casey - Trott *et al*, 2015); Figura 1.

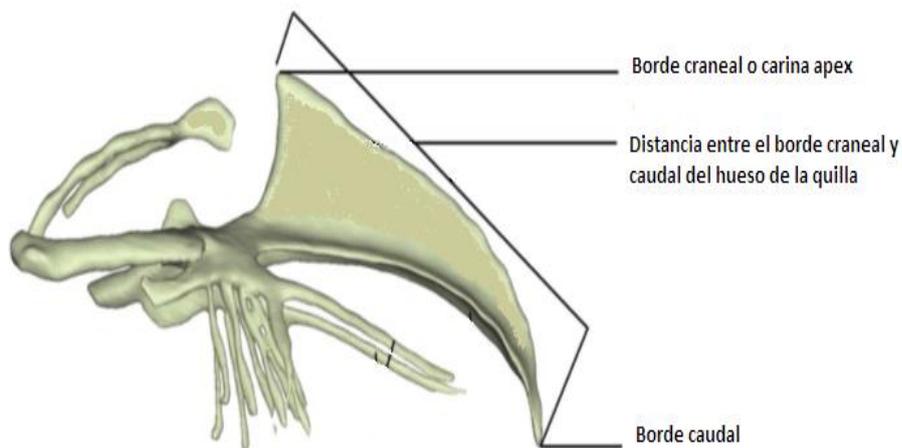


Figura 1: Descripción anatómica de la quilla

Fuente: Casey - Trott *et al*. 2015

2.2.2 Deformación de quilla

La deformación de la quilla es el resultado de una presión prolongada sobre este hueso (Scholz *et al*, 2008), debido a que su ubicación anatómica es el primer punto de contacto con la jaula (Nasr *et al*, 2012), este contacto causa la deformación de la quilla en forma de “S”, una quilla deforme influye en la calidad del producto en el mercado (Warren, 1937), convirtiéndose en un problema crítico en la industria avícola, ya que, compromete el bienestar animal (Paxton *et al*, 2014), afecta los parámetros productivos de forma negativa disminuyendo el valor monetario del producto final (Heerkens *et al*, 2015). Los factores que influyen en la deformación de quilla aún siguen siendo inciertos, aún sigue en constante investigación, según las investigaciones ya realizadas la deformación de quilla puede estar ligado a factores como: edad, sistema de alojamiento, nutricional y genético (Harlander-Matauschek *et al*, 2015).

2.2.3 Factores que influyen en la deformación de quilla

a. Edad

La edad es un factor que favorece a la deformación de la quilla, ya que, en las aves jóvenes el extremo caudal de la quilla es cartilaginoso y se va osificando a medida que el ave va creciendo, mientras ocurre este proceso la quilla está expuesto a deformaciones, lesiones y frecuentemente presenta una flexión en forma de “S” (Warren, 1937; Gil, 2010). Por lo tanto, su flexibilidad puede ser indicativa de la edad del ave (Gil, 2010).

En investigaciones realizadas por Warren (1937) encontró que la edad promedio de aparición de deformación de quilla comenzaba a las ocho semanas de edad representando un 6.5 % del total de aves evaluadas y en las 20 y 24 semanas de edad se observó que la deformación de quilla representaba un 27 % del total de aves evaluadas manteniéndose constante la aparición de quillas deformes en este período.

Por otro lado, Heerkens *et al*, (2015) observaron una prevalencia de 58.9 % en deformación de quilla en gallinas de 60 semanas de edad. Mientras que Regmi *et al*, (2016) observaron una alta prevalencia mayor del 90 % de deformación de quilla en gallinas de 78 semanas de edad. Finalmente, de acuerdo con Heerkens *et al*, (2016a), citado por Heerkens *et al*, (2016b), las deformaciones de quilla pueden llegar a una prevalencia de 56 % hasta 97 % en un ciclo de producción en gallinas de postura.

b. Sistemas de alojamiento

Los sistemas de alojamiento deben de cumplir con las normas de bienestar animal, si bien es cierto que los sistemas más sofisticados permiten al productor usar eficientemente el espacio de crianza para elevar su producción y ganancias, a costas de disminuir el confort de las aves en su ambiente de crianzas, por este motivo los sistemas de alojamiento cerrados deben de crear un ambiente para las aves que se asemeje a ambiente habitual (Mench *et al*, 2009).

Por lo tanto, los sistemas de alojamiento para aves en la actualidad aún siguen siendo tema de investigación, debido a que el porcentaje de quillas deformes encontradas en las granjas se viene incrementando, así también, intensificándose los efectos secundarios como las fracturas de quilla, que provocan un dolor constante al ave, afectando negativamente los parámetros productivos (Nasr *et al*, 2012).

Las investigaciones para determinar la causa de las deformaciones de quilla iniciaron evaluando sistemas de alojamiento de jaula versus sin jaula, llegando a la siguiente conclusión, las aves criadas en ambientes de jaula tienen mayor probabilidad de sufrir fracturas y deformaciones de quilla durante un ciclo productivo, en comparación gallinas criadas en sistemas sin jaula (Regmi *et al*, 2016). Siendo la crianza de aves en sistemas de jaula las que poseen mayor predisposición a presentar quillas deformes, en base a estos resultados se han realizado estudios en sistemas de jaula, en esta investigación se comparó los sistemas de jaula con perchas y sin perchas, con el fin de determinar una posible causa de las deformaciones de quilla.

Warren (1937) encontró que el porcentaje de pollos con quillas deformes en el sistema sin percha era de 7 % en comparación a los pollos criados en un sistema con perchas, donde el porcentaje de deformación del hueso de la quilla fue del 100 %.

Un sistema de crianza que posee percha favorece a que el ave pase más tiempo posando, haciendo que el borde caudal de la quilla tenga mayor presión causando a una mayor deformación de quilla (Sholz *et al*, 2008). Así mismo, Donalson *et al*, (2011) observaron un aumento de quillas deformes en un sistema de jaulas con perchas. Según Pickel *et al*, (2011) la presión sobre el hueso de la quilla era cinco veces mayor en comparación con la presión ejercida sobre la almohadilla plantar. La fuerza de contacto de la quilla con las perchas es mayor dependiendo el tipo y material de perchas que se use en las jaulas. Además, con las

perchas cuadradas y de poliuretano blandas se tuvo una menor fuerza de contacto al observar una mayor área de contacto del hueso de la quilla con la superficie de la percha y posiblemente las perchas de poliuretano blandas podría disminuir los problemas de deformación de quilla. Una mayor área de contacto de la quilla con la superficie de la percha disminuye la fuerza ejercida por el peso del ave sobre la quilla en un solo punto, repartiendo la fuerza ejercida del peso del ave en varios puntos de contacto de la quilla (Pickel *et al*, 2011).

c. Nutricional

En la nutrición de los pollos de engorde el metabolismo del calcio (Ca) es muy importante, ya que, estos iones desempeñan un papel primordial en los procesos fisiológicos. El Ca desempeña gran importancia en las reacciones intracelulares y en la integridad estructural de los huesos.

A nivel fisiológico los niveles bajos de Ca sérico incrementan la secreción de la paratohormona (PTH), que a su vez promueve la síntesis de vitamina D activa y un aumento de la célula de la mucosa que contribuyen en la absorción del Ca en el tracto gastrointestinal. La concentración sérica elevada de fosfato incrementa la formación de vitamina D inactiva, obteniendo una menor cantidad de vitamina D activa. El fosfato y la PTH realizan el control de la síntesis de vitamina D activa. La vitamina D activa también favorece al transporte pasivo del Ca que tiene efectos sobre el hueso, ya que induce al movimiento de los iones de Ca desde el depósito lábil hacia el líquido extracelular y la resorción ósea (Cunningham *et al*, 2009).

Warren (1937) encontró que la tendencia de deformación de quilla tenía un origen hereditario, siendo este factor hereditario para el metabolismo defectuoso de calcio. Sin embargo, al evaluar la cantidad de calcio y fósforo en sangre de las cepas de aves con deformación de quilla y la cepa de aves con quillas normales eran similares para ambas cepas, llegando a la conclusión que la deformación de quilla se debe a una insuficiencia de la deposición de los minerales en esta parte del esqueleto en lugar de una deficiencia generalizada en el metabolismo de las aves.

En un estudio con dos tipos de dietas una dieta deficiente en vitamina D y otra normal con dos cepas de pollos uno con quillas rectas y la otra con quillas deformes. Warren (1937) encontró diferencias significativas entre el porcentaje de ceniza de tibias y quillas entre las

dietas. En la dieta deficiente de vitamina D no se encontró diferencias significativas entre el porcentaje de ceniza de las tibias entre cepas y si se encontró diferencias significativas en el porcentaje de ceniza de quilla entre cepas, de igual forma esta tendencia se observó en las cepas alimentadas con una dieta normal.

Por su parte, Johnson y Smith (1944) demostraron que la deformación del hueso de la quilla se redujo significativamente al suplementar una ración basal con vitamina D.

d. Genético

En las primeras investigaciones realizadas por Warren (1937) y un equipo de profesionales de la Estación Experimental Agrícola Kansas seleccionaron una primera generación aves de la raza White Leghron (WL) para la presencia y ausencia de deformación del hueso de la quilla al observar que tenían una gran variación en la presencia de quillas deformes y reportaron que la descendencia F1 de estos dos primeros lotes fueron idénticos a los padres y después de seis generaciones de selección de aves con quillas deformes, aun se encontraban aves con quillas sin deformación, llegando a la conclusión que la deformación del hueso de la quilla posee una tendencia a ser heredable. Así mismo, Fleming *et al*, (2004); Regmi *et al*, (2016) y Stratmann *et al*, (2016), afirman que la selección genética disminuye la prevalencia de deformación de quilla.

La selección genética ha conllevado al pollo de engorde a poseer un rápido crecimiento, ya que, su periodo de producción es más corto en comparación con años anteriores, Sin embargo, este tipo de producción provoca consecuencias que serán mencionadas a continuación.

2.3 Consecuencias del rápido crecimiento

El rápido crecimiento está asociado a un aumento en el peso del ave y en la demanda metabólica del ave, ajustando los requerimientos nutricionales según la genética que se renueva con el pasar de los años. Por tal motivo, los pollos de engorde se seleccionan continuamente para alcanzar un mayor peso corporal a edades tempranas (Julian, 1998).

La constante presión de selección del pollo de engorde, en líneas modernas, ha aumentado la demanda de estudios sobre la integridad esquelética, ya que, se interrumpe el proceso normal del crecimiento esquelético, dando lugar a la aparición de enfermedades óseas que

se manifiestan en pérdidas económicas en toda la industria avícola moderna (Thorp *et al*, 1994 y Whitehead, 2009).

El pollo de engorde es seleccionado para lograr un rápido crecimiento del tejido muscular de pechuga y piernas (Whitehead, 2009). Sin embargo, un mayor peso de pechuga y piernas hace que el ave tenga un desequilibrio al caminar, provocando problemas locomotores, que causan una disminución en la calidad de la carcasa al momento de la comercialización de este producto. A continuación, se revisará las consecuencias de la mejora genética del pollo de engorde con respecto a la conformación de pechuga e integridad esquelética.

2.3.1 Conformación de pechuga

Los músculos pectorales, integrantes de la pieza cárnica conocida como “pechuga”. Se describe como un músculo pectoral superficial y un músculo pectoral profundo. El músculo pectoral profundo se origina en la parte del hueso de la quilla esternal cubierto por el músculo pectoral superficial (Gil, 2010). La pechuga de pollo de engorde tiene un alto valor comercial, debido al mayor consumo en el mercado, bajo contenido de grasa y a su ternura, el cual es un importante estímulo para que se maximice su proporción en la carcasa (Melo *et al*, 2001 y Kim *et al*, 2015).

los pollos de engorde con mayor peso de pechuga están predispuestos a una deformación de quilla y al daño de los músculos pectorales (Nars *et al*, 2012). Es muy frecuente encontrar deformación de quilla y daño del músculo pectoral en los pollos de engorde que afectan la calidad de la carcasa y de los productos deshuesados. Por tal motivo, la normativa Mexicana realiza una clasificación de la carcasa y las piezas de los pollos de engorde que van a salir al mercado, México Extra y México 1: Es una musculatura bien desarrollada libre de deformidades que afecten la distribución normal de la carne, de contornos redondeados; México 2: Es una musculatura desarrollada donde se permiten deformaciones, como quillas dañadas o torcidas, así como piernas, muslos y rabadillas curvos. Siendo las primeras dos clasificaciones las que tienen mayor precio en el mercado en comparación con la última categoría (NMX-FF-080-SCFI-2006).

En investigaciones realizadas se han determinado que el rápido crecimiento está relacionado con cambios en la textura de la pechuga de pollo, y a la vez están vinculados con dos principales miopatías: Woody breast (WB) y White striping (WS).

El rápido crecimiento de los pollos de engorde asociada a una selección genética para rendimiento muscular podría estar vinculado con la aparición de miopatías como Woody Brest y White Striping. Las apariciones de miopatías cambian el valor nutritivo de los productos cárnicos generando un rechazo a la aceptación del producto reduciendo su valor al momento de la comercialización (Petracci *et al*, 2013; Kuttappan *et al*, 2016).

La condición WB se caracteriza por un endurecimiento del músculo de la pechuga típicamente en la parte proximal del filete, pero el endurecimiento también se puede encontrar a lo largo del músculo en los casos más severos, otras características macroscópicas dependiendo de la severidad de WB, presenta un color más pálido, con hemorragias superficiales y presencia de exudado estéril en la superficie del músculo (Bailey *et al.*, 2015; Kuttappan *et al*, 2016). Según el examen histológico la pechuga llega a presentar miodegeneración, necrosis, fibrosis, lipidosis y cambios degenerativos (Kuttappan *et al*, 2016).

La condición WS se caracteriza por observar líneas blancas visibles paralelas a la dirección de las fibras musculares; la cantidad y el espesor de las líneas blancas pueden variar de un ave a otro, según el examen histológico y análisis químico del músculo de la pechuga que presentan líneas blancas mostraron estar compuestas de tejido adiposo (Bailey *et al*, 2015; Kuttappan *et al*, 2016), un aumento de las rayas blancas incrementa el porcentaje de grasa disminuyendo el porcentaje de músculo (Kuttappan *et al*, 2012)

2.3.2 Integridad esquelética

Los problemas de integridad esquelética tienen varios factores predisponentes, entre los principales factores tenemos: nutricional, genético y manejo de las aves. Presentándose en aves jóvenes y adultas, y estando relacionado generalmente con problemas locomotores (Rath *et al*, 1999). En pollo de engorde afectados se observa ampollas, arañazos y procesos inflamatorios, debido a la incapacidad de moverse libremente, causando pérdidas económicas al elevarse el precio de la carne por kilo de peso vivo (Oviedo-Rondón, 2008). Los principales problemas de integridad esquelética que se presentan en la avicultura son: varus, valgus, degeneración femoral, condronecrosis bacteriana con osteomielitis y discondroplasia tibial (Whitehead, 2009).

a. Deformaciones angulares (Valgus y varus)

Las deformaciones angulares también llamados patas torcidas o patas curvas, caracterizados como un desvío lateral y medial en los casos de valgus y varus; Figura 2.



Figura 2: Deformaciones angulares. En la Fotografía A se observa angulación de tipo valgus y en la fotografía B se observa la angulación tipo varus.

Fuente: Bernardi (2011).

La etiología puede estar relacionado con el rápido crecimiento de los pollos de engorde que incrementan su peso en un menor tiempo, también puede estar relacionada con el inadecuado manejo de temperaturas en el periodo inicial y final del proceso de incubación, causando defectos en el desarrollo del esqueleto del ave como deformaciones angulares (Klein-Hessling, 2006 y Oviedo–Rondón, 2012). Estas deformaciones angulares están relacionadas con el rápido crecimiento y afectan a la articulación intertarsal. Siendo la articulación intertarsal el engranaje articular entre la porción distal del tibiotarso y la proximal del tarso metatarso, en condiciones severas el tendón gastronecmio se desliza de su cóndilo. Afectando en mayor parte a los animales machos y cuando la deformación es unilateral la pierna más comúnmente afectada es la derecha, siendo la deformación valgus más común que la deformación varus (Shim *et al*, 2012).

Las deformaciones de los huesos largos provocan una menor actividad física del ave, una incorrecta alimentación y un alineamiento anormal de los huesos de las piernas, estando correlacionados con un mayor número de rasguños, callos en la pechuga y contaminación de las carcasas en el momento del sacrificio (Vaillancourt y Martínez, 2002; Icochea, 2013;

Bernardi, 2011; Ibara, 2008; Julian, 1998 y Shim *et al*, 2012). Las diferencias entre la presencia de valgus y varus se observan a continuación.

La angulación tipo valgus ocasiona que el tendón gastronemio se desprenda de su cóndilo, causando un aumento en la profundidad en el surco de la superficie articular del tibiotarso y un aumento de la curvatura del metatarso. La manifestación de esta angulación es bilateral, y su aparición progresiva se observa entre la segunda y séptima semana de edad, llegando a tener una incidencia del 30 al 40 % (Icochea, 2013; Leterrier y Nys, 1992).

La angulación tipo varus ocasiona que el tendón gastronemio sea desplazado medialmente, ocasionando que, en la extremidad afectada, el fémur presente una rotación interna. La manifestación de esta deformación es en la mayoría de los casos unilateral, afectando principalmente a la extremidad derecha, su aparición repentina se observa entre el quinto y quinceavo día de edad. Llegando a tener una incidencia de 1 a 3 % (Icochea, 2013; Leterrier y Nys, 1992).

b. Degeneración femoral

La degeneración femoral también se conocido como necrosis de la cabeza del fémur, es un problema locomotor que se presenta de forma esporádica de etiología desconocida en pollos de engorde. Almeida-Paz *et al*, (2009a), realizaron análisis histológicos de cabeza de fémur y los resultados mostraron que la arquitectura celular empezó a desorganizarse a los 21 días de edad en las zonas de descanso y proliferación incrementando la angiogénesis e invadiendo el cartílago de la articulación.

Almeida-Paz *et al*, (2009a) encontraron que el porcentaje de lesión por degeneración femoral se incrementa con la edad del ave, siendo 22.5, 42.5 y 65 % a los 28, 35 y 42 días de edad, respectivamente y según Almeida-Paz *et al*, (2009b), concluyen que la incidencia por degeneración femoral no tuvo influencia del tipo de línea comercial ni el sexo del ave. Las aves afectadas por una degeneración del fémur son identificadas por una cojera característica en las que emplean el ala como soporte durante la locomoción y flexión de cadera al estar postrados (Thorp, 1992).

c. Condronecrosis bacterial con osteomielitis

La condronecrosis bacterial con osteomielitis (CBO) es considerada la causa más común de las cojeras en pollos de engorde (McNamee y Smyth, 2000; Wideman, 2016 y Wideman *et al*, 2012). La enfermedad se ha manifestado en aves que tienen desde 14 a 70 días de edad, presentando la mayoría de los casos de CBO alrededor de los 35 días de edad (McNamee y Smyth, 2000).

El rápido incremento del peso corporal ejerce esfuerzo constante sobre las placas de crecimiento cartilaginosa estructuralmente inmaduras de los huesos de la pierna en la zona proximal de los huesos largos, en particular el fémur y el tibiotarso. Estas fuerzas mecánicas causan microfracturas y la formación de hendiduras (osteocondrosis) en el cartílago epífisario proximal del rápido crecimiento de los fémures y tibiotarsos, siendo estos sitios colonizadas por bacteria oportunistas múltiples siendo las predominantes *Staphylococcus Aureus* y *Escherichia Coli* que entran en la sangre a través de la translocación del sistema respiratorio o provienen del tracto gastrointestinal colonizando las hendiduras (osteocondrosis) del cartílago epífisario proximal que a menudo truncan los vasos sanguíneos contribuyendo a una isquemia focal. La isquemia focal puede ser atribuido al flujo sanguíneo lento y a la formación de trombosis causada por la compresión mecánica de las capas de cartílago, impidiendo la maduración de los condrocitos, desencadenando necrosis focal, abscesos graves que son patognomónicos para CBO en fase terminal (Wideman, 2016; Wideman *et al*, 2012 y McNamee y Smyth, 2000).

La patogenia de CBO que se ha descrito no es instantánea y en estudios realizados por Wideman *et al*, (2012) encontraron que muchos pollos de engorde no presentaban cojeras; sin embargo, presentaban lesiones patognomónicas tempranas, es decir, siendo igual de propensos a desarrollar CBO en la pierna derecha o izquierda, también se debe de tener en cuenta que las lesiones observadas en la cabeza femoral proximal no determinan el estado de lesión de la cabeza de la tibia proximal y viceversa.

Por otro lado, las lesiones de BCO también pueden ser reproducidos por la crianza de los pollos de engorde en jaulas con base de alambre, debido a que se crea una persistente inestabilidad de las patas y estrés fisiológico del ave favoreciendo la proliferación de las bacterias patógenas quiescentes dentro de la población microbiana del ave o en el medio ambiente (Wideman, 2016).

d. Discondroplasia tibial

La discondroplasia tibial es el desarrollo anormal del cartílago epifisiario, asociado a una alteración de la placa de crecimiento de pollos y pavos de engorde. Ocurre principalmente en la región proximal del tibiotarso, produciendo un taco no vascularizado de cartílago anormal en la placa de crecimiento de los huesos largos, caracterizándose por la acumulación de condrocitos pre-hipertróficos que produce el engrosamiento de la capa de cartílago no vascularizado situada en la zona de proliferación y la zona hipertrófica, ocurriendo principalmente en la parte proximal de la tibia, causado por un deterioro del proceso de diferenciación que convierte a los condrocitos proliferativos en hipertróficos (Whitehead, 2009).

Su tamaño varía desde una pequeña lesión focal hasta una amplia lesión que ocupa toda la anchura de la placa de crecimiento. Estas lesiones pueden empezar a formarse durante la primera semana y alcanzar su máximo tamaño aproximadamente entre la tercera y la cuarta semanas de vida del animal (Whitehead, 2009). Los pollos con mayor edad tienen una alta probabilidad de presentar cojeras, alcanzando una incidencia clínica de 2 a 3 %. Sin embargo, la incidencia sub clínica puede ascender hasta un 70 % sin presentar signos de debilidad de patas. En otras investigaciones aluden que la discondroplasia tibial puede ser desarrollado a consecuencia de anomalías primarias en la postura del ave (Wise, 1975).

Según, Sanotra *et al*, (2001), así como la discondroplasia tibial produce dolor, ya que, las aves enfermas muestran una menor frecuencia en el hábito de revolcarse, hecho que se revirtió cuando fueron tratados con un analgésico. La discondroplasia tibial también se presenta con menor severidad en la parte proximal y distal del fémur, distal de la tibia y proximal del tarsometatarso. Produciendo cojera e hinchazón de articulación femorotibial (Icochea, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

La crianza de las aves se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Aves (LINAA), Departamento Académico de Nutrición, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), así como el beneficio y el procesamiento de muestras.

3.2 Animales experimentales

Se utilizó 160 pollos machos de la línea Ross 308 de un día de edad, de los cuales, 43 fueron beneficiados para realizar las mediciones correspondientes a los 26 días de edad.

3.3 Alimentación

El alimento que se suministrado fue dieta formulada según los requerimientos nutricionales de la línea genética. La alimentación de las aves fue ad libitum, siendo la presentación del alimento en forma de crambel. En el cuadro 1 se muestra el valor nutritivo de las dietas suministradas.

Cuadro 1: Valor nutritivo para pollos de engorde en las etapas de inicio / crecimiento.

<i>NUTRIENTES</i>	<i>INICIO</i>	<i>CRECIMIENTO</i>
Edad Alimenticia	0 a 10 días	11 a 26 días
Energía Metabolizable (Kcal / Kg)	3000	3100
Proteína Cruda (%)	23	21.5
Lisina (%)	1.28	1.15
Metionina (%)	0.51	0.47
Metionina + Cistina (%)	0.95	0.87
Triptófano (%)	0.20	0.18
Treonina (%)	0.86	0.77
Calcio (%)	0.96	0.87
Fosforo Disponible (%)	0.48	0.435
Sodio (%)	0.23	0.23

Fuente: Nutrición de pollos de engorde Ross 308 (Aviagen, 2014).

3.4 Equipos y materiales

Los equipos usados para realizar las mediciones de las variables del presente estudio fueron los siguientes: balanza digital (10 kg), balanza gramera (1 kg), vernier digital, cámara fotográfica, software (AutoCAD 2010), mientras que los materiales usados para facilitar la extracción de muestras fueron los siguientes: tijera de disección, material de disección, envases de plástico, guantes, mandiles.

3.5 Toma de muestra

Los animales fueron sacrificados con la técnica de dislocación cervical, luego se realizó la desarticulación coxofemoral, para proseguir con la eliminación de la piel de la pechuga, después se realizó la disección del coracoides y la fúrcula para muestrear libremente las variables de conformación de pechuga. Seguido se extrajo la quilla y se evaluarón las variables de deformación de quilla. Finalmente, se procedió a evaluar los miembros posteriores de cada pollo para determinar las puntuaciones de DF, CBO y DT.

3.6 Mediciones

3.6.1 Variables de deformación de la quilla

a. Score curvilíneo

Para la evaluación del score curvilíneo (SC) se utilizó el método propuesto por Hammond *et al.* (1942), que consistió en la observación de la curvatura de cada una de las quillas determinando de forma subjetiva la puntuación correspondiente a cada quilla mediante una escala que va de 0 a 3. La calificación del SC se muestra a continuación:

0: No hay deformación (quilla recta)

1: Grado intermedio de deformación (S alargada)

2: Grado intermedio de deformación (S alargada)

3: Grado avanzado de deformación (S bien definida)

b. Área de deformación

Para determinar área de deformación (ARD) se tomó una fotografía a cada quilla, posteriormente con el programa AutoCAD 2010, se delimitó el área de deformación de cada quilla tomando como ejemplo la teoría del perfecto plano recto propuesta por Casey- Trott *et al.* (2015), mediante este software se obtuvo el área de deformación en cm². En la Figura 3 se puede observar la metodología usada.

c. Largo de quilla

El largo de la quilla (LQ), se midió en cm, tomando como referencia el borde craneal o carina ápex hasta el borde caudal de la quilla. La metodología utilizada se puede observar en la Figura 3.

d. Índice de deformación de quilla

El índice de deformación de quilla (IDQ), se determinó dividiendo el ARD entre el LQ.

Fórmula:

$$IDQ = \frac{\text{Área de deformación (cm}^2\text{)} \times 100}{\text{Largo quilla (cm)}}$$

e. Score de inclinación

Se determinó el score de inclinación (SI) mediante la observación de la inclinación de las quillas hacia el lado derecho, siguiendo una puntuación que va de 0 - 3. La clasificación del SI se muestra a continuación:

0: No hay inclinación

1: Leve inclinación

2: Moderada inclinación

3: Severa inclinación

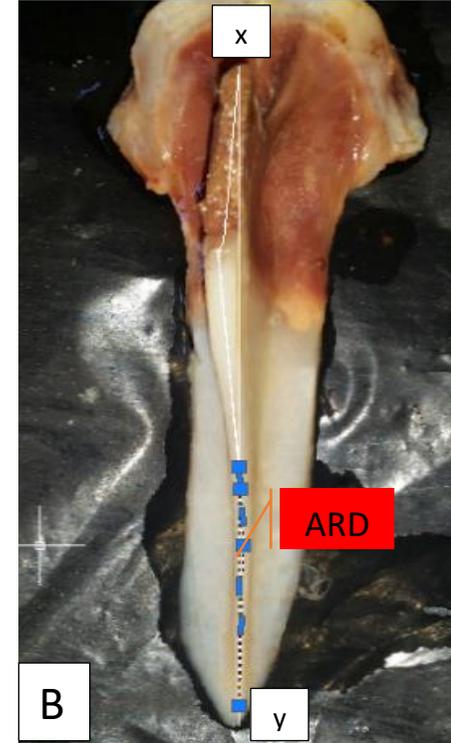
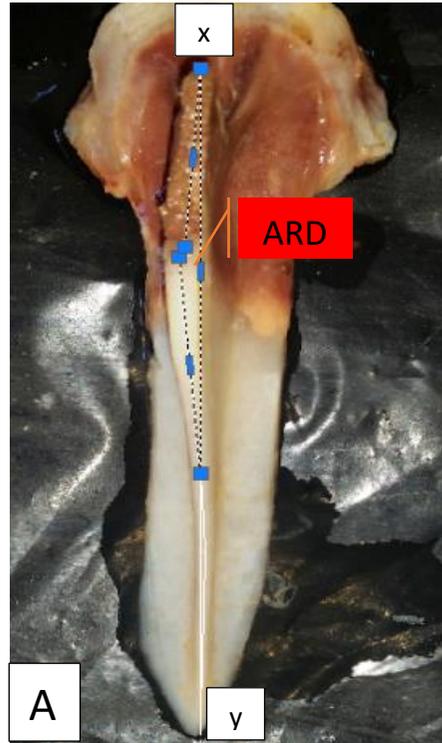


Figura 3: Fotografías donde se muestra la delimitación del área de deformación y el largo de quilla.

En la fotografía A se puede observar la delimitación del ARD superior y en la fotografía B se puede observar la delimitación del ARD inferior, de la misma forma en ambas fotografías se puede observar y los puntos X-Y que son los puntos para determinar el largo de quilla; X: Borde craneal de la quilla o carina ápex; Y: Borde caudal de la quilla.

f. Ángulo de inclinación

Para determinar el AI se tomó una fotografía craneofrontal a cada hueso de la quilla posteriormente utilizando el programa AutoCAD 2010 se midió el ángulo formado entre la depresión de la apófisis craneolateral y el borde craneal de la quilla, tomando como vértice la espina del cuerpo del esternón, la medición del ángulo se realizó de forma anti horario. La metodología utilizada se puede observar en la Figura 4.

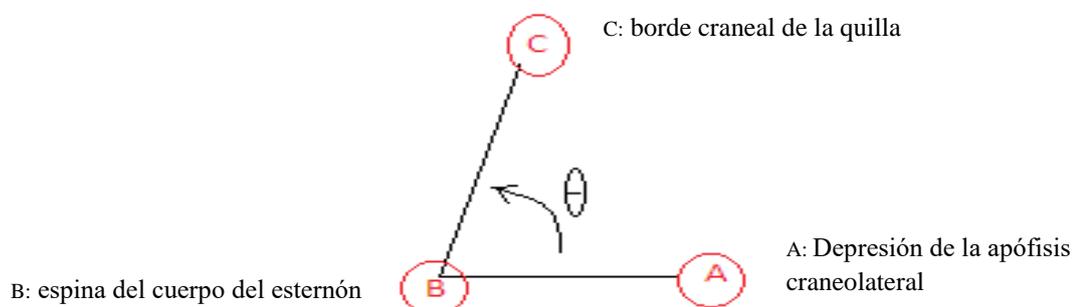


Figura 4: Metodología para realizar la medición del ángulo de inclinación

3.6.2 Variables de conformación de pechuga

a. Peso vivo (WV)

Se determinó el peso vivo del ave mediante el pesaje directo en una balanza digital.

b. Peso de carcasa (WC)

Se determinó el peso de carcasa del ave mediante el pesaje directo en una balanza digital.

c. Porcentaje de carcasa (PC)

Se calculó el porcentaje de la carcasa con respecto al peso vivo del ave.
Fórmula:

$$PC = \frac{WC \text{ (Kg)} \times 100}{WV \text{ (Kg)}}$$

d. Peso de pechuga (WP)

Se determinó el peso de la pechuga del ave mediante el pesaje directo en una balanza digital.

e. Porcentaje de pechuga (PP)

Se calculó el porcentaje de pechuga con respecto al peso vivo del ave.
Fórmula:

$$PP = \frac{WP \text{ (Kg)} \times 100}{WV \text{ (Kg)}}$$

f. Peso de pechuga deshuesada (WPD)

Se determinó el peso de la pechuga deshuesada del ave mediante el pesaje directo en una balanza digital.

g. Porcentaje de pechuga deshuesada (PPD)

Se calculó el porcentaje de pechuga deshuesada con respecto al peso vivo del ave.

Fórmula:

$$PPD = \frac{WPD \text{ (Kg)} \times 100}{WV \text{ (Kg)}}$$

3.6.3 Variables de integridad esquelética

a. Deformaciones angulares (valgus y varus)

Para determinar el tipo de deformación angular, valgus (VL) o varus (VR), que poseía cada animal se observó el desplazamiento de cada uno de ellos, luego se determinó el grado de angulación de las extremidades posteriores de las aves afectadas, mediante una puntuación propuesta por Randall y Mills (1981), basándose en una escala del 0 al 3 detalladas a continuación:

0: Normal

1: Deformidad leve

2: Deformidad moderada

3: Deformidad grave

b. Degeneración femoral

Se aplicó la técnica de dislocación femoral, que consiste en la separación de la cabeza del fémur del acetábulo para poder evaluar la integridad de la cabeza del fémur mediante el índice de degeneración femoral propuesta por Almeida-Paz *et al*, (2008), que consta de una escala del 1 al 5 detalladas a continuación:

1: Hueso sin lesión

2: El cartílago está ausente en la cabeza femoral y el hueso está intacto

3: La cabeza femoral no tiene cartílago y está parcialmente rota

4: La cabeza femoral esta considerablemente dañada pero su contorno esta aun visible

5: La cabeza del fémur está completamente rota y no es posible reconocer su contorno (lesión conocida como epifisiólisis femoral proximal).

c. Condronecrosis bacterial con osteomielitis

Se realizó después de haber evaluado la variable anterior, para determinar la intensidad de la lesión femoral se utilizó una calificación propuesta por Wideman *et al.* (2012), basándose en una escala del 1 al 8 detalladas a continuación:

1: Cabeza femoral proximal normal.

2: Separación de la cabeza femoral (epifisiólisis)

3-5: Necrosis progresiva, ulceración, erosión y la fractura de la placa de crecimiento.

6-8: Perforación, facturación y necrosis con osteomielitis de la cabeza femoral.

d. Discondroplasia tibial

Se realizó un corte sagital en el extremo proximal de cada tibia, luego se determinó el score de DT propuesta por Edwards y Veltman, (1983), basándose en la escala del 0 al 3 detalladas a continuación:

0; Normal

1; Leve

2; Intermedio

3; Grave

3.7 Análisis estadístico

Los datos de las mediciones fueron sometidos a análisis estadísticos usando el software estadístico SAS (SAS Institute, 2010), con el cual se determinó el coeficiente de correlación de Spearman para analizar los datos de deformación de quilla, conformación de pechuga y la integridad esquelética. La interpretación del coeficiente de correlación de Spearman se realizó como se observa en el Anexo I.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables de deformación de quilla

Las investigaciones relacionadas a deformaciones de quilla aún siguen siendo escasos, ya que, aun no está definido las mediciones de deformación de quilla de forma objetiva, mediante esta investigación se propone nuevas variables de medición de la deformación de quilla. Por tal motivo, se presenta a continuación el análisis estadístico descriptivo de las variables propuestas.

La estadística descriptiva para las variables de deformación de quilla se muestra en los Cuadros 2 y 3. En esta evaluación se evaluó la prevalencia de las quillas deformes y normales, tomando como referencia las variables de score curvilíneo y el score de inclinación.

En esta investigación se encontró una prevalencia de 41.9 % para quillas normales y un 58.1 % para quillas con curvatura. Así también, se encontró una prevalencia de 27.9 por ciento para quillas normales y 72.1 % para quillas con inclinación. El porcentaje de quillas con deformación encontrados concuerda con lo reportado por Heerkens *et al*, (2016b).

Por otra parte, los promedios obtenidos para el área de deformación de quilla, longitud de quilla, índice de deformación de quilla y ángulo de deformación de quilla son de 0.492 cm², 8.029 cm, 6,002 cm y 81.116°, respectivamente.

Cuadro 2: Prevalencia de quillas deformes y normales

TIPO DE DEFORMACIÓN	VARIABLES A EVALUAR	% PREVALENCIA	
		QUILLAS NORMALES	QUILLAS CON DEFORMACIÓN
CURVILINEO	SCORE CURVILINEO (SC)	41.9	58.1
INCLINACIÓN	SCORE DE INCLINACIÓN (SI)	27.9	72.1

Cuadro 3: Promedio de las variables de deformación de quilla

VARIABLES A EVALUAR	UNIDAD DE MEDIDA	PROMEDIO
ARD	cm	0.492
LQ	cm	8.029
IDQ	cm	6.002
AI	grados	81.116

ARD: Área de deformación; LQ: Longitud de quilla; IDQ: Índice de deformación de quilla; AI: Ángulo de inclinación.

4.2 Correlación entre las variables de deformación de quilla

Las correlaciones de las variables de deformación de quilla se muestran en el Cuadro 4 y Anexo XIII. Se puede observar correlaciones positivas media entre ARD y LQ (0.436; $P < 0.01$), ARD y SI (0.305; $P < 0.05$) y una correlación positiva muy fuerte entre ARD y IDQ (0.982; $P < 0.01$). Estos resultados muestran que al incrementar los valores de ARD los valores de LQ, SI y IDQ también se incrementarían en la misma proporción.

Casey-Trott *et al*, (2015), encontraron que el LQ se incrementa con la edad del ave. Por su parte, Warren, (1937) observó un incremento de deformación de quilla con respecto a la edad del animal y Melo *et al*, (2001) encontraron una correlación positiva (0.522; $P < 0.01$) entre largo de pechuga faenado y el peso de pechuga. Con los datos anteriores se puede afirmar que un pollo con mayor peso de pechuga va a poseer un mayor LQ; por lo tanto, la presión que ejerce la pechuga sobre la quilla se intensifica haciendo que la quilla en la parte del hueso sufra inclinación y en la parte del cartílago se observe una deformación, incrementando las mediciones del ARD, IDQ y SI.

Las correlaciones de las variables de deformación de quilla se muestran en el Cuadro 4 y Anexo XIII. En el presente estudio se encontraron correlaciones negativas medias significativas ($P < 0.01$) entre AI y ARD (-0.622) y AI y IDQ (-0.622). Así también se encontraron correlaciones medias negativas significativas ($P < 0.05$) entre AI y LQ (-0.353) y AI y SI (-0.365). Estos datos indican que al disminuir el AI mayor será el ARD, IDQ, LQ y SI.

Los resultados hallados en el presente estudio concuerdan con lo reportado por Méndez, (2010) quien encontró una correlación negativa media significativa entre ángulo de pechuga y LQ (-0.31). Según los datos obtenidos se ha observado que a mayor AI menor es el SI, ya que la posición de la cresta de la quilla se va haciendo perpendicular a la base de la quilla, y esta menor inclinación hace que el hueso de la quilla tenga menor predisposición de deformarse obteniendo un menor ARD e IDQ.

Cuadro 4: Correlación entre las variables de deformación de quilla.

	ARD	LQ	IDQ	SI
ARD	-	0.436 **	0.982 **	0.305 *
AI	-0.622 **	-0.353 *	-0.622 **	-0.365 *

ARD: Área de deformación; AI: Angulo de deformación; LQ: Largo de quilla; SI: Score de inclinación; IDQ: Índice de deformación de quilla.
 **: P<0.01, *: P<0.05.

4.3 Correlación entre las variables de deformación de quilla con las variables de conformación de pechuga

Los resultados obtenidos para las correlaciones entre las variables de deformación de quilla con las variables de conformación de pechuga se muestran en el Anexo IX. Los datos obtenidos en el presente estudio señalan que no hay correlaciones significativas entre las variables de deformación de quilla con las variables de conformación de pechuga. Resultados similares fueron encontrados en investigaciones acerca de las correlaciones de Spearman realizadas por Martínez *et al.* (2009), donde encontraron correlaciones cercanas a cero indicando que estas variables no poseían una correlación lineal y que posiblemente la relación entre estas variables sea de otro tipo diferente a la lineal.

4.4 Correlación entre las variables de deformación de quilla con las variables de Integridad esquelética

4.4.1 Correlación entre las variables de deformación de quilla con las variables de deformaciones angulares (valgus -varus)

Los resultados obtenidos para las correlaciones entre las variables de deformación de quilla con valgus se muestran en el Cuadro 5 y en el Anexo X. En el presente estudio se encontró una correlación negativa media significativas entre SVLD con LQ (-0.317; $P < 0.05$). Estos datos indican que un aumento en el LQ disminuirá concomitantemente el valor del SVLD y viceversa.

Los pollos con una menor incidencia de problemas locomotores se desarrollan de forma normal llegando al peso de beneficio según los parámetros productivos indicados por la línea genética (Oviedo- Rondón, 2012). Gogoi *et al.*, (2013) encontraron una correlación positiva entre el peso del ave y el LQ; por lo tanto, una menor incidencia de valgus conlleva a tener pollos con un normal crecimiento y una mayor LQ.

Los resultados obtenidos para las correlaciones entre las variables de deformación de quilla con varus se muestran en el Cuadro 5 y en el Anexo XI. Así también, se encontró una correlación negativa media significativa entre SVRZ y SI (-0.321; $P < 0.05$). Estos datos indican que un aumento en el SI disminuirá el valor del SVRZ en la misma proporción y viceversa.

Una disminución en la incidencia de los problemas locomotores, en este caso VR, favorece a que el ave se desarrolle plenamente sin inconvenientes (Oviedo-Rondón, 2012). Tickle *et al.*, (2014) encontraron una correlación positiva entre el desarrollo de los músculos de la pechuga con el peso corporal. Un mayor peso corporal conlleva a poseer un mayor peso de pechuga incrementado la posibilidad de deformación de quilla, ya que, un ave con mayor peso de la pechuga tendrá mayor contacto con los bordes de los comederos, bebederos y el piso (Pickel, *et al.*, 2011), incrementando la posibilidad de poseer una mayor SI.

4.4.2 Correlación entre las variables de deformación de quilla con las variables de degeneración femoral, condronecrosis bacterial con osteomielitis y discondroplasia tibial

Los resultados obtenidos para las correlaciones entre las variables de deformación de quilla con degeneración femoral, condronecrosis bacterial con osteomielitis se muestran en el Cuadro 5 y en los Anexos XII y XIII. En el presente estudio se encontró una correlación negativa media significativas ($P < 0.05$) entre SDFZ, SDFP, SCBOZ y SCBOP con ARD son -0.356, -0.312, -0.368 y -0.357, respectivamente. Estos valores indican que un incremento del ARD se verá reflejado en una disminución de SDFZ, SDFP, SCBOZ y SCBOP en una misma proporción y viceversa.

Las incidencias por DF y CBO traen como consecuencia postración y retardo en el crecimiento del ave (Throp *et al.*, 1992; Wideman *et al.*, (2012), la postración hace que el animal tenga mayor apoyo de su peso corporal sobre la pechuga incrementa la fuerza de presión sobre la quilla e incrementando la deformación de la quilla a nivel de cartílago; por tal motivo, se observa una disminución en el consumo de alimento por parte del ave, retardando su crecimiento de acuerdo a su edad, una menor LQ va a estar relacionado con un menor ARD e IDQ, dado que existe una correlación positiva entre el peso del ave y la LQ (Gogoi *et al.* 2013).

Cuadro 5: Correlación de las variables de deformación de quilla con las variables de integridad esquelética.

	ARD	LQ	IDQ	SI
SVLD	-	-0.317 *	-	-
SVRZ	-	-	-	-0.321 *
SDFZ	-0.356 *	-0.365 *	-0.331 *	-
SDFP	-0.312 *	-	-	-
SCBOZ	-0.368 *	-0.368 *	-0.344 *	-
SCBOP	-0.357 *	-	-0.341 *	-
SDTZ	-	0.381 *	-	-
SDTD	-	0.454 *	-	-
SDTP	-	0.455 **	-	-

*ARD: Área de deformación; LQ: Largo de quilla; IDQ: Índice de deformación de quilla; SI: Score de inclinación; SVLD: Score de valgus de la pata derecha; SVRZ: Score de varus de la pata izquierda; SDFZ: Score de degeneración femoral de la pata izquierda; SDFP: Score de degeneración femoral promedio de ambas patas; SCBOZ: Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis de la pata izquierda; SCBOP: Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis promedio de ambas patas; SDTZ: Score de discondroplasia tibial de la pata izquierda; SDTD: Score de discondroplasia tibial de la pata derecha; SDTP: Score de discondroplasia tibial de promedio de ambas patas. **: P<0.01, *: P<0.05.*

Los resultados obtenidos para las correlaciones entre las variables de deformación de quilla con degeneración femoral y condronecrosis bacterial con osteomielitis se muestran en el Cuadro 5 y en los Anexos XII y XIII. En el presente estudio se encontró valores de correlación negativas medias estadísticamente significativos ($P < 0.05$) entre SDFZ y SCBOZ con LQ con coeficientes de correlación de -0.365 y -0.368, respectivamente, lo que nos sugiere que un incremento en la LQ se verá reflejado en una disminución de SDFZ y SCBOZ en una misma proporción y viceversa.

Wideman *et al.* (2012) encontraron que la incidencia de DF y CBO se incrementan con la edad y observaron pollos de engorde inmovilizados por la cojera. El estado de inmovilización hace que el animal deje de ingerir la ración que debe consumir por día, siguiendo los parámetros de la línea genética, por ende, no cubre sus requerimientos diarios de mantenimiento y de incremento de masa muscular, alterando su peso corporal en relación a la ganancia de musculatura del pollo de engorde. Según Gogoi *et al.*, (2013) encontraron una correlación positiva entre el peso del ave y el LQ, entonces la LQ se verá afectado por el incremento de la incidencia de DF y CBO.

Los resultados obtenidos para las correlaciones entre las variables de deformación de quilla con degeneración femoral y condronecrosis bacterial con osteomielitis se muestran en el Cuadro 5 y en los Anexos XII y XIII. En el presente estudio se encontró valores de correlación negativos medios significativos ($P < 0.05$) entre SDFZ, SCBOZ y SCBOP con IDQ de -0.331, -0.344 y -0.341, respectivamente. Los resultados obtenidos indican que un incremento en el IDQ se verá reflejado en una disminución de SDFZ, SCBOZ y SCBOP en la misma proporción y viceversa.

Las puntuaciones encontradas en este estudio para las variables de DF y CBO, han sido evaluadas y clasificadas como lesiones leves, estas lesiones según los datos evaluados no tuvieron efecto en el desarrollo normal, ya que, el peso vivo de las aves hasta el momento de la evaluación estuvo dentro del promedio de pesos. Según el análisis anatómico y biomecánico evaluada por Paxton *et al.* (2014), encontraron que el centro de masa del pollo de engorde a partir de la 4^o semana es cráneo-dorsal a nivel de la pechuga. Nars *et al.*, (2012), encontraron los pollos de engorde con mayor peso de pechuga están predispuestos a una deformación de quilla y daño a los músculos pectorales. Incrementando la probabilidad de encontrar un mayor porcentaje de aves con deformación de quilla y una mayor IDQ.

Los resultados obtenidos para las correlaciones entre las variables de deformación de quilla y discondroplasia tibial se muestran en el Cuadro 5 y el Anexo XIV. En el presente estudio se encontró valores de correlación positivos medios significativos entre SDTZ, SDTD y SDTP con LQ de (0.381; P<0.05), (0.454; P<0.01) y (0.455; P<0.01), respectivamente. Los resultados obtenidos nos indican que un incremento en el LQ repercutirá de forma directa en SDTZ, SDTD y SDTP.

Según los datos encontrados en este estudio, las correlaciones encontradas se explican de acuerdo a los resultados de Wise, (1975) quien afirma que los casos de DT pueden variar con la edad, Así también, observo casos subclínicos clasificados como lesiones leves que pueden ascender a un 70% de un total de aves en un periodo de crianza observando que las aves no presentaron signos de debilidad de patas.

Finalmente, al no observar problemas locomotores en toda la fase de producción, es posible que el peso final del animal no se vea afectado y según Gogoi *et al*, (2013) encontraron que el peso esta correlacionado positivamente con la LQ.

V. CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente estudio se concluye que:

- Existen correlaciones positivas significativas entre las variables de deformación de quilla.
- No existen correlaciones significativas entre las variables de deformación de quilla con las variables de conformación de pechuga
- Existen correlaciones negativas entre las variables de deformación de quilla con las deformaciones angulares (varus y valgus), degeneración femoral y condronecrosis bacterial con osteomielitis.
- Existen correlaciones positivas significativas entre las variables de deformación de quilla con discondroplasia tibial.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos, se recomienda:

- Realizar investigaciones con pollos de engorde de mayor edad. (i.e., 42 días de edad)

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMAIDA-PAZ, A; MENDES, AA; MARTINS, MRFB; FERNANDES, BCS; ALMEIDA, ICL; MILBRADT, EL; BALOG, A; KOMIYAMA, CM. 2009a. Follow-up of the development of femoral degeneration lesions in broilers. *Int. J. Morphol* 27(2): 571-575.

ALMEIDA PAZ, ICL; MENDES, AA; MARTINS, MRFB; FERNANDES, BCS; ALMEIDA, ICL; MILBRADT, EL; BALOG, A; KOMIYAMA, CM. 2009b. Femur Mineral Density of Broilers with Femoral Degeneration Fed High Nutritional Density Diets. *International Journal of Morphology* 27(2): 595-599.

ALMEIDA-PAZ, ICL; MENDES, AA; BALOG, A; VULCANO, LC; BALLARON, AW; ALMEIDA, ICL; TAKAHASHI, S.E.; KOMIYAMA, C.M; SILVA, M.; KARDOSO, KFG. 2008. Study on the bone mineral density of broiler suffering femoral joint degenerative lesions. *Brasilian J. of Poultry Science*, 10 (2) :103- 108.

ÁLVAREZ, P. 2008. Alteración de la mineralización del hueso debido a la exposición a contaminantes (organoclorados y metales pesados). Tesis Dr. Granada, ES. Universidad de Granada. 255p.

AVIAGEN. 2014. Broiler 308 especificaciones de nutrición.

BAILEY, RA; WATSON, KA; BILGILI, SF; AVENDANO, S. 2015. The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. *Poultry Science* 94(12): 2870-2879.

BERNARDI, R. 2011. Problemas locomotores em frangos de corte. *Maestre em Zootecnia*. Grande Dourados. Br. Universidade Federal da Grande Dourados. Faculdade de Ciências Agrárias Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. 62 p.

CAEIRO, JR; GONZÁLEZ, P; GUEDE, D. 2013. Biomecánica y hueso (y II): ensayos en los distintos niveles jerárquicos del hueso y técnicas alternativas para la determinación de la resistencia ósea. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral* 5(2): 99-108.

CASEY-TROTT, T; HEERKENS, JLT; PETRIK, M; REGMI, P; SCHRADER, L; TOSCANO, MJ; WIDOWSKI, T. 2015. Methods for assessment of keel bone damage in poultry. *Poultry Science* 94(10): 2339-2350.

CUNNINGHAM, J.G. KLEIN, B.G. 2009. *Fisiología veterinaria*. 4º Ed. Barcelona. ES. El Sevier Saunders. 700 p.

DE LUCAS, L. 2003. Calcio, fósforo, vitamina D y paratohormona. (en línea). Consultado 15 mar. 2016. Disponible en www.producción-animal.com.ar.

DONALDSON, CJ.; BALL, M.E.E.; O'CONNELL, N.E. 2011. Aerial perches and free-range laying hens: The effect of access to aerial perches and of individual bird parameters on keel bone injuries in commercial free-range laying hens. *Poultry Science*, 91 :304–315.

EDWARDS, H.M Y VELTMANN, J.R. 1983. The role of calcium and phosphorus in the etiology of tibial dyschondroplasia in young chicks. *J. Nutr.* 113: 1568-1575.

FLEMING, RH; MCCORMACK, HA; MCTEIR, L; WHITEHEAD, CC. 2004. Incidence, pathology and prevention of keel bone deformities in the laying hen. *British Poultry Science* 45(3): 320-330.

GARCIA, J. 2014. *Los Huesos: Módulo de Bases Anatómicas y Fisiológicas del Deporte*. (en línea). Consultado 15 ene. 2017. Disponible en http://www.edvillajunco.es/doc/1_los_huesos.pdf.

GIL, F. 2010. *Anatomía específica de aves: aspectos funcionales y clínicos*. Murcia, ES, Universidad de Murcia Facultad de Medicina Veterinaria. 17 p.

GOGOI, S; MISHRA, PK. 2013. Study of correlation between body weight and conformation traits in coloured synthetic dam line broiler chicken at five weeks of age. *Journal of Animal Research*. 3(2): 141-145.

HAMMOND, JC; MILLER, D; MCCLURE, HE. 1942. Interference of heated diets with calcification in chickens. *Poultry Science* 21(2): 185-188.

HARLANDER-MATAUSCHEK, A; RODENBURG, TB; SANDILANDS, V; TOBALSKE, BW; TOSCANO, MJ. 2015. Causes of keel bone damage and their solutions in laying hens. *World's Poultry Science Journal* 71(3): 461-472.

HEERKENS, JLT; DELEZIE, E; AMPE, B; RODENBURG, TB; TUYTTENS, FAM. 2016b. Ramps and hybrid effects on keel bone and foot pad disorders in modified aviaries for laying hens. *Poultry science* 2016: 1-10.

HEERKENS, JLT; DELEZIE, E; RODENBURG, TB; KEMPEN, I; ZOONS, J; AMPE, B; TUYTTENS, FAM. 2015. Risk factors associated with keel bone and foot pad disorders in laying hens housed in aviary systems. *Poultry science* 339: 1-7

IBARA, CDLA. 2008. Problemas locomotores em frangos de corte - revisão. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas* 2(3): 263-272.

ICOCHEA, E. 2013. Problemas locomotores más comunes en pollos de engorde. (en línea). Perú. PE. consultado 21 en. 2016. Disponible en. <http://bmeditores.mx/problemas-locomotores-mas-comunes-en-pollos-engorde/>.

JOHNSON, SR; SMITH, RM. 1944. Relation of vitamin D to keel bone deformity in young chickens. *Poultry Science* 23(6): 510-515.

JULIAN, RJ. 1998. Rapid growth problems: ascites and skeletal deformities in broilers. *Poultry science* 77(12): 1773-1780.

KIM, H-Y; KIM, K-J; LEE, J-W; KIM, G-W; CHOE, J-H; KIM, H-W; YOON, Y; KIM, C-J. 2015. Quality Characteristics of Marinated Chicken Breast as Influenced by the Methods of Mechanical Processing. *Korean journal for food science of animal resources* 35(1): 101-7.

KLEIN-HESSLING, H. 2006. La condrodistrofia en pavos y broilers. *World Poultry* 22 (9): 35-36.

KUTTAPPAN, VA; HARGIS, BM; OWENS, CM. 2016. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. *Poultry Science* 95 :2724-27733.

KUTTAPPAN, VA; LEE, YS; ERF, GF; MEULLENET, J-FC; MCKEE, SR; OWENS, CM. 2012. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poultry Science* 91(5): 1240-1247.

LETERRIER, C; NYS, Y. 1992. Clinical and anatomical differences in varus and valgus deformities of chick limbs suggest different aetio-pathogenesis. *Avian Pathology* 21(3): 429-442.

MARTÍNEZ, R; TUYA, L; PÉREZ, A. 2009. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Rev. Haban Cienc. Méd. La Habana* 8(2): 1-19.

MC-NAMEE, PT.; SMYTH, JA. 2000. Bacterial chondronecrosis with osteomyelitis ('femoral head necrosis') of broiler chickens: A review. *Avian Pathol.* 29:253–270.

MELO, J; CASTILLO, J; MALLO, G; CIACCIARIELLO, M; CANET, Z; MIQUEL, M. 2001. Avaliação física e de medição de ultra-som para estimativas de peso do peito. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 3(1): 35-40.

MENCH, JA; SWANSON, JC; THOMPSON, PB. 2009. Laying hen production systems: Welfare and social sustainability. In. *European Symp. on Poultry Welfare*, 8th, 2009, Cervia, ITA. World's Poultry Science Association, Beekbergen, the Netherlands. 3p.

MÉNDEZ, TY. 2010. Zoometría comparada en las gallinas baleares. Tesis M.Sc. Córdoba, ARG, Universidad de Córdoba. 36 p.

NASR, MAF; NICOL, CJ; MURRELL, JC. 2012. Do laying hens with keel bone fractures experience pain? *PLoS ONE* 7(8): 3-9.

NAVARRO, A BENITEZ, H. 1995. El dominio del aire. (en línea). Fondo de Cultura Económica. Consultado 15 feb. 2016. Disponible en <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/138/htm/sec>

NMX-FF-080-SCFI-2006. 2006. Poultry products – flesh carcasses of fatten chicken – classification. 637.54. México.MX. Secretaria de Economía. 13p.

OVIEDO-RONDÓN, E. 2008. Leg health is one of the most prevalent causes of culling and late mortality during grow-out of heavy broilers according. *The poultry site.* (en línea).

21 jun 2017. Disponible en: <http://www.thepoultrysite.com/articles/1051/leg-health-in-large-broilers/>.

OVIEDO-RONDÓN, EO. 2012. Problemas Locomotores en Pollos de Engorde. In FENAVI, Cali, CO. 15 p.

PAXTON, H; TICKLE, PG; RANKIN, JW; CODD, JR; HUTCHINSON, JR. 2014. Anatomical and biomechanical traits of broiler chickens across ontogeny. Part II. Body segment inertial properties and muscle architecture of the pelvic limb. PeerJ 2: e473.

PETRACCI, M; SIRRI, F; MAZZONI, M; MELUZZI, A. 2013. Comparison of breast muscle traits and meat quality characteristics in two commercial chicken hybrids. Poultry Science, 92(9), 2438–47.

PICKEL, T; SCHRADER, L; SCHOLZ, B. 2011. Pressure load on keel bone and foot pads in perching laying hens in relation to perch design. Poultry Science 90(4): 715-724.

RANDALL, CJ Y MILLS, CP. J. 1981. Observations of leg deformity in broilers with particular reference to the intertarsal joint. Avian Pathology. 10: 407-431.

RATH, NC; BALOG, JM; HUFF, GR; KULKARNI, GB; TIERCE, JF. 1999. Comparative differences in the composition and biomechanical properties of tibiae of seven and seventy-two-week-old male and female broiler breeder chickens. Poultry Sci. 78: 1232-1239.

REGMI, P; NELSON, N; STEIBEL, JP; ANDERSON, KE; KARCHER, DM. 2016. Comparisons of bone properties and keel deformities between strains and housing systems in end-of-lay hens. Poultry Science 95(10): 2225-2234.

SAMPIERI, RH.; COLLADO, CF.; LUCIO, MPB. 2010. Metodología de la investigación (quinta edición). McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V. pag. 311; 312.

SANOTRA, GS; LUND, JD; ERSBOLL, AK; PETERSEN, JS; VESTERGAARD, KS. 2001. Monitoring leg problems in broilers: a survey of commercial broiler production in Denmark. World's Poultry Science Journal 57(1): 55-69.

SAS INSTITUTE (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS, INSTITUTE). 1999. User's Guide: Statistics. Version 8. Cary, NC. USA. 230 p.

- SCHOLZ, B; RÖNCHEN, S; HAMANN, H; HEWICKER-TRAUTWEIN, M; DISTL, O.** 2008. Keel bone condition in laying hens: a histological evaluation of macroscopically assessed keel bones. *Berliner und Munchener tierarztliche Wochenschrift* 121(3-4): 89-94.
- SHIM, MY; KARNUAH, AB; ANTHONY, NB; PESTI, GM; AGGREY, SE.** 2012. The effects of broiler chicken growth rate on valgus, varus, and tibial dyschondroplasia. *Poultry Science* 91(1): 62-65.
- STRATMANN, A; FRÖHLICH, EKF; GEBHARDT-HENRICH, SG; HARLANDER-MATAUSCHEK, A; WÜRBEL, H; TOSCANO, MJ.** 2016. Genetic selection to increase bone strength affects prevalence of keel bone damage and egg parameters in commercially housed laying hens. *Poultry science* 95(5): 975-84.
- THORP BH. 1992.** Abnormalities in the growth of long bones. In: Whitehead CC, editor. *Bone biology and skeletal disorders in poultry. Proceedings of the 23th Poultry Science Symposium; Abingdon, Illinois. USA.* 147-166 p.
- THORP, BH.** 1994. Skeletal disorders in the fowl: A review. *Avian Pathology* 23(2): 203-236.
- TICKLE, PG; PAXTON, H; RANKIN, JW; HUTCHINSON, JR; CODD, JR.** 2014. Anatomical and biomechanical traits of broiler chickens across ontogeny. Part I. Anatomy of the muscle skeletal respiratory apparatus and changes in organ size. *PeerJ* 2: e432.
- VACA, L.** 1991. *Producción avícola. 1.* Mercedes. CR. Universidad Estatal a Distancia. 1. 260 p.
- VAILLANCOURT, JP. Y MARTINEZ, A.** 2002. Inflammatory process (IP) causes and control strategies. *Zootechnica*: 48-53.
- WARREN, DC.** 1937. *Physiologic and Genetic Studies of Crooked Keels in Chickens.* Kansas Technical Bulletin, 44: 1–32.
- WHITEHEAD, CC.** 2004. Overview of bone biology in the egg-laying hen. *Poultry science* 83(2): 193-199.

WHITEHEAD, CC. 2009. In. Nutritional factors that influence the current bone problems of broilers. Symposium Científico de Avicultura. (XLVI, 2009, Zaragoza, ES). 2009. 69-80 p.

WIDEMAN, RF. 2016. Bacterial chondronecrosis with osteomyelitis and lameness in broilers: a review. Poultry Science 95(2): 325-344.

WIDEMAN, RF; HAMAL, KR; STARK, JM; BLANKENSHIP, J; LESTER, H; MITCHELL, KN; LORENZONI, G; PEVZNER, I. 2012. A wire-flooring model for inducing lameness in broilers: Evaluation of probiotics as a prophylactic treatment. Poultry Science 91(4): 870-883.

WISE, DR. 1975. Skeletal abnormalities in table poultry - A review. Avian Pathology 4(1): 1-10.

VIII. ANEXO

Anexo I: Interpretación del coeficiente de correlación

	Correlación negativa perfecta
-1.00	Cada vez que “X” aumenta en una unidad, “Y” disminuye siempre en una unidad.
-0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.75	Correlación negativa considerable
-0.50	Correlación negativa media
-0.25	Correlación negativa débil
-0.10	Correlación negativa muy débil
0.00	No existe correlación alguna entre las variables
+0.10	Correlación positiva muy débil
+0.25	Correlación positiva débil
+0.50	Correlación positiva media
+0.75	Correlación positiva considerable
+0.90	Correlación positiva muy fuerte
	Correlación positiva perfecta
+1.00	Cada vez que “X” aumenta en una unidad, “Y” aumenta siempre en una unidad.

El signo índico la dirección de la correlación (positiva o negativa) y el valor numérico indica la magnitud de la correlación (Sampieri *et al*, 2010).

Anexo II: Variables de deformación de quilla

COD. POLLO	SC	ARD	LQ	IDQ	SI	AI
839	2	0.265	6.596	4.012	1	84
435	1	0.794	9.200	8.626	1	69
436	0	0.457	9.411	4.854	1	78
4	1	0.688	8.524	8.067	2	76
307	0	0.514	7.955	6.460	1	83
776	0	0.598	8.078	7.398	1	79
273	1	0.217	6.876	3.150	1	80
882	0	0.279	6.661	4.192	1	74
766	1	0.167	7.452	2.238	0	86
80	1	0.235	6.480	3.622	0	86
61	1	0.522	8.565	6.092	1	82
922	1	0.413	8.214	5.033	1	84
544	0	1.405	8.153	17.231	1	81
324(1)	1	0.590	8.736	6.749	0	81
423	0	0.151	7.394	2.035	0	79
208	0	0.238	8.656	2.750	0	84
433	1	0.236	6.863	3.440	0	86
146	1	0.423	8.596	4.922	1	82
425	0	0.297	8.112	3.666	1	85
427	1	1.124	7.488	15.015	1	76
808	2	0.588	7.385	7.958	0	81
478	1	1.250	8.451	14.795	0	79
642	1	0.069	6.547	1.052	1	90
897	0	0.216	7.901	2.737	1	83
885	0	0.787	8.738	9.008	2	77
829	0	0.348	9.931	3.503	1	80
331	1	1.032	10.796	9.554	2	74
928	1	1.154	8.755	13.186	0	76
888	1	0.133	6.722	1.984	0	88
750	0	0.078	5.953	1.304	1	85
560	0	0.068	9.032	0.757	0	85
216	0	0.437	7.567	5.774	1	89
339	2	0.662	8.008	8.263	3	70
614	1	0.900	7.463	12.055	2	83
963	1	0.673	8.423	7.984	1	75
844	0	0.297	8.145	3.644	2	78
138	0	0.424	7.853	5.399	1	77
870	1	0.273	9.763	2.792	1	87
92	1	0.260	8.432	3.088	1	79
806	1	0.718	9.608	7.475	1	84
393	0	0.318	7.072	4.498	0	85
699	0	0.473	6.630	7.128	1	80
xxx	1	0.370	8.059	4.596	2	88

SC: Score curvilíneo; ARD: Área de deformación (cm²); LQ: Longitud de quilla (cm); IDQ: Índice de deformación de quilla (cm); SI: Score de inclinación. AI: Ángulo de inclinación (°).

Anexo III: Variables de conformación de pechuga

COD. POLLO	WV	WC	WP	WPD	PC	PP	PPD
839	1445	1028	279	233	71.142	19.308	16.125
435	1509	1092	315	274	72.366	20.875	18.158
436	1583	1119	363	324	70.689	22.931	20.467
4	1545	1043	298	257	67.508	19.288	16.634
307	1624	1180	366	326	72.660	22.537	20.074
776	1712	1222	371	329	71.379	21.671	19.217
273	1544	1106	363	320	71.632	23.510	20.725
882	1546	1129	322	279	73.027	20.828	18.047
766	1478	1061	318	279	71.786	21.516	18.877
80	1494	1059	347	301	70.884	23.226	20.147
61	1618	1185	303	256	73.239	18.727	15.822
922	1521	1086	301	261	71.400	19.790	17.160
544	1321	929	289	256	70.326	21.877	19.379
324(1)	1526	1127	330	281	73.853	21.625	18.414
423	1560	1071	324	208	68.654	20.769	13.333
208	1612	1086	321	285	67.370	19.913	17.680
433	1555	1133	354	310	72.862	22.765	19.936
146	1512	1083	363	308	71.627	24.008	20.370
425	1673	1201	413	364	71.787	24.686	21.757
427	1786	1203	380	324	67.357	21.277	18.141
808	1404	1018	307	273	72.507	21.866	19.444
478	1531	1073	330	290	70.085	21.555	18.942
642	1459	1036	291	248	71.008	19.945	16.998
897	1535	1095	317	273	71.336	20.651	17.785
885	1559	1097	329	288	70.366	21.103	18.473
829	1697	1211	376	336	71.361	22.157	19.800
331	1603	1104	353	308	68.871	22.021	19.214
928	1823	1271	402	353	69.720	22.052	19.364
888	1479	1023	310	272	69.168	20.960	18.391
750	1425	1018	308	271	71.439	21.614	19.018
560	1437	1034	331	290	71.955	23.034	20.181
216	1580	1180	403	359	74.684	25.506	22.722
339	1279	936	277	230	73.182	21.658	17.983
614	1605	1154	346	322	71.900	21.558	20.062
963	1637	1173	384	339	71.655	23.458	20.709
844	1835	1372	404	345	74.768	22.016	18.801
138	1470	1031	328	282	70.136	22.313	19.184
870	1593	1156	369	325	72.567	23.164	20.402
92	1498	1098	339	301	73.298	22.630	20.093
806	1623	1142	382	334	70.364	23.537	20.579
393	1772	1224	391	339	69.074	22.065	19.131
699	1421	1016	302	260	71.499	21.253	18.297
xxx	1632	1133	353	314	69.424	21.630	19.240

WV: Peso vivo (g); **WC:** Peso de carcasa (g); **WP:** Peso de pechuga (%); **PP:** Porcentaje de pechuga (%);
WPD: Peso de pechuga deshuesada (g); **PPD:** Porcentaje de pechuga deshuesada (%).

Anexo IV: Promedio de las variables de conformación de pechuga de pollos beneficiados a los 26 días de edad.

WV	WC	WP	WPD	PC	PP	PPD
1559.558	1110.186	340.744	295.977	71.207	21.834	18.960

WV: Peso vivo (g); **WC:** Peso de carcasa (%); **WP:** Peso de pechuga (g); **PP:** Porcentaje de pechuga (%); **WPD:** Peso de pechuga deshuesada(g); **PPD:** Porcentaje de pechuga deshuesada (%).

Anexo V: Variables de deformaciones angulares (valgus y varus)

COD. POLLO	SVLZ	SVLD	SVLP	SVRZ	SVRD	SVRP
839	0	0	0	0	0	0
435	0	0	0	0	0	0
436	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
307	0	0	0	0	0	0
776	0	0	0	0	0	0
273	0	0	0	0	0	0
882	0	1	0.5	0	0	0
766	0	0	0	0	0	0
80	0	1	0.5	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0
922	0	0	0	0	0	0
544	0	0	0	0	3	1.5
324(1)	0	0	0	1	0	0.5
423	0	0	0	0	0	0
208	0	0	0	0	0	0
433	0	0	0	0	0	0
146	0	0	0	0	0	0
425	0	0	0	0	0	0
427	0	0	0	0	0	0
808	0	0	0	0	0	0
478	0	0	0	0	0	0
642	0	0	0	0	0	0
897	0	0	0	0	0	0
885	0	0	0	0	0	0
829	0	0	0	0	0	0
331	0	0	0	0	0	0
928	0	0	0	0	0	0
888	0	0	0	0	0	0
750	0	0	0	0	0	0
560	1	0	0.5	0	0	0
216	2	1	1.5	0	0	0
339	1	0	0.5	0	0	0
614	1	0	0.5	0	0	0
963	0	0	0	0	0	0
844	0	0	0	0	0	0
138	0	0	0	0	1	0.5
870	0	0	0	0	0	0
92	0	0	0	0	3	1.5
806	0	0	0	0	0	0
393	0	0	0	1	0	0.5
699	0	0	0	0	0	0
xxx	0	0	0	0	0	0

SVLZ: score valgus de la pata izquierda; **SVLD:** score valgus de la pata derecho; **SVLP:** score valgus promedio de ambas patas; **SVRZ:** score varus de la pata izquierda; **SVRD:** score varus de la pata derecho; **SVRP:** score varus promedio de ambas patas.

Anexo VI: Variables de degeneración femoral

COD. POLLO	SDFZ	SDFD	SDFP
839	2	2	2
435	1	1	1
436	1	1	1
4	1	3	2
307	1	1	1
776	1	1	1
273	2	1	1.5
882	2	2	2
766	2	2	2
80	1	2	1.5
61	1	2	1.5
922	1	1	1
544	1	1	1
324(1)	1	2	1.5
423	1	1	1
208	1	2	1.5
433	1	1	1
146	1	1	1
425	2	2	2
427	2	2	2
808	2	1	1.5
478	1	1	1
642	2	2	2
897	2	2	2
885	1	1	1
829	1	1	1
331	1	1	1
928	1	2	1.5
888	2	2	2
750	1	1	1
560	1	1	1
216	1	1	1
339	1	1	1
614	1	1	1
963	1	2	1.5
844	2	2	2
138	3	3	3
870	2	2	2
92	1	1	1
806	2	1	1.5
393	2	2	2
699	1	1	1
xxx	2	2	2

SDFD: Score de degeneración femoral de la pata derecha; **SDFZ**: Score de degeneración femoral de la pata izquierda; **SDFP**: Score de degeneración femoral de la pata derecha.

Anexo VII: Variables de condronecrosis bacterial con osteomielitis

COD. POLLO	SCBOZ	SCBOD	SCBOP
839	2	2	2
435	1	1	1
436	1	1	1
4	1	2	1.5
307	1	1	1
776	1	1	1
273	2	1	1.5
882	2	2	2
766	2	2	2
80	1	2	1.5
61	1	2	1.5
922	1	1	1
544	1	1	1
324(1)	1	2	1.5
423	1	1	1
208	1	2	1.5
433	1	1	1
146	1	2	1.5
425	2	2	2
427	2	2	2
808	2	1	1.5
478	1	1	1
642	2	2	2
897	2	2	2
885	1	1	1
829	1	1	1
331	1	1	1
928	1	2	1.5
888	2	2	2
750	1	1	1
560	1	1	1
216	1	1	1
339	1	1	1
614	1	1	1
963	1	2	1.5
844	2	2	2
138	2	2	2
870	2	2	2
92	1	1	1
806	2	1	1.5
393	2	2	2
699	1	1	1
xxx	2	2	2

SCBOZ: Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis de la pata izquierda; **SCBOZ:** Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis de la pata izquierda; **SCBOP:** Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis promedio de ambas patas.

Anexo VIII: Variables de discondroplasia tibial

COD. POLLO	SDTZ	SDTD	SDTP
839	0	0	0
435	0	0	0
436	3	3	3
4	0	0	0
307	0	0	0
776	0	0	0
273	0	0	0
882	0	0	0
766	0	0	0
80	0	0	0
61	2	1	1.5
922	0	0	0
544	0	0	0
324(1)	3	3	3
423	2	1	1.5
208	0	0	0
433	0	0	0
146	0	0	0
425	0	0	0
427	0	0	0
808	0	0	0
478	0	0	0
642	0	0	0
897	0	0	0
885	0	0	0
829	0	1	0.5
331	2	1	1.5
928	0	0	0
888	0	0	0
750	0	0	0
560	0	0	0
216	0	0	0
339	0	0	0
614	0	0	0
963	0	1	0.5
844	0	0	0
138	0	0	0
870	0	0	0
92	0	0	0
806	0	0	0
393	0	0	0
699	0	0	0
xxx	0	0	0

SDTZ: Score de discondroplasia tibial de la pata izquierda; **SDTD:** Score de discondroplasia tibial de la pata derecha; **SDTP:** Score de discondroplasia tibial promedio de ambas patas.

Anexo IX: Correlación entre las variables de deformación de quilla

CORRELACIÓN SPEARMAN	SC	ARD	LQ	IDQ	SI	AI
SCQ	1	0.152	-0.046	0.196	-0.028	-0.023
		0.338	0.770	0.214	0.860	0.885
ARD		1	0.436	0.982	0.305	-0.622
			0.004 **	<0.0001**	0.050*	<0.0001**
LQ			1	0.293	0.151	-0.353
				0.060	0.341	0.022*
IDQ				1	0.302	-0.622
					0.052	<0.0001**
SI					1	-0.365
						0.017*
AI						1

SC: Score curvilíneo; ARD: Área de deformación; LQ: Longitud de quilla; IDQ: Índice de deformación de quilla; SI: Score de inclinación. (**) P<0.01; (*) P<0.05.

Anexo X: Correlación entre las variables de deformación de quilla con las variables de conformación de pechuga

CORRELACIÓN SPEARMAN	WC	WP	WPD	PC	PP	PPD
SC	-0.21404	-0.27082	-0.28648	0.04011	-0.13866	-0.13912
	0.1735	0.0828	0.0659	0.8009	0.3812	0.3796
ARD	0.19167	0.1005	0.1322	-0.18629	-0.03622	0.00073
	0.2240	0.5266	0.4039	0.2375	0.8199	0.9963
LQ	0.29686	0.27298	0.28686	-0.06037	0.1824	0.18629
	0.0562	0.0803	0.0655	0.7041	0.2476	0.2375
IDQ	0.11687	0.03663	0.06541	-0.17835	-0.06734	-0.038
	0.4611	0.8178	0.6807	0.2585	0.6718	0.8111
SI	0.08769	-0.04606	-0.02831	0.05514	-0.10037	-0.09573
	0.5808	0.7721	0.8588	0.7287	0.5271	0.5465
AI	-0.07065	0.01389	0.01734	0.03491	0.12203	0.17659
	0.6566	0.9304	0.9132	0.8263	0.4414	0.2633

SC: Score curvilíneo; ARD: Área de deformación; LQ: Longitud de quilla; IDQ: Índice de deformación de quilla; SI: Score de inclinación; AI: Ángulo de inclinación; WV: Peso vivo; WC: Porcentaje de carcasa; WP: Peso de pechuga; PP: Porcentaje de pechuga; WPD: Peso de pechuga deshuesada; PPD: Porcentaje de pechuga deshuesada.

Anexo XI: Correlación entre las variables de deformación de quilla con la variable valgus

CORRELACIÓN SPEARMAN	SVLZ	SVLD	SVLP
SC	0.002	-0.154	-0.036
	0.990	0.329	0.822
ARD	0.040	-0.149	-0.081
	0.801	0.347	0.611
LQ	-0.024	-0.317	-0.213
	0.882	0.041*	0.175
IDQ	0.073	-0.080	-0.009
	0.644	0.614	0.955
SI	0.177	-0.099	0.066
	0.261	0.535	0.677
AI	0.107	0.122	0.076
	0.499	0.440	0.633

SC: Score curvilíneo; **ARD**: Área de deformación; **LQ**: Longitud de quilla; **IDQ**: Índice de deformación de quilla; **SI**: Score de inclinación. **AI**: Ángulo de inclinación; **SVLZ**: score valgus de la pata izquierda; **SVLD**: score valgus de la pata derecho; **SVLP**: score valgus promedio de ambas patas. (*) P<0.05.

Anexo XII: Correlación entre las variables de deformación de quilla con la variable varus

CORRELACIÓN SPEARMAN	SVRZ	SVRD	SVRP
SC	-0.057	-0.150	-0.157
	0.720	0.342	0.321
ARD	0.028	0.082	0.085
	0.862	0.607	0.592
LQ	0.000	0.023	0.020
	1.000	0.888	0.899
IDQ	0.018	0.073	0.072
	0.908	0.645	0.650
SI	-0.321	0.051	-0.159
	0.038*	0.747	0.316
AI	0.088	-0.158	-0.073
	0.580	0.319	0.646

SC: Score curvilíneo; **ARD**: Área de deformación; **LQ**: Longitud de quilla; **IDQ**: Índice de deformación de quilla; **SI**: Score de inclinación. **AI**: Ángulo de inclinación; **SVRZ**: score varus de la pata izquierda; **SVRD**: score varus de la pata derecho; **SVRP**: score varus promedio de ambas patas. (*) P<0.05.

Anexo XIII: Correlación entre las variables de deformación de quilla con la variable degeneración femoral

CORRELACIÓN SPEARMAN	SDFZ	SDFD	SDFP
SC	0.067	0.055	0.104
	0.675	0.730	0.510
ARD	-0.356	-0.224	-0.312
	0.021*	0.154	0.044*
LQ	-0.365	-0.176	-0.289
	0.017*	0.264	0.064
IDQ	-0.331	-0.219	-0.296
	0.032*	0.164	0.057
SI	-0.032	-0.116	-0.087
	0.842	0.466	0.583
AI	0.243	0.102	0.186
	0.121	0.520	0.239

SC: Score curvilíneo; **ARD:** Área de deformación; **LQ:** Longitud de quilla; **IDQ:** Índice de deformación de quilla; **SI:** Score de inclinación. **AI:** Ángulo de inclinación; **SDFD:** Score de degeneración femoral de la pata derecha; **SDFZ:** Score de degeneración femoral de la pata izquierda; **SDFP:** Score de degeneración femoral de la pata derecha; (*) P<0.05.

Anexo XIV: Correlación entre las variables de deformación de quilla con la variable condronecrosis bacterial con osteomielitis

CORRELACIÓN SPEARMAN	SCBOZ	SCBOD	SCBOP
SC	0.091	0.102	0.128
	0.567	0.522	0.419
ARD	-0.368	-0.265	-0.357
	0.017*	0.090	0.020*
LQ	-0.368	-0.155	-0.291
	0.017*	0.326	0.062
IDQ	-0.344	-0.261	-0.341
	0.026*	0.095	0.027*
SI	-0.036	-0.157	-0.124
	0.819	0.322	0.432
AI	0.270	0.165	0.245
	0.084	0.295	0.118

SC: Score curvilíneo; **ARD:** Área de deformación; **LQ:** Longitud de quilla; **IDQ:** Índice de deformación de quilla; **SI:** Score de inclinación. **AI:** Ángulo de inclinación; **SCBOZ:** Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis de la pata izquierda; **SCBOD:** Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis de la pata izquierda; **SCBOP:** Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis promedio de ambas patas; (*) P<0.05.

Anexo XV: Correlación entre las variables de deformación de quilla con la variable discondroplasia tibial

CORRELACIÓN SPEARMAN	SDTZ	SDTD	SDTP
SC	0.057	0.013	0.019
	0.720	0.935	0.906
ARD	0.210	0.216	0.220
	0.182	0.170	0.162
LQ	0.381	0.454	0.455
	0.013*	0.003**	0.003**
IDQ	0.149	0.131	0.136
	0.347	0.408	0.391
SI	0.030	0.045	0.049
	0.852	0.778	0.757
AI	-0.189	-0.274	-0.272
	0.230	0.080	0.081

SC: Score curvilíneo; **ARD:** Área de deformación; **LQ:** Longitud de quilla; **IDQ:** Índice de deformación de quilla; **SI:** Score de inclinación. **AI:** Ángulo de inclinación; **SDTZ:** Score de discondroplasia tibial de la pata izquierda; **SDTD:** Score de discondroplasia tibial de la pata derecha; **SDTP:** Score de discondroplasia tibial promedio de ambas patas. (*) P<0.05; (**) P<0.01.

Anexo XVI: Correlación de todas las variables de deformación de quilla y conformación de pechuga e integridad esquelética.

CORRELACIÓN VARIABLES	SVLZ	SVLD	SVLP	SVRZ	SVRD	SVRP	SDTZ	SDTD	SDTP	SDFZ	SDFD	SDFP	SCBOZ	SCBOD
SVLZ	1.000	0.247 0.115	0.806 <.0001**	-0.072 0.648	-0.090 0.572	-0.119 0.453	-0.105 0.508	-0.132 0.405	-0.132 0.405	-0.253 0.107	-0.303 0.051	-0.330 0.033*	-0.254 0.104	-0.324 0.036*
SVLD		1.000	0.697 <.0001**	-0.062 0.696	-0.077 0.629	-0.102 0.521	-0.090 0.571	-0.113 0.476	-0.113 0.477	-0.032 0.843	0.086 0.586	0.037 0.817	-0.027 0.864	0.092 0.560
SVLP			1.000	-0.091 0.566	-0.113 0.476	-0.150 0.345	-0.132 0.404	-0.166 0.294	-0.166 0.294	-0.185 0.240	-0.133 0.401	-0.186 0.238	-0.183 0.246	-0.142 0.369
SVRZ				1.000	-0.062 0.697	0.574 <.0001**	0.326 0.035*	0.258 0.099	0.258 0.099	0.049 0.758	0.209 0.184	0.158 0.317	0.055 0.730	0.224 0.155
SVRD					1.000	0.781 <.0001**	-0.090 0.572	-0.113 0.477	-0.113 0.477	0.028 0.859	-0.012 0.938	-0.033 0.836	-0.036 0.820	-0.101 0.524
SVRP						1.000	0.130 0.411	0.069 0.665	0.069 0.666	0.048 0.765	0.114 0.471	0.066 0.679	0.000 1.000	0.052 0.742
SDTZ							1.000	0.817 <.0001**	0.837 <.0001**	-0.252 0.107	0.000 1.000	-0.129 0.415	-0.254 0.104	0.000 1.000
SDTD								1.000	0.999 <.0001**	-0.317 0.041*	0.000 1.000	-0.162 0.305	-0.319 0.039*	0.000 1.000
SDTP									1.000	-0.317 0.041*	0.000 1.000	-0.162 0.305	-0.319 0.039*	0.000 1.000
SDFZ										1.000	0.524 0.001**	0.833 <.0001**	0.993 <.0001**	0.494 0.001**
SDFD											1.000	0.899 <.0001**	0.504 0.001**	0.935 <.0001**
SDFP												1.000	0.825 <.0001**	0.841 <.0001**
SCBOZ													1.000	0.490 0.001**
SCBOD														1.000
SCBOP														
WC														
WP														
WPD														
PC														
PP														
PPD														
SC														
ARD														
LQ														
IDQ														
SI														
AI														

... Continuará

... Continuación

CORRELACIÓN VARIABLES	SCBOP	WC	WP	WPD	PC	PP	PPD	WV	SC	ARD	LQ	IDQ	SI	AI
SVLZ	-0.343 0.026*	-0.067 0.671	0.005 0.974	0.048 0.761	0.345 0.025*	0.183 0.247	0.196 0.214	-0.161 0.309	0.002 0.990	0.040 0.801	-0.024 0.882	0.073 0.644	0.177 0.261	0.107 0.499
SVLD	0.041 0.798	0.053 0.737	0.118 0.456	0.103 0.516	0.210 0.183	0.164 0.299	0.149 0.347	-0.042 0.792	-0.154 0.329	-0.149 0.347	-0.317 0.041*	-0.080 0.614	-0.099 0.535	0.122 0.440
SVLP	-0.192 0.224	-0.081 0.612	-0.007 0.965	0.013 0.936	0.338 0.028*	0.164 0.299	0.164 0.299	-0.183 0.246	-0.036 0.822	-0.081 0.611	-0.213 0.175	-0.009 0.955	0.066 0.677	0.076 0.633
SVRZ	0.168 0.288	0.203 0.197	0.134 0.398	0.097 0.542	0.018 0.908	0.018 0.908	-0.083 0.601	0.120 0.449	-0.057 0.720	0.028 0.862	0.000 1.000	0.018 0.908	-0.321 0.038*	0.088 0.580
SVRD	-0.088 0.581	-0.262 0.094	-0.173 0.273	-0.158 0.319	-0.029 0.856	0.140 0.376	0.113 0.475	-0.309 0.046*	-0.150 0.342	0.082 0.607	0.023 0.888	0.073 0.645	0.051 0.747	-0.158 0.319
SVRP	0.028 0.862	-0.087 0.583	-0.059 0.710	-0.069 0.663	-0.009 0.953	0.126 0.426	0.043 0.789	-0.179 0.257	-0.157 0.321	0.085 0.592	0.020 0.899	0.072 0.650	-0.159 0.316	-0.073 0.646
SDTZ	-0.136 0.391	0.131 0.408	-0.022 0.890	-0.065 0.684	0.071 0.657	-0.052 0.743	-0.071 0.654	0.102 0.521	0.057 0.720	0.210 0.182	0.381 0.013*	0.149 0.347	0.030 0.852	-0.189 0.230
SDTD	-0.171 0.280	0.255 0.103	0.132 0.403	0.109 0.490	0.073 0.647	0.076 0.634	0.070 0.658	0.240 0.126	0.013 0.935	0.216 0.170	0.454 0.003**	0.131 0.408	0.045 0.778	-0.274 0.080
SDTP	-0.171 0.280	0.252 0.108	0.122 0.440	0.098 0.539	0.072 0.651	0.065 0.681	0.059 0.712	0.236 0.132	0.019 0.906	0.220 0.162	0.455 0.003**	0.136 0.391	0.049 0.757	-0.272 0.081
SDFZ	0.846 <.0001**	0.038 0.810	0.074 0.644	0.036 0.820	-0.131 0.407	-0.024 0.881	-0.075 0.636	0.040 0.803	0.067 0.675	-0.356 0.021*	-0.365 0.017*	-0.331 0.032*	-0.032 0.842	0.243 0.121
SDFD	0.843 <.0001**	0.121 0.444	-0.009 0.954	-0.055 0.729	-0.246 0.116	-0.276 0.077	-0.362 0.019*	0.200 0.204	0.055 0.730	-0.224 0.154	-0.176 0.264	-0.219 0.169	-0.116 0.466	0.102 0.520
SDFP	0.966 <.0001**	0.098 0.539	0.027 0.867	-0.021 0.895	-0.229 0.144	-0.195 0.215	-0.268 0.086	0.156 0.324	0.104 0.510	-0.312 0.044*	-0.289 0.064	-0.296 0.057	-0.087 0.583	0.186 0.239
SCBOZ	0.848 <.0001**	0.061 0.703	0.083 0.602	0.045 0.780	-0.117 0.459	-0.036 0.819	-0.077 0.629	0.061 0.703	0.091 0.567	-0.368 0.017*	-0.368 0.017*	-0.344 0.026*	-0.036 0.819	0.270 0.084
SCBOD	0.876 <.0001**	0.151 0.339	0.061 0.702	-0.008 0.961	-0.194 0.217	-0.198 0.208	-0.297 0.057	0.214 0.173	0.102 0.522	-0.265 0.090	-0.155 0.326	-0.261 0.095	-0.157 0.322	0.165 0.295
SCBOP	1.000	0.125 0.432	0.086 0.589	0.022 0.889	-0.183 0.247	-0.131 0.409	-0.212 0.178	0.164 0.299	0.128 0.419	-0.357 0.020*	-0.291 0.062	-0.341 0.027*	-0.124 0.432	0.245 0.118
WC		1.000	0.823 <.0001**	0.814 <.0001**	0.146 0.356	0.307 0.048*	0.303 0.051	0.937 <.0001**	-0.214 0.174	0.192 0.224	0.297 0.056	0.117 0.461	0.088 0.581	-0.071 0.657
WP			1.000	0.987 <.0001**	0.054 0.732	0.171 <.0001**	0.686 <.0001**	0.784 <.0001**	-0.271 0.083	0.101 0.527	0.273 0.080	0.037 0.818	-0.046 0.772	0.014 0.930
WPD				1.000	0.041 0.797	0.708 <.0001**	0.711 <.0001**	0.787 <.0001**	-0.286 0.066	0.132 0.404	0.287 0.066	0.065 0.681	-0.028 0.859	0.017 0.913
PC					1.000	0.225 0.153	0.204 0.194	-0.131 0.408	0.040 0.801	-0.186 0.238	-0.060 0.704	-0.178 0.259	0.055 0.729	0.035 0.826
PP						1.000	0.940 <.0001**	0.208 0.187	-0.139 0.381	-0.036 0.820	0.182 0.248	-0.067 0.672	-0.100 0.527	0.122 0.441
PPD							1.000	0.217 0.167	-0.139 0.380	0.001 0.996	0.186 0.238	-0.038 0.811	-0.096 0.547	0.177 0.263
SC									1.000	0.152 0.338	-0.046 0.770	0.196 0.214	-0.028 0.860	-0.023 0.885
ARD										1.000	0.436 0.004**	0.982 <.0001**	0.305 0.050*	-0.622 <.0001**
LQ											1.000	0.293 0.060	0.151 0.341	-0.353 0.022*
IDQ												1.000	0.302 0.052	-0.622 <.0001**
SI													1.000	-0.365 0.017*
AI														1.000

SVLZ: score valgus de la pata izquierda; SVLD: score valgus de la pata derecho; SVLP: score valgus promedio de ambas patas; SVRZ: score varus de la pata izquierda; SVRD: score varus de la pata derecho; SVRP: score varus promedio de ambas patas; SDTZ: Score de discondroplasia tibial de la pata izquierda; SDTD: Score de discondroplasia tibial de la pata derecha; SDTP: Score de discondroplasia tibial promedio de ambas patas; SDFD: Score de degeneración femoral de la pata derecha; SDFZ: Score de degeneración femoral de la pata izquierda; SDFP: Score de degeneración femoral de la pata derecha; SCBOZ: Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis de la pata izquierda; SCBOZ: Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis de la pata izquierda; SCBOP Score de condronecrosis bacterial con osteomielitis promedio de ambas patas; WC: Porcentaje de carcasa; WP: Peso de pechuga; PP: Porcentaje de pechuga; WPD: Peso de pechuga deshuesada; PPD: Porcentaje de pechuga deshuesada; SC: Score curvilíneo; ARD: Área de deformación; LQ: Longitud de quilla; IDQ: Índice de deformación de quilla; SI: Score de inclinación; AI: Ángulo de inclinación. (*) P<0.05; (**) P<0.01.