

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA



Relación entre edad gestacional con los diámetros vesículo-
gestacional y biparietal fetal en cuyes (*Cavia porcellus*) raza
Perú

Tesis para optar el Título Profesional de Médica Veterinaria

Carrión Reyes, Nicole del Carmen

Asesor: Mg. MV. Esp. Grandez Rodríguez, Ricardo

Lima, Perú

2022

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi madre Vilma Reyes Sobrino por haber compartido conmigo las mismas metas e ilusiones, por apoyarme en cada decisión que he tomado y guiarme a lo largo de mi vida, eres y siempre serás mi modelo de lucha y perseverancia. Te amo mamá.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme acompañado a lo largo de mi carrera y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

A mi padre Olcés Carrión Marín por ser mi fuerza para mantenerme en el camino correcto y seguir adelante.

A mi asesor de tesis el Doctor Ricardo Grandez por haberme guiado en todo el proceso de investigación.

A la Ingeniera Lilia Chauca por brindarme todas las facilidades para llevar a cabo este estudio.

A la Ingeniera Fergie Bernaola y Fernando Orrego por su apoyo durante la ejecución del trabajo.

A los Doctores Olcés Carrión Marín, César Eguía y Jaime Aliaga Tovar docentes de investigación por sus valiosos alcances en los procedimientos estadísticos.

A los Doctores Mauricio Gonzales, Ursula Bezold y Yessica Vargas por sus valiosas sugerencias para la realización de este trabajo.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
III.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
IV.	OBJETIVOS.....	5
4.1	Objetivo general.....	5
4.2	Objetivos específicos.....	5
V.	MARCO TEÓRICO.....	6
5.1	Generalidades del cuy (<i>Cavia porcellus</i>).....	6
5.2	Parámetros reproductivos del cuy hembra.....	7
5.2.1	Pubertad de la hembra.....	7
5.2.2	Ciclo estral de la hembra.....	7
5.2.2.1	Control del ciclo estral.....	8
5.2.3	Gestación de la hembra.....	8
5.2.4	Tamaño de camada.....	8
5.3	Tipos de empadre.....	9
5.3.1	Empadre continuo.....	9
5.3.2	Empadre controlado.....	9
5.4	Productividad de la hembra raza Perú.....	10

5.5 Diagnóstico de gestación aplicado en cuyes.....	10
5.5.1 Palpación.....	10
5.5.2 Diagnóstico ecográfico.....	11
5.5.2.1 Generalidades de la ecografía.....	11
5.5.2.2 Transductores.....	12
5.5.2.3 Planos ecográficos.....	12
5.6 Bases anatómicas de la hembra y ecogenicidad.....	13
5.7 Dificultades en la visualización de imagen.....	13
5.8 Diagnóstico de gestación temprana.....	14
5.9 Desarrollo embrionario temprano.....	15
5.10 Osificación craneal.....	16
5.11 Biometría fetal.....	17
5.11.1 Diámetro biparietal.....	17
5.11.2 Diámetro torácico.....	18
5.11.3 Diámetro abdominal.....	18
5.11.4 Fórmula de predicción de la edad gestacional.....	18
5.12 Problemas durante la gestación.....	19
5.12.1 Reabsorción embrionaria.....	19
5.12.2 Aborto.....	19
VI. ANTECEDENTES.....	21
VII. HIPÓTESIS.....	23
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24

8.1 Lugar de ejecución.....	24
8.2 Tipo y diseño de investigación.....	24
8.3 Variables de investigación.....	24
8.4 Operacionalización de las variables.....	25
8.5 Muestreo.....	25
8.6 Instrumentos.....	25
8.7 Procedimiento y análisis de datos.....	26
8.7.1 Procedimiento.....	26
8.7.2 Análisis de datos.....	27
8.8 Aspecto ético.....	27
IX. RESULTADOS.....	28
9.1 Nivel descriptivo.....	28
9.2 Nivel inferencial.....	30
9.2.1 Coeficiente de correlación de Pearson.....	31
9.2.2 Regresión lineal.....	32

X.	DISCUSIÓN.....	34
XI.	CONCLUSIONES.....	36
XII.	RECOMENDACIONES.....	37
XIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
	ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables de investigación.....	25
Tabla 2. Tamaño de camada obtenidas de las 16 hembras raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria Lima-Perú.....	28
Tabla 3. Edad gestacional (días) y diámetro vesículo-gestacional (cm) de 16 hembras raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria Lima- Perú.....	29
Tabla 4. Edad gestacional (días) y diámetro biparietal (cm) de 16 hembras raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria Lima-Perú.....	30
Tabla 5. Relación entre la edad gestacional (días) con el diámetro vesículo-gestacional (cm) y biparietal fetal (cm) en cuyes raza Perú.....	31

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Administración vía oral de Altrenogest a las hembras raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria.....	44
Anexo B. Apertura de la membrana vaginal para observar el inicio del ciclo estral.....	44
Anexo C. Empadre de las hembras raza Perú con machos Perú.....	45
Anexo D. Instrumento de medición: Ecógrafo Mindray DP10 vet con transductor microconvexo con frecuencia de 6,5 MHz.....	45
Anexo E. Rasurado de las hembras raza Perú 14 días de gestación.....	46
Anexo F. Aplicación de la técnica ecográfica.....	46
Anexo G. Órgano de referencia; vejiga.....	47
Anexo H. Ecografía del día 18 de gestación: Diámetro de la vesícula gestacional.....	47

Anexo I. Ecografía del día 22 de gestación: Diámetro de la vesícula gestacional.....	48
Anexo J. Ecografía del día 24 de gestación: Diámetro de la vesícula gestacional.....	48
Anexo K. Ecografía del día 28 de gestación: Diámetro de la vesícula gestacional.....	49
Anexo L. Ecografía del día 31 de gestación: Diámetro de la vesícula gestacional.....	49
Anexo M. Ecografía del día 31 de gestación: Diámetro biparietal.....	50
Anexo N. Ecografía del día 38 de gestación: Diámetro biparietal.....	50
Anexo O. Ecografía del día 45 de gestación: Diámetro biparietal.....	51
Anexo P. Ecografía del día 52 de gestación: Diámetro biparietal.....	51
Anexo Q. Ecografía del día 59 de gestación: Diámetro biparietal.....	52
Anexo R. Ecografía del día 66 de gestación: Diámetro biparietal.....	52
Anexo S. Parto de la hembra raza Perú.....	53
Anexo T. Tamaños de camada obtenidos de las hembras raza Perú.....	53
Anexo U. Duración de la preñez de las hembras raza Perú.....	54
Anexo V. Resultado de las mediciones del diámetro vesículo-gestacional según la edad gestacional de las hembras raza Perú.....	54
Anexo W. Resultado de las mediciones del diámetro biparietal fetal según la edad gestacional de las hembras raza Perú.....	55

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue analizar la relación entre la edad gestacional y los diámetros vesículo-gestacional y biparietal fetal en cuyes raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria. Se utilizó un diseño no experimental de tipo longitudinal panel para observar el desarrollo de las mediciones fetales a través del tiempo, asimismo, se aplicó un muestreo no probabilístico de tipo intencional obteniendo una muestra de 16 hembras sincronizadas raza Perú las cuales fueron empadradas con machos seleccionados y examinadas de manera interdiaria por medio de ecografía a partir del día 14 post empadre. Se encontró que es posible diagnosticar preñez temprana a partir del día 18 post empadre visualizando las vesículas gestacionales; estas estructuras fueron medidas hasta el día 31 ya que conforme avanzaba la gestación se volvían irregulares. En el día 31 se observó la osificación craneal de los fetos haciendo posible la medición del diámetro biparietal, esta medición se llevó a cabo cada 7 días hasta el final de la gestación para disminuir el riesgo de abortos. Los datos fueron procesados estadísticamente y los resultados demostraron una baja dispersión que indicaban la homogeneidad de la muestra. El análisis inferencial determinó que existe una relación significativa y positiva entre la edad gestacional y los diámetros vesículo-gestacional ($r = 0,97$) y biparietal fetal ($r = 0,99$). La diferencia entre los resultados del presente estudio con las investigaciones anteriores se puede atribuir al uso de diferentes materiales genéticos de los cuales no se tiene información sobre su productividad.

Palabras clave: Cuyes, *Cavia porcellus*, ecografía, edad gestacional, diámetro vesículo-gestacional, diámetro biparietal fetal.

ABSTRACT

The present study aim was analyze the relationship between the gestational age and the diameters gestational vesicle and fetal biparietal in guinea pigs breed Perú at the National Institute of Agrarian Innovation (INIA). It was used a non experimental design of longitudinal panel type to observe the development of fetal measurements over time, also it applied a non probabilistic sampling of intentional type obtaining a sample of 16 synchronized females breed Perú who were mated with selected males and were examined interdaily by ultrasound since the day 14 after the mating. It was found that it is possible to diagnose early pregnancy from the day 18 after mating with the presence of the gestational vesicles; these structures were measured until the day 31 because as the gestation progressed it became irregular. At the day 31 the ossification of the parietal bones was observed making possible the measurement of the biparietal diameter, this measurement was carried out every 7 days until the end of the gestation to reduce the risk of abortion. The data was statistically processed and the results show a low dispersion that indicated the homogeneity of the sample. The inferencial analysis determined that there is a significant and positive relationship between thstatiscllye gestational age with the gestational vesicle diameter ($r = 0,97$) and fetal biparietal diameter ($r = 0,99$). The difference between the results of this study and previous research can be attributed to the use of different genetic materials which there not have information about their productivity.

Keywords: Guinea pigs, ultrasound, gestational age, gestational vesicle diameter, biparietal diameter.

I. INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus*), es un mamífero herbívoro de los países andinos como Perú, Ecuador, Bolivia y Colombia. En el Perú, la crianza de estos animales se encuentra muy difundida por ser parte de la canasta básica en la crianza familiar y familiar-comercial, debido a ello el Perú es considerado como el país con mayor investigación científica a nivel productivo, obteniendo como resultado cuyes precoces y eficientes, siendo estos la raza Perú, Andina e Inti, liberados por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Los cuyes también han sido utilizados como modelo animal para investigaciones en los seres humanos debido a ciertas similitudes en cuanto a la estructura placentaria, por lo que a nivel internacional se han encontrado algunas investigaciones en ecografía reproductiva (Turner y Trudinger, 2000). A nivel nacional no se han encontrado estudios publicados con respecto al diagnóstico ecográfico gestacional en esta especie, por ello, la presente investigación tiene como objetivo analizar la relación existente entre la edad gestacional y los diámetros vesículo-gestacional y biparietal fetal en cuyes raza Perú. Los resultados obtenidos serán de gran utilidad en el área de investigación para determinar una gestación temprana, así como para determinar el tiempo de gestación de la hembra según los parámetros obtenidos a través de la ecografía con el fin de estimar la fecha de concepción y la posible fecha de parto.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cuyes, productivamente, han sido poco estudiados a nivel ecográfico debido a la dificultad en la visualización de los órganos internos, ya que estos animales poseen un ciego muy desarrollado que ocupa gran parte de la cavidad abdominal dificultando la observación de los órganos reproductivos de la hembra, a lo que se suma el nerviosismo característico de la especie en producción. Los pocos estudios desarrollados a nivel internacional han manejado diferentes materiales genéticos y no proporcionan datos concluyentes sobre el diagnóstico de preñez temprano; asimismo, ningún estudio semejante al tema de investigación, se ha ejecutado a nivel nacional utilizando material genético procedente del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), concretamente la raza Perú.

Dentro del sistema de producción es importante el uso de un registro que contenga las fechas de empadre para calcular el tiempo de gestación que tiene la hembra; sin embargo, este método complementado con la palpación no proporciona la información necesaria para establecer la edad gestacional ya que cabe la posibilidad de que la hembra no haya preñado el día del empadre sino días después; con un diagnóstico temprano de gestación a través de la ecografía y con las mediciones fetales se puede calcular la edad gestacional con mayor precisión.

Las variables que se tomaron en cuenta para la obtención de datos fueron la edad gestacional, el diámetro vesículo-gestacional y el diámetro biparietal fetal. La edad gestacional se define como el número de días después del empadre, es importante considerar que el periodo de gestación dependerá de la raza del cuy, la raza Perú tiene un periodo de gestación de $68,4 \pm 0,43$ días (INIA, 2011). Las vesículas gestacionales según Penninck y D'Anjou (2017), son estructuras anecoicas dentro del útero y al identificarlas se puede realizar la medición del

diámetro vesículo-gestacional. El diámetro biparietal fetal es la distancia en centímetros entre los huesos parietales de los fetos.

En el presente estudio se establece como objetivo general analizar la relación entre la edad gestacional con los diámetros vesículo gestacional y biparietal fetal en cuyes raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria.

Problema general:

¿Qué relación existe entre la edad gestacional y los diámetros vesículo-gestacional y biparietal fetal en cuyes raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria?

III. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación brindará información sobre las mediciones ecográficas que se obtienen durante el periodo de gestación de las hembras raza Perú procedentes del Instituto Nacional de Innovación Agraria comenzando a partir del día 18 de gestación hasta la fecha cercana al parto, dichos datos serán relacionados con la edad gestacional.

Con la detección de preñez temprana por medio de la ecografía se pueden mejorar los sistemas de empadre acortando la permanencia del macho con la hembra lo que permite aprovechar la vida productiva del macho seleccionado difundiendo su genética rápidamente; asimismo, los resultados obtenidos de la biometría fetal complementarán la información brindada en estudios previos y servirán de referencia para aquellos centros de investigación que apliquen el método ecográfico como diagnóstico de gestación con el fin de estimar la fecha de concepción y la fecha de parto, además de tener en cuenta el tamaño de camada.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Analizar la relación entre la edad gestacional y los diámetros vesículo-gestacional y biparietal fetal en cuyes raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria.

4.2 Objetivos específicos

1. Determinar la gestación temprana de las hembras.
2. Establecer los diámetros de la vesícula gestacional y biparietal fetal.
3. Determinar la edad gestacional de la hembra raza Perú en base a los resultados obtenidos de los diámetros.

V. MARCO TEÓRICO

5.1 Generalidades del cuy (*Cavia porcellus*)

El cuy es un mamífero herbívoro perteneciente al orden Rodentia y familia Caviidae; es originario de los países sudamericanos. El Perú es considerado como el mayor productor de estos animales, manteniendo el 63% de la población; así como también es considerado el mayor consumidor de carne de cuy (Chauca, 2011). Durante el transcurso de los años se han realizado varias investigaciones sobre la mejora genética de estos animales, teniendo como resultado tres razas de cuyes: Perú, Andina e Inti; estos materiales genéticos se encuentran dentro de las instalaciones del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2011).

La raza Perú es conocida por su gran tamaño debido a un buen desarrollo muscular y eficiencia en la conversión de alimento; además, es utilizada en cruces terminales con el fin de ganar precocidad. Esta raza presenta el color alazán con blanco (INIA, 2011) mientras la raza Andina, caracterizada por su prolificidad, tiene un manto completamente blanco (INIA, 2005). La raza Inti, es de color bayo con blanco, se utilizó en una formación de una línea materna cruzada, seleccionada por el peso y la prolificidad (Chauca et al., 2005). Además de tener en cuentas estas razas, los cuyes también se dividen por tipos: I, II, III Y IV. Las razas anteriormente mencionadas pertenecen al tipo I, caracterizado por tener pelo lacio, corto y pegado al cuerpo.

En diversos países, este animal es considerado como una mascota tomando el nombre de cobayo y en los laboratorios estos suelen ser animales de experimentación y se les conoce como conejillo de indias (Chauca, 2011).

5.2 Parámetros reproductivos del cuy

5.2.1 Pubertad de la hembra.

Según Mills y Reed (1971), el peso es un mejor indicativo para considerar el inicio de la pubertad que la edad, sugieren que el peso de la hembra y el inicio de la pubertad puede verse influenciada por el hipotálamo. La presentación de la pubertad también dependerá de la alimentación y el manejo adecuado; las hembras suelen quedar preñadas rápidamente después del empadre. La hembra raza Perú al inicio del empadre tiene un peso de 870 g, las reproductoras adultas llegan a pesar 1,723 g y al destete tienen un peso aproximado de 1,674 g; debido a estos pesos, la raza Perú es considerada como la raza más precoz y esta característica es heredada a la progenie (INIA, 2011).

5.2.2 Ciclo estral de la hembra.

El ciclo reproductivo de la hembra de esta especie tiene una duración promedio de 16,4 días (Chauca, 2018). Se presentan cuatro fases: proestro, estro, metaestro y diestro. Ishii (1920) logró identificar la duración de cada fase del ciclo estral del cuy; dentro de los resultados que obtuvo, el proestro tuvo una duración promedio de 1 a 1,5 días; sin embargo, menciona la posibilidad de que este periodo tenga una duración de 2 a 3 días más dependiendo de la condición física del animal. Con respecto al estro, determinó su aparición después de 4 a 5 horas terminado el proestro y una duración promedio de 9 a 11 horas. El metaestro tuvo una duración promedio de 2,5 a 3 días y el diestro de 15 a 16,5 días. Asimismo, Kunhnel y Mendoza (1992) obtuvieron resultados similares en la duración del proestro; en cuanto al estro o también conocido como celo, tuvo una duración de 8 a 24 horas y según Sadeu et al. (2007), en esta fase se lleva a cabo la ovulación, luego sigue la fase del metaestro el cual tiene una duración de 1 a 1,5 días y finalmente el diestro que tiene una duración de 13 a 15 días. En el estudio realizado por Aranibar y Echevarría (2014) determinaron

la cantidad de ovulaciones por ciclo a través de frotices vaginales obteniendo como resultado $2,8 \pm 0,9$ ovulaciones en la raza Perú.

5.2.2.1 Control del ciclo estral.

Para obtener una mayor tasa de preñez en las hembras, se realiza la sincronización de celo, procedimiento en el cual se hace uso de la hormona progesterona para la obtención de la ovulación sincronizada. Según Grégoire (2012), con el uso del progestágeno “Altrenogest” la tasa de preñez es del 79%. El procedimiento consiste en la administración vía oral de Altrenogest a una dosis de 0,22 mg/kg durante 15 días, después de la última administración debe ocurrir la ovulación en un periodo de cinco días y finalmente se lleva a cabo el empadre. En la sincronización también se debe tomar en cuenta la observación de apertura vaginal; al momento de presentarse el proestro la membrana vaginal desaparece (Araníbar y Echevarría, 2014).

5.2.3 Gestación del cuy.

El periodo de gestación depende de la raza y del tamaño de camada; según Chauca et al. (1992), la raza Andina tiene un periodo de gestación de $67,2 \pm 0,29$ días y la raza Perú e Inti tienen un periodo de gestación de $68,4 \pm 0,43$ días. Se debe tener en cuenta que en algunos casos los partos pueden ser prematuros debido a una mayor cantidad de crías que superan los parámetros reproductivos establecidos para la raza. Asimismo, puede haber partos tardíos cuando hay 1 o 2 crías (Chauca, 2018).

5.2.4 Tamaño de camada.

El tamaño de camada promedio en el primer parto de la raza Andina es 2,9 crías, en el segundo parto tiene un promedio de 3,6 crías y en el tercer parto tiene un promedio de 3,2 crías (INIA, 2005). La raza Inti tiene un promedio de camada de 3,3 crías (INIA, 2013). La raza Perú tiene un tamaño de camada promedio en el primer parto de 2,22 crías y el promedio de cuatro partos es de 2,61 crías (INIA, 2011).

5.3 Tipos de empadre

5.3.1 Empadre continuo.

Este empadre tiene la ventaja de aprovechar el celo *post partum*; consiste en colocar al macho con un grupo de hembras desde inicio a fin de producción para aprovechar el celo que se presenta en la hembra después de parir. Se debe tener en cuenta que este tipo de empadre tiene un porcentaje de éxito según la raza o línea de cuyes, solo el 55% - 80% de las hembras tienen la posibilidad de presentar dicho celo después del parto (Chauca, 2018). Específicamente las hembras raza Perú no son eficientes con la presentación de este celo, solo el 54,6% de las hembras son capaces de presentarlo (INIA, 2008).

5.3.2 Empadre controlado.

El macho permanece junto a las hembras durante 34 días y luego es retirado para que la hembra pueda terminar su gestación; una vez que logre parir se debe esperar dos semanas para destetar a las crías y finalmente se ingresa nuevamente al macho (Chauca, 2018). La ventaja de este empadre es la baja mortalidad de las crías por aplastamiento, ya que el macho suele perseguir a las hembras después del parto.

5.4 Productividad de la hembra

En el estudio realizado por Huamán et al. (2019) en hembras raza Perú, se demuestra que conforme aumenta la edad de las hembras, se prolonga el tiempo empadre-parto. Las hembras de 8 y 10 semanas tienen un tiempo de empadre-parto de 80,6 y 84,3 días respectivamente, por lo tanto, el ciclo estral duró entre 12 a 16 días aproximadamente. Las hembras de 11 a 13 semanas tuvieron un periodo empadre-parto de 87,2 días y la duración del ciclo estral fue de 17 a 19 días. Con estos resultados se observa que, al aumentar la edad de las hembras, estas van utilizando el segundo celo.

Zaldívar (1986), reporta que las hembras de 90 días de edad tienen un 56,6% de partos vivos en el primer empadre, a comparación de las hembras de 60 y 120 días, las cuales obtuvieron un porcentaje de 13,3% y 36,6% respectivamente; el más bajo porcentaje lo obtuvieron las hembras de 30 días con 6,67%. En el segundo empadre las hembras de 120 días mantuvieron el mismo porcentaje de partos vivos; sin embargo, las hembras de 90 días disminuyeron un 30%, las hembras de 30 y 60 días aumentaron un 13,33% y 10% respectivamente.

5.5 Diagnóstico de gestación aplicado en el cuy

5.5.1 Palpación.

Es el método más utilizado para diagnosticar preñez en las hembras, se debe colocar la mano debajo del abdomen de la hembra y con los dedos índice, pulgar y medio se debe aplicar una ligera presión sobre la zona inguinal para tratar de palpar los embriones. Kaufmann y Davidoff (1977), caracterizaron etapas para distinguir los embriones dependiendo al tiempo en que se realiza este método; la etapa I se lleva a cabo a los 15 días post empadre, en el cual se palpan pequeños bultos de 6mm; en la segunda etapa se palpan bultos redondos a los 25 - 30 días de gestación, dichos bultos logran medir de 7 - 15 mm aproximadamente; la tercera etapa consiste en la palpación de

estructuras firmes y consistentes de 30 mm de diámetro; en la cuarta etapa se puede palpar cuerpos alargados y cilíndricos; en la quinta etapa se palpan los fetos de 5 a 7 cm en los que se puede distinguir la cabeza, tórax y pelvis; finalmente en la sexta etapa se palpan fetos de 7 a 10 cm; este método es seguro para el animal, sin embargo, cabe posibilidad que se presenten errores en la palpación; se puede palpar la vejiga o los riñones y confundirlos con los embriones o fetos.

5.5.2 Diagnóstico ecográfico.

5.5.2.1. Generalidades de la ecografía.

La ecografía o ultrasonido, es considerada como un método seguro y fiable que no representa ningún riesgo para el paciente y el operador; es una serie de ondas mecánicas originadas por una carga eléctrica en los cristales piezoeléctricos, la cual viaja a través de tejidos corporales emitiendo ondas de retorno que, al llegar a la sonda, originan la vibración de los cristales. Cada onda que se ha emitido se dirige al ordenador y el conjunto de estas crean la imagen ecográfica (Penninck y D'Anjou, 2017).

En el campo de la medicina veterinaria, la ecografía se ha desarrollado con el tiempo y se ha aplicado a diversos animales; en cuyes existen pocos reportes de estudios con esta técnica. A través de la ecografía se puede diagnosticar preñez temprana y realizar un seguimiento del desarrollo fetal.

Los estudios realizados sobre ecografía gestacional en cuyes son escasos a nivel internacional; y a nivel nacional, no se ha publicado resultados en la especie. Asimismo, los datos encontrados a nivel internacional no muestran mediciones de las estructuras que definen un diagnóstico de preñez temprano; sin embargo, Tupiza (2017), hace referencia sobre las medidas de tendencia central y dispersión sobre la medición de las vesículas gestacionales, sin especificar la edad gestacional en

la cual se realizó dichas mediciones, además de manejar un material genético de distinta procedencia al de este estudio.

5.5.2.2 Transductores.

Las sondas o transductores varían dependiendo del uso que se les quiera dar y también de la especie a observar. Las sondas lineales tienen una frecuencia de 10 - 18 MHz, generalmente son usadas para observar tejidos superficiales; debido a la ubicación recta de los cristales piezoeléctricos, la imagen que produce es rectangular; a diferencia de las sondas curvadas, también llamadas convexas y microconvexas, las cuales producen imágenes trapezoidales (Penninck y D'Anjou, 2017). Las sondas microconvexas tienen un amplio campo de exploración y se utilizan para realizar ecografías en animales pequeños ya que ofrece una frecuencia alta y es ideal cuando se tiene una ventana acústica pequeña (Penninck y D'Anjou, 2017).

5.5.2.3 Planos ecográficos.

El señalizador que posee el transductor sirve para saber la orientación de la imagen en el monitor y entender los cortes ecográficos. Los planos que tenemos en cuenta son el plano transversal y longitudinal. El plano transversal consiste en colocar el transductor de manera perpendicular en la zona a ser examinada, lo más próximo al transductor se localiza en la parte superior del monitor y lo más alejado en la parte inferior. El plano longitudinal es también conocido como sagital, en este caso el transductor se coloca de manera paralela, el marcador del transductor debe estar orientado hacia la cabeza del paciente (García y Torres, 2016).

5.6 Bases anatómicas de la hembra y ecogenicidad

Los ovarios son de forma ovalada y tamaño de 3 - 6 x 2 - 4 x 2 - 3 mm, son ubicados al tener como referencia los riñones, en el caso de los cuyes, específicamente en el polo ventral (Almeida, 2016). En animales de compañía se ha estudiado la ecogenicidad y medición de los ovarios durante las etapas del ciclo estral; los ovarios han logrado medir de 1 - 2 cm en la perra y 1 cm en la gata. Durante el comienzo del proestro, el ovario es pequeño y de ecogenicidad uniforme, el ovario se vuelve más esférico y cuando aparecen los folículos tienen la apariencia de pequeñas cavidades anecoicas dentro del ovario (Penninck y D'Anjou, 2017).

El útero durante el diestro es hipoeoico, es difícil de identificar, se debe de tomar como referencia la vejiga y el colon descendente (Penninck y D'Anjou, 2017). Durante la gestación de la perra se observan las vesículas embrionarias y adentro de estas estructuras se puede visualizar al embrión rodeado de líquido que a través de la ecografía es anecoico, de igual manera se presenta en el cuy.

5.7 Dificultades en la visualización de la imagen

En los animales es muy importante tener en cuenta que el pelaje interfiere con la visualización de imagen, por ello lo mejor es retirarlo y aplicar el gel para ecografía. El gel funciona como un puente entre el transductor y el paciente ya que tiene una impedancia acústica adecuada para disminuir los artefactos de contacto (Giraldo, 2003). Además, existe otro factor que impide observar con claridad las imágenes como la ubicación anatómica. En el caso de los cuyes, al realizar la ecografía en el abdomen pueden existir complicaciones por la presencia del ciego.

Inaba y Mori (1986), manifiestan que el alimento ingerido por los animales y los gases no interfieren con el estudio ecográfico; sin embargo, al tener pacientes como los cuyes, será frecuente la dificultad en la visualización de imagen por poseer un ciego muy desarrollado. Según Jara et al.

(2018), el ciego representa el 15% del peso del animal. Este órgano tiende a llenarse de gas y expandirse por la actividad fermentativa, ocupando gran parte de la cavidad abdominal, dificultando la visualización de órganos a través del ecógrafo.

5.8 Diagnóstico de gestación temprana

Según Penninck y D'Anjou (2017), el diagnóstico de preñez temprano se confirma con la presencia de estructuras anecoicas dentro del útero conocidas como vesículas gestacionales o también llamadas vesículas embrionarias. Estas estructuras han sido estudiadas y descritas en algunos animales; sin embargo, no se han encontrado estudios que expliquen el desarrollo de la vesícula gestacional en los cuyes conforme avanza la gestación. Williams et al. (2001), refieren que antes del día 20 post monta es difícil de observar las vesículas embrionarias en cerdos y cabe la posibilidad de errores. En otro estudio realizado por Hernández et al. (2009) en yeguas, mencionan que las vesículas embrionarias se detectaron a partir del día 11 de gestación, esta estructura era esférica hasta los 16 días, a los 17 días tenía una forma más alargada, a los 18 a 21 días era triangular y a los 28 días era irregular; datos similares se obtuvieron en el estudio realizado por Paredes et al. (2012). Estos cambios morfológicos de las vesículas embrionarias durante la gestación, según Hernández et al. (2009), provocaría la posibilidad de cometer errores en la medición. Un estudio similar se realizó en animales más pequeños como las ratas, en donde reportan el día más temprano para diagnosticar preñez, siendo este el día 9 de gestación, teniendo un 25% de falsos negativos (Ypsilantis, 2009).

En el caso de los cuyes, diversos investigadores confirmaron preñez basándose en distintos enfoques; Inaba y Mori (1986), confirmaron preñez en el día 16 basándose en la presencia de líquido dentro del útero de las cobayas; y otro estudio realizado por Santos et al. (2014), confirmaron la presencia de las vesículas gestacionales en el día 15 después de la monta.

Finalmente, Tupiza (2017) confirmó preñez en el día 25 utilizando el método ecográfico; cabe mencionar que en ninguno de los estudios mencionados se ha realizado la toma de medidas de las vesículas embrionarias conforme avanza la gestación como parte de la investigación. Para una oportuna detección de estas estructuras a través del ecógrafo, se debe tener en cuenta el desarrollo embrionario de la especie a ser estudiada, en este caso, el cuy.

5.9 Desarrollo embrionario temprano

Consiste en tres fases: la fase pre embrionaria o también llamada germinativa, la fase embrionaria y la fase fetal. La fase pre embrionaria, comprende la etapa de la gametogénesis y la fecundación, luego de estos procesos se lleva a cabo la blastogénesis que incluye dos etapas: la segmentación y la gastrulación. Durante la segmentación el cigoto se divide en 2 células o blastómeras luego en 4 células hasta formar más de 16 células, en este punto la estructura formada tomará el nombre de mórula, esta seguirá con la segmentación hasta formar 64 blastómeras en donde tomará el nombre de blastocisto o blástula el cual tendrá una cavidad llamada blastocele. El blastocisto está compuesto por dos tipos de células: las células del trofoblasto (zona pelúcida) y las células del embrioblasto; al desarrollarse el blastocisto el fluido del blastocele ejerce presión en la zona pelúcida ocasionando la eclosión del embrión el cual se dirigirá hacia los cuernos uterinos para llevar a cabo el reconocimiento materno embrionario evitando la luteólisis y modificando el ambiente del endometrio para la adhesión e implantación. Al eclosionar el embrión se lleva a cabo la gastrulación en donde las células del embrioblasto forman el disco germinativo trilaminar compuesto por 3 capas celulares: endodermo, mesodermo y ectodermo de las cuales se comenzarán a formar los órganos del feto. La fase embrionaria determina la forma corporal del embrión y el desarrollo de los órganos; finalmente, la fase fetal es cuando se ha completado la formación de los órganos (García y Gil, 2013).

Austin y Short (1982), especificaron cronológicamente el desarrollo embrionario de varias especies, entre ellos los cuyes; el estudio que realizaron determinó que la formación de dos células demora entre 23 a 48 horas, la formación de 4 células tenía una duración de 30 a 75 horas y la formación de 16 células demora 107 horas, seguido de estas divisiones mitóticas se llevó a cabo la formación del blastocisto en 115 horas; a todo este proceso se le denomina etapa de segmentación o clivaje. El blastocisto que ha sido formado entra al útero en 3,5 días y se implanta en 6 días.

Con dichos resultados se puede estimar que a partir de los 11,5 - 14,3 días después de la monta se visualiza la presencia de las vesículas gestacionales. En otro estudio realizado por Loeber (1983), refiere solo el momento de la implantación, el cual se realiza en el día 8 post monta, diferente al resultado propuesto por Austin y Short (1982).

5.10 Osificación craneal

Existen dos tipos de osificación durante el desarrollo embrionario, intramembranosa y endocondral. Algunos huesos planos del cráneo se generan a través de la osificación intramembranosa lo que significa que estos se forman del mesénquima, sin la necesidad de formar previamente una fase cartilaginosa; en cambio, la osificación endocondral si requiere de la formación de cartílago, este tipo de osificación lo presentan los huesos de la base del cráneo (García y Gil, 2013).

La osificación de la bóveda craneana es intramembranosa; y se encuentra formada por el hueso frontal, interparietal, occipital y parietales. En la ecografía gestacional, los huesos parietales son muy importantes ya que la distancia entre estos nos permite saber la edad gestacional de la hembra,

según Turner y Trudinger (2000), el diámetro biparietal es considerado un indicador fiable en la biometría fetal.

5.11 Biometría fetal

Es considerada como la forma más precisa para determinar la edad gestacional de la hembra y predecir la fecha del parto en relación a las mediciones obtenidas de los fetos a través del ecógrafo conforme avanza la gestación. Según Sánchez y Arias (2017) las mediciones que demuestran una relación con la edad gestacional en perras son el diámetro biparietal y el diámetro de la cavidad coriónica, pero además existen otros dos parámetros frecuentemente usados: el diámetro torácico y el diámetro abdominal. Santos et al. (2014) y Tupiza (2017) han considerado los parámetros anteriormente mencionados en sus investigaciones con cuyes, por otro lado, Turner y Trudinger (2000), consideraron sólo el diámetro biparietal como el principal indicador ya que proporciona una mejor información clínica sobre la edad gestacional.

5.11.1 Diámetro biparietal.

La medición se realiza desde el margen externo del hueso parietal hasta el margen opuesto. En el caso de cuyes, la medición del diámetro biparietal se ha registrado en diferentes días de gestación. Turner y Trudinger (2000), comenzaron la medición del diámetro biparietal en el día 22 después de la monta y lo registraron hasta el final de la gestación, asimismo, Santos et al. (2014) realizaron las mediciones del diámetro biparietal a partir del día 30 después de la monta y en otro estudio realizado por Tupiza en el año 2017 se comenzó la medición de esta variable a partir del día 35 de gestación.

5.11.2 Diámetro torácico.

En los animales de compañía como los perros y los gatos no suele haber dificultad para identificar el diámetro torácico puesto que los fetos tienen un tamaño considerable (Illanes et al. 2015). Por lo general esta imagen es captada utilizando un corte ecográfico transversal. Santos et al. (2014) y Tupiza (2017), registraron este parámetro a partir del día 35 de gestación en los cuyes.

5.11.3 Diámetro abdominal.

La medición de este parámetro se realiza en un plano ecográfico transversal y se ubica el margen externo derecho del abdomen hasta el margen opuesto, Santos et al. (2014) y Tupiza (2017), registraron este parámetro a partir del día 35 hasta el final de la gestación del cuy. De la información revisada en diversos estudios sobre el diagnóstico ecográfico gestacional normal en animales domésticos y en animales grandes de producción podemos concluir que estos estudios se inician con la detección de la preñez y posteriormente un seguimiento durante todo el periodo gestacional con el fin de observar el desarrollo fetal normal, comprobando que las mediciones fetales tomadas se encuentran dentro de los rangos cuantitativos normales establecidos para la especie y la raza.

5.11.4 Fórmula de predicción de la edad gestacional.

Según Sánchez y Arias (2017), la determinación de la edad gestacional por medio de la ecografía es de gran importancia clínica ya que previene problemas durante la gestación y predice la fecha del parto. Existen fórmulas para predecir la edad gestacional a partir de las mediciones fetales en perros y gatos; Beck et al. (1990) utilizaron un modelo de regresión lineal para estimar la pendiente e intersección de cada variable (diámetro biparietal y diámetro corporal) conforme avanzaba la gestación. Además, con los estudios realizados por England et al. (1990) y Yeager et al. (1992) se adaptó una fórmula general para estimar la edad gestacional en perros y gatos en base

a las mediciones de diámetro de la vesícula embrionaria, diámetro biparietal, distancia cabeza-cadera y diámetro del cuerpo; cada estructura es medida dependiendo del tiempo de gestación.

Inaba y Mori (1986) crearon una fórmula para cuyes por medio de una regresión lineal, las variables a considerar fueron el diámetro uterino y la edad gestacional, teniendo como resultado la siguiente ecuación: $y = 0,0855 x + 0,753$, donde “x” es el número de días e “y”, el diámetro uterino. Turner y Trudinger (2000), se basaron en el diámetro biparietal para elaborar la siguiente fórmula: $y = -0,00043 x^2 + 0,06881 x - 0,75941$, siendo “x” el número de días e “y”, el diámetro biparietal.

5.12 Problemas durante la gestación

5.12.1 Reabsorción embrionaria.

Bustios et al. (2017) refiere que el cuy puede sufrir de una reabsorción embrionaria por un cuadro de estrés, lo que explicaría la razón por la cual en algunas ocasiones el tamaño de camada se ve afectada y no cumplen con el promedio esperado. Después de una búsqueda exhaustiva de casos sobre reabsorción embrionaria en cuyes, ningún estudio publicado menciona la frecuencia de este problema y el día de gestación en la cual suele ocurrir.

5.12.2 Aborto.

Los abortos en cuyes se pueden dar por muchas razones, una de ellas es el manejo inadecuado que se le da al animal lo cual genera un cuadro de estrés por la manipulación, estos animales tienen un temperamento muy nervioso propio de la especie por lo cual se debe tener cuidado (Tello, 2017).

VI. ANTECEDENTES

A nivel internacional se ha realizado el diagnóstico de gestación y la toma de medidas de los fetos durante la gestación del cuy. Para determinar la gestación temprana, los estudios

publicados han tomado enfoques diferentes relacionándolos con la edad gestacional. Cabe mencionar que no especifican el material genético utilizado y no se cuenta con información sobre los parámetros productivos de los animales.

Una de las variables estudiadas es el diámetro de la luz uterina llena de líquido en los diferentes días de gestación. En dicho estudio las hembras seleccionadas fueron anestesiadas con éter y sometidas diariamente a ecografías para determinar preñez temprana. En el día 16 post monta se pudo diagnosticar preñez a 3 hembras de 18 que fueron examinadas, sin embargo, el porcentaje de ser un correcto diagnóstico era bajo, en el día 18 el porcentaje de un diagnóstico correcto aumentó a un 83% y en el día 19 alcanzó el 100%. El tamaño de camada también fue evaluado en este estudio teniendo como resultado la visualización de los fetos entre los días 25 y 40 de gestación. Estadísticamente el coeficiente de correlación fue significativo (Inaba y Mori, 1986).

Asimismo, otro estudio se enfocó en diagnosticar la gestación aplicando la palpación entre los días 21 a 25 después de la monta, a partir de ese momento comenzaron a realizar las mediciones ecográficas. Se determinó la presencia de cráneos osificados en el día 22 de gestación y al identificar estas estructuras se realizaron las mediciones del diámetro biparietal hasta el término de la gestación. Además, observaron la velocidad del flujo de la arteria umbilical por medio de ecografía Doppler color teniendo como resultado una disminución del flujo sanguíneo conforme avanzaba la gestación (Turner y Trudinger, 2000).

En Brasil se realizó una investigación con cinco cuyes de 3 a 4 meses de edad. Se enfocaron en evaluar la relación entre las mediciones morfométricas con la edad gestacional; además, se tomó en cuenta la frecuencia cardíaca. Se consideró como día "0" de gestación al día de apareamiento y fueron examinadas en el día 15 de gestación, diagnosticando preñez con la

presencia de las vesículas embrionarias, una vez identificadas estas estructuras se realizaron exámenes ecográficos cada 5 días. A partir del día 30 se pudo realizar las mediciones del diámetro biparietal y placentario y en el día 35 se pudo medir la frecuencia cardíaca, diámetro abdominal y torácico (Santos et al. 2014).

Otro estudio realizado en la Universidad Central del Ecuador en Quito, utilizó 30 cuyes; el objetivo de dicho estudio era ofrecer información acerca del uso de la técnica ecográfica para el diagnóstico de gestación. Las hembras seleccionadas fueron observadas para determinar la fecha de parto y llevar a cabo el empadre, considerando ese día como el día “0” de gestación. Las ecografías se llevaron a cabo a partir del día 25 de gestación y se pudo observar que el 73,3% de las hembras estaban preñadas, en el día 35 de gestación se realizó las mediciones de biometría fetal y después de 4 días nuevamente se realizaron dichas mediciones, a partir del día 39 las ecografías se hicieron en intervalos de 7 días y se tomó en cuenta el desarrollo de los órganos internos con relación a la edad gestacional (Tupiza, 2017).

VII. HIPÓTESIS

- **Hipótesis general**

Existe una relación significativa y positiva entre la edad gestacional con los diámetros vesículo-gestacional y biparietal fetal en cuyes raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1 Lugar de ejecución

La presente investigación se realizó en el distrito de la Molina dentro de las instalaciones del Programa Nacional de cuyes en el laboratorio de reproducción del Instituto Nacional de Innovación Agraria.

8.2 Tipo y diseño de investigación

En esta investigación se ha utilizado un enfoque cuantitativo y un alcance descriptivo-correlacional. Al respecto Hernández y Mendoza (2018), consideran que el alcance descriptivo tiene como objetivo medir las variables y recolectar datos para obtener información; asimismo, el alcance correlacional hace referencia a la asociación entre dos o más variables.

Se ha utilizado un diseño no experimental longitudinal panel, puesto que las mediciones se realizaron sin la manipulación de variables en diferentes periodos de tiempo hasta el final de la gestación en la misma muestra de cuyes.

8.3 Variables de investigación

Las variables del presente estudio son:

- V1: Edad gestacional
- V2: Diámetro vesículo-gestacional
- V3: Diámetro biparietal fetal

8.4 Operacionalización de las variables

Tabla 1.

Operacionalización de las variables de investigación

VARIABLES	DEFINICIÓN	TIPO DE VARIABLE	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Edad gestacional	Número de días después del empadre.	Cuantitativa discreta	± 68 días	Intervalo
Diámetro vesículo-gestacional	Distancia en centímetros de las vesículas embrionarias.	Cuantitativa continua	1,16 a 2,22 cm	Intervalo
Diámetro biparietal fetal	Distancia en centímetros de los huesos parietales fetales.	Cuantitativa continua	0,71 a 2,36 cm	Intervalo

8.5 Muestreo

La población estuvo constituida por 16 cuyes raza Perú de 4 meses de edad aproximadamente. Se utilizó un muestreo no probabilístico de tipo intencional, utilizando como criterios de inclusión cuyes hembras sincronizadas de raza Perú de 4 meses de edad con un peso promedio de 1,300 kg; como criterio de exclusión se encuentran cuyes de otras razas o línea. Es decir, la muestra de investigación es igual a la población. Al respecto Castro (2003) considera que “Si la población es menor a cincuenta (50), la población es igual a la muestra” (p.69).

8.6 Instrumentos

Se utilizó un ecógrafo Mindray DP10 vet 2018 con un transductor microconvexo, modelo 65C15EAV, con frecuencia de 6,5 MHz., facilitado por el INIA, con el cual se obtuvo las mediciones de las vesículas gestacionales y diámetros biparietales fetales durante toda la gestación. El instrumento mencionado fue calibrado por el especialista, no sufrió de fatiga de material (tiempo máximo de utilización) y como tal no existió ningún defecto en el instrumento. En consecuencia, el ecógrafo ha captado imágenes claras y mediciones exactas que fueron confirmadas por el especialista en diagnóstico por imagen.

8.7 Procedimiento y análisis de datos

8.7.1 Procedimiento

Considerando el protocolo de sincronización establecido por Grégoire (2012) con progesterona artificial (Altrenogest), se administró una dosis de 0.1 ml vía oral por cada hembra raza Perú durante un periodo de 15 días; además, se observó la apertura vaginal para tener en cuenta el inicio del ciclo estral y llevar a cabo el empadre. Se utilizó un total de 8 machos raza Perú previamente seleccionados a través de los registros, estos fueron examinados para evitar cualquier problema reproductivo. Se empadró cada macho con dos hembras y el día del empadre fue considerado como el día “0” de gestación; tomando como referencia los reportes de Santos et al. (2014) e Inaba y Mori (1986) se procedió a realizar las ecografías a partir del día 14 post empadre.

Los animales estaban ubicados en los galpones y eran trasladadas al Laboratorio de Reproducción del Programa Nacional de cuyes para realizar las ecografías según las fechas programadas. Se colocó al cuy en decúbito dorsal, apoyándolo contra el cuerpo del operador para disminuir el estrés y llevar a cabo una mejor sujeción; luego se aplicó gel en la zona inguinal y con el transductor se comenzó a ubicar la zona con mejor visualización, para ubicar el útero teniendo como órgano de referencia a la vejiga. Este procedimiento fue repetido de manera interdiaria.

En los primeros días de gestación se podía inclinar un poco el cuerpo de la hembra para que el tracto gastrointestinal pueda desplazarse hacia arriba y obtener una mejor visualización del órgano reproductor; conforme avanzaba la gestación, aproximadamente en el día 45, ya no se podía realizar dicha inclinación puesto que sumado con las crías dentro del útero se podía presionar el diafragma, generando dificultad respiratoria.

Al identificar los huesos parietales de los fetos, las mediciones se realizaban cada 7 días para disminuir el estrés por la manipulación. La medición del diámetro biparietal se realizó desde el margen parietal exterior al margen contralateral correspondiente, las mediciones fueron realizadas en un corte ecográfico longitudinal.

8.7.2 Análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de los resultados obtenidos, producto de la medición y registro de las variables de estudio, se han utilizado los aportes de la estadística descriptiva y la estadística inferencial. Con respecto a la estadística descriptiva se ha determinado la media aritmética, desviación estándar, varianza y el coeficiente de variación con el propósito de describir y analizar cómo se van presentando las variables según la edad gestacional. En cuanto a la estadística inferencial, se realizó la prueba de Shapiro Wilk para saber la distribución de los datos y para el análisis de la hipótesis de investigación se realizó el coeficiente de correlación de Pearson.

8.8 Aspecto ético

Las hembras no han sido expuestas a radiación ni a productos químicos dañinos, la técnica ecográfica es indolora y la aplicación de la técnica tuvo una duración máxima de diez minutos por hembra gestante para que el estrés por manipulación sea mínimo.

IX. RESULTADOS

El tamaño de camada promedio que se obtuvo de la muestra de 16 hembras raza Perú fue de 3,62 crías.

Tabla 2.

Tamaño de camada obtenidas de las 16 hembras raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria Lima-Perú.

Tamaño de camada	Número de hembras
2	1
3	5
4	9
5	1
Total	16

No se tomó en cuenta la influencia del tamaño de camada en las mediciones del diámetro vesículo gestacional y biparietal fetal según la edad gestacional; sin embargo, se pudo observar que en una misma gestación los diámetros de los fetos podían variar.

A continuación, se presentan los resultados alcanzados tanto a nivel descriptivo como inferencial.

9.1 Nivel descriptivo

En el nivel descriptivo se presentan las características de los resultados de la medición de las variables de investigación: diámetro vesículo-gestacional y diámetro biparietal fetal según la edad gestacional de las hembras.

Tabla 3.

Edad gestacional (días) y diámetro vesículo-gestacional (cm) de 16 hembras raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria Lima-Perú.

Días de edad gestacional	18	20	22	24	26	28	31
N	6	7	6	16	9	10	14
X (cm)	1,23	1,18	1,28	1,53	1,63	1,83	2,11
S (cm)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07

DS (cm)	0,12	0,10	0,09	0,13	0,18	0,22	0,26
CV (%)	0,10	0,09	0,07	0,09	0,11	0,12	0,12

*En el día 18 hubo una medición sesgada en el promedio del diámetro vesículo-gestacional, cuyo valor no es significativo no alterando el procedimiento estadístico.

Siglas: N (cantidad de animales), X (media aritmética), S (varianza), DS (desviación estándar), CV (coeficiente de variación).

La tabla 3 muestra una correspondencia positiva creciente y progresiva de los promedios del diámetro vesículo-gestacional según la edad gestacional. Los resultados de la varianza y desviación estándar reflejan la homogeneidad de la muestra, lo cual es confirmado por los coeficientes de variación, que son menores al 30% confirmando que la media aritmética es representativa del conjunto de datos.

Las mediciones se llevaron a cabo hasta el día 31 de gestación ya que después la morfología era irregular, lo que impedía una correcta medición de las vesículas gestacionales.

Tabla 4.

Edad gestacional (días) y diámetro biparietal fetal (cm) de 16 hembras raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria Lima-Perú.

Días de edad gestacional	31	38	45	52	59	66
N	12	13	12	13	11	9
X (cm)	0,90	1,24	1,55	1,83	2,04	2,22
S (cm)	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02

DS (cm)	0,10	0,06	0,10	0,07	0,08	0,14
CV (%)	0,11	0,05	0,07	0,04	0,04	0,06

Siglas: N (cantidad de animales), X (media aritmética), S (varianza), DS (desviación estándar), CV (coeficiente de variación).

La tabla 4 muestra una correspondencia positiva creciente y progresiva de las medidas del diámetro biparietal fetal según la edad gestacional. Los resultados de la varianza y desviación estándar reflejan la homogeneidad de la muestra, lo cual es confirmado por los coeficientes de variación, que son menores al 30% indicando que la media aritmética es representativa del conjunto de datos.

9.2 Nivel inferencial

Se utilizó la prueba de Shapiro Wilk para contrastar la normalidad del conjunto de datos teniendo como resultado una distribución normal en el diámetro vesículo gestacional ($p = 0,226$) y el diámetro biparietal fetal ($p = 0,726$) según la edad gestacional. Estos resultados indican la aplicación de una prueba paramétrica para la contrastación de la hipótesis de investigación.

9.2.1 Coeficiente de correlación de Pearson.

Las hipótesis consideradas en el análisis fueron:

- Hipótesis nula (Ho): No existe una relación significativa y positiva entre la edad gestacional con los diámetros vesículo-gestacional y biparietal fetal en cuyes raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Hipótesis de investigación (Hi): Existe una relación significativa y positiva entre la edad gestacional con los diámetros vesículo-gestacional y biparietal fetal en cuyes raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria.

Tabla 5.

Relación entre la edad gestacional (días) con el diámetro vesículo-gestacional (cm) y biparietal fetal (cm) en cuyes raza Perú

Edad gestacional		
Diámetro vesículo-gestacional	Coeficiente de correlación r de Pearson	0,97
	Significancia (bilateral)	,000
Diámetro biparietal fetal	Coeficiente de correlación r de Pearson	0,99
	Significancia (bilateral)	,000

La correlación entre la edad gestacional con el diámetro vesículo-gestacional ($r = 0,97$) y biparietal fetal ($r = 0,99$) resultó positiva, muy fuerte. Se encontró un valor de significancia de $p = 0,000 < 0,05$ por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación.

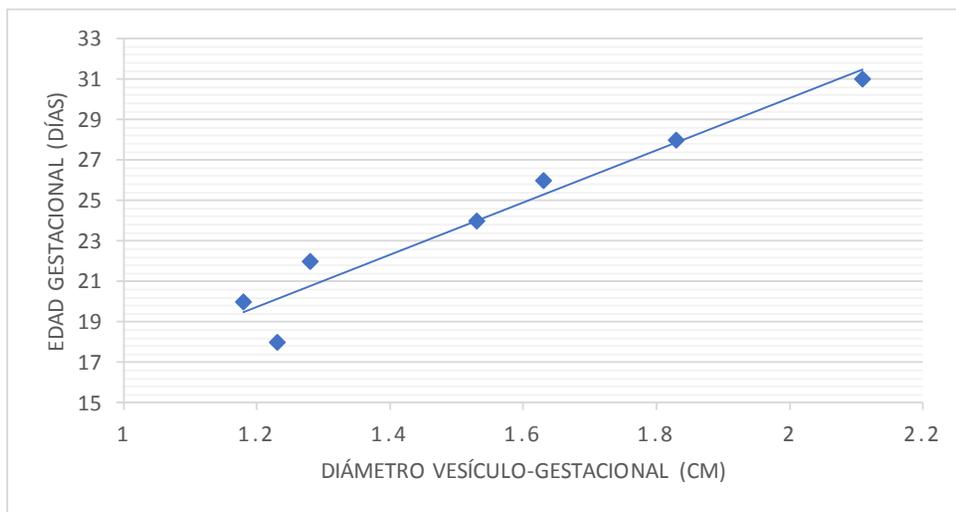
9.2.2 Regresión lineal

Se consideró la aplicación de una segunda prueba paramétrica (Regresión lineal) para la elaboración de una ecuación de predicción de la edad gestacional según los diámetros obtenidos

de la vesícula gestacional y del diámetro biparietal fetal. Esta prueba se encuentra vinculada con el coeficiente de correlación de Pearson y sirve para predecir el valor de una variable según la puntuación de la otra (Hernández y Mendoza, 2018). Según Amat (2016) el modelo de la regresión lineal puede variar dependiendo de qué variable consideremos como dependiente, pero esto no significa que haya una relación causa-efecto.

Figura 1.

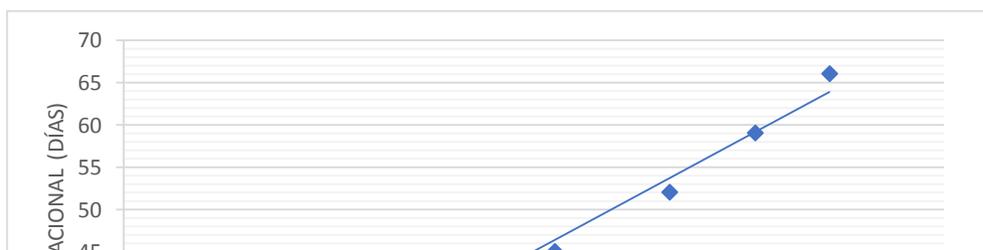
Diagrama de dispersión de la edad gestacional con diámetro vesículo-gestacional de 16 hembras raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria Lima-Perú.



En base a la línea de regresión se calculó la ecuación de predicción para determinar la edad gestacional de las hembras según las mediciones del diámetro vesículo-gestacional ($y = 12,877 x + 4,2946$), se obtuvo un coeficiente de determinación de 0,94 lo cual expresa confiabilidad.

Figura 2.

Diagrama de dispersión de la edad gestacional con el diámetro biparietal fetal de 16 hembras raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria Lima-Perú.



En base a la línea de regresión se calculó la ecuación de predicción para determinar la edad gestacional de las hembras según las mediciones del diámetro biparietal fetal ($y = 26,034 x + 6,0646$), se obtuvo un coeficiente de determinación de 0,98 lo cual expresa confiabilidad.

X. DISCUSIÓN

Las vesículas gestacionales como parámetro de medición con relación a la edad gestacional no han sido estudiadas a profundidad en cuyes; sin embargo, Tupiza (2017) brinda datos sobre las

medidas de tendencia central y dispersión de estas estructuras sin especificar el día en el cual se realizaron dichas mediciones señalando un valor promedio de 1,78 cm y un coeficiente de variación de 12% en una muestra total de 22 cuyes. En el presente estudio se realizaron las mediciones interdiarias de las vesículas gestacionales iniciando a partir del día 18 después del empadre y se obtuvo un valor promedio de 1,23 cm con un coeficiente de variación de 10% en un total de 6 cuyes. Todos los coeficientes de variación de los promedios del diámetro vesículo-gestacional conforme avanzó la gestación de la hembra hasta el día 31 han sido menores del 30% demostrando homogeneidad en la muestra.

Los diámetros biparietales al igual que los diámetros vesículo gestacionales son buenos parámetros para determinar la edad gestacional, pero en una gestación avanzada. En el estudio realizado por Turner y Trudinger (2000), identificaron los huesos parietales a partir del día 22 de gestación haciendo posible la medición de los diámetros biparietales; Tupiza (2017) identificó este parámetro en el día 35 y Santos et al. (2014) lo identificaron en el día 30; este último resultado fue el que más cerca estuvo con el presente estudio de investigación, en el cual se identificó el diámetro biparietal a partir del día 31 de gestación. Este parámetro fue medido una vez por semana para evitar cuadros de estrés en las hembras y como consecuencia abortos. Santos et al. (2014) fueron quienes obtuvieron los mayores promedios del diámetro biparietal durante el transcurso de la gestación llegando a tener 3,4 cm en el día 65 de gestación. En el presente estudio el diámetro biparietal obtuvo una media de 2,22 cm en el día 66 de gestación, resultado parecido lo obtuvo Tupiza (2017) con 2,14 cm en el día 67. La diferencia entre los resultados se debe al uso de diferentes materiales genéticos de los cuales no se tiene información sobre sus parámetros reproductivos.

A partir de los hallazgos encontrados se aceptó la hipótesis general donde se establece que existe una relación significativa y positiva entre la edad gestacional con los diámetros vesículo-gestacional y biparietal fetal en cuyes raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria. Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Turner y Trudinger (2000), quienes señalan que hay una correlación significativa entre la edad gestacional y el diámetro biparietal ($r=0,95$). Asimismo, Santos et al. (2014) refieren que el diámetro biparietal es un mejor indicativo para determinar la edad gestacional de las hembras. Ello es acorde con lo que en este estudio se halla, obteniendo un coeficiente de correlación de 0,99.

Con los resultados de los diámetros vesículo gestacional y biparietal fetal según la edad gestacional de las hembras es posible realizar fórmulas de predicción. Turner y Trudinger (2000) establecieron una fórmula para hallar el diámetro biparietal según la edad gestacional; sin embargo, la utilidad de esta fórmula es un poco más compleja; como alternativa en el presente estudio se establecieron dos fórmulas para determinar la edad gestacional de las hembras basándose en el modelo de regresión lineal utilizado por Beck et al. (1990), hallando la pendiente e intersección de las variables, para dicha fórmula no es necesario saber con exactitud la fecha de empadre, sólo las medidas del diámetro vesículo gestacional o del diámetro biparietal dependiendo si es una gestación temprana o una más avanzada. Las fórmulas de predicción se obtuvieron a partir de los gráficos de dispersión, la fórmula del diámetro vesículo gestacional alcanzó un coeficiente de determinación (r^2) de 0,94 y la fórmula del diámetro biparietal fetal alcanzó un coeficiente de determinación (r^2) de 0,98, lo cual expresa un ajuste a la realidad y por lo tanto la confiabilidad.

XI. CONCLUSIONES

- Existe una relación significativa y positiva entre la edad gestacional con los diámetros vesículo-gestacional y biparietal fetal en cuyes raza Perú.
- Se diagnosticó preñez temprana a partir del día 18 después del empadre con la aparición de las vesículas gestacionales.
- La osificación craneal se observó a partir del día 31 de gestación.
- La baja dispersión de los resultados de los diámetros vesículo-gestacional y biparietal fetal según la edad gestacional indican la homogeneidad de la muestra.

XII. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio comparativo de la raza Perú con diferentes tamaños de camada.
- Realizar un estudio comparativo de los resultados obtenidos en la raza Perú con hembras de otras razas o línea procedentes del Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Estudiar las frecuencias cardiacas fetales en diferentes etapas de la gestación y determinar los valores normales.

XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A. (2016). Influencia de las espículas peneanas del cobayo sobre el comportamiento sexual, valoración espermática y fertilidad del macho (Tesis de maestría). Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Austin, C. y Short, R. (1982). *Reproduction in Mammals: Volume 2, Embryonic and Fetal Development*. Michigan, Estados Unidos: Cambridge University Press.
- Amat, J. (2016). Correlación lineal y regresión lineal simple. Recuperado de https://www.cienciadedatos.net/documentos/24_correlacion_y_regresion_lineal#
- Aranibar, E. y Echevarría, L. (2014). Número de ovulaciones por ciclo estrual en cuyes (*Cavia porcellus*) Andina y Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25 (1), 29-36.
- Beck, K., Baldwin, C y Bosu, W. (1990). Ultrasound prediction of parturition in Queens. *Veterinary Radiology*, 31(1), 32-35. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1990.tb00069.x>
- Bustios, C. (2017). Suplementación de B-caroteno en dietas balanceadas con exclusión de forraje para cuyes (*Cavia porcellus*) hembras en etapa de reproducción (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Castro, M. (2003). El proyecto de investigación y su esquema de elaboración. Caracas: Uypal.
- Chauca, L. (1992). Empadre post parto y post destete en cuyes. Turrialba, (42), p.32-36.
- Chauca, L. (2011). Cuyes *Cavia porcellus* raza Perú. Expediente técnico II (INIA).

Chauca, L. (2018). Manual técnico crianza de cuyes. Lima, Perú (INIA).

Chauca, L., Muscari, J. y Higaonna, R. (2005). Sub proyecto: Generación de Líneas Mejoradas de Cuyes del Alta Productividad INIA-INCAGRO. Recuperado de <https://bit.ly/395Z2w3>

England, G., Edward, W. y Porter, D. (1990). Studies on canine pregnancy using B-mode ultrasound: Development of the conceptus and determination of gestational age. *Journal of Small Animal Practice*, 31(7), 324-329. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1990.tb00821.x>

García, G. y Torres, J. (2016). *Manual de ecografía clínica*. Recuperado de <http://www.untumbes.edu.pe/bmedicina/libros/Libros%20de%20Ecograf%C3%ADa/libro100.pdf>

García, J. y Gil, F. (2013). Embriología veterinaria. Un enfoque dinámico del desarrollo animal. Buenos aires, Argentina: Intermédica.

Giraldo, C. (2003). Principios básicos de ultrasonografía veterinaria. *Revista MZV Córdoba*, 8(2), 303-309.

Grégoire, A., Allard, A., Huamán, E., León, S., Silva, R. y Alvarado, E. (2012). Control del ciclo estral en el cuy (*Cavia porcellus*). *Spermova*, 2(1), p. 59-60.

Hernández, P.J.E., Fernández, R.F., Cabrera, A.L. y Rodríguez, M.S. (2009). Evaluación por ultrasonido del crecimiento de la vesícula embrionaria en yeguas criollas de México. *Revista de Salud Animal*, (31), p.46-49.

- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México, México: McGraw-Hill.
- Huamán, M., Chauca, L., Muscari, J., Bernaola, F. y Killerby, M. (2019). Productividad de cuyes *Cavia porcellus* Raza Perú por efecto de la edad de empadre. En R. Robles (Presidencia), Asociación Peruana de Producción Animal. Conferencia llevada a cabo en la XLII Reunión científica anual de la Asociación Peruana de Producción Animal, Tingo María, Perú.
- Illanes, G., Espinoza, C. y Escárate, P. (2015). Caracterización de estadios del desarrollo embrio fetal, vesícula coriónica y de placenta en la gata doméstica (*Felis catus*) mediante método ecográfico. *International Journal of Morphology*, 33(1), 178-186.
- Inaba, T. y Mori, J. (1986). Use of echography in guinea pigs for pregnancy diagnosis. *The Japanese Journal of Veterinary Science*, 48(3), 615-618. doi: <https://doi.org/10.1292/jvms1939.48.615>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2005). Cuy raza Andina. Recuperado de <https://bit.ly/3huNBm8>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2008-2019). Investigaciones en cuyes.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2011). Cuy raza Perú. Recuperado de <https://bit.ly/2XsYY7n>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2013). Expediente de validación técnica y económica, nueva raza de cuyes “Inti”. Lima, Perú. 60p.

- Ishii, O. (1920). Observations on the sexual cycle of the guinea pig. *The Biological Bulletin*, 38(4), 237-250. doi: 10.2307/1536328.
- Jara, M., Valencia, R., Chauca, L. y Torres, L. (2018). Contribución al estudio anatómico e histológico del ciego del cuy (*Cavia porcellus*) raza Perú. *Salud y tecnología Veterinaria* 6(2), 100-114.
- Kaufmann, P. y Davidoff, M. (1977). *The guinea-pig placenta*. doi: 10.1007/978-3-642-66618-6
- Kühnel, W. y Mendoza, A. (1992). Scanning Electron Microscope Investigations on the Vaginal Epithelium of the Guinea Pig during the Estrous Cycle. *Archives of Histology and Cytology*, 55(Suppl). 205-210. doi: 10.1679/aohc.55.suppl_205
- Loeber, B.S., Stanley, J., Goldberg, M.D., Mary, J., Hendrix, PH.D., David, J. y Sahn, M.D. (1983). Dynamic mammalian cardiogenesis investigated by high-resolution ultrasound in guinea pigs. *Laboratory investigation embryology*, 68(4), 841-845. doi: 10.1161/01.cir.68.4.841
- Mills, P. y Reed, M. (1971). The onset of first oestrus in the guinea-pig and the effects of the gonadotrophines and oestradiol in the immature animal. *Journal of endocrinology*, 50(2), 329-337. doi: 10.1677/joe.0.0500329
- Paredes, M., Jiménez, C. y Hernández, A. (2012). Progesterona plasmática y algunas características uterinas y embrionarias en la gestación temprana de yeguas criollas colombianas. *Revista de Medicina Veterinaria*, (24), p. 123-136.

- Penninck, D y Anjou, M. (2017). *Atlas de ecografía en pequeños animales*. (2°ed.). Barcelona, España: Multimédica Ediciones Veterinarias.
- Sadeu, J.C., Adriaens, I., Cortvrindt, R y Smitz, J. (2007). Study of folliculogenesis in vivo in guinea pig. *Theriogenology*, 68(9), 1228-1239. doi: 10.1016/j.theriogenology.2007
- Sánchez, A. y Arias, F. (2017). Biología gestacional y predicción del parto en la perra. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 28(4), 771-783.
- Santos, J., Fonseca, E., Melis, J. y Miglino, M. (2014). Morphometric Analysis of Fetal Development of *Cavia Porcellus* (Linnaeus, 1758) by Ultrasonography- Pilot study. *Theriogenology*, 81(7), 896-900. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014
- Tello, M. (2017). Análisis productivo, índice de conversión y mortalidad en cuyes durante la gestación y pre-destete manejados en pozas y jaulas (Tesis de pregrado). Universidad politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Tupiza, J. (2017). Diagnóstico ecográfico de gestación en cobayas (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Ecuador.
- Turner, A. y Trudinger, B. (2000). Ultrasound Measurement of Biparietal Diameter and Umbilical Artery Blood Flow in the Normal Fetal Guinea Pig. *Comparative medicine*, 50(4), 379-384.
- Williams, S., Piñeyro, P. y Sota, RL. (2001). Ultrasonografía reproductiva en producción porcina. *Analecta Veterinaria*, 21(1), 50-56.
- Yeager, A., Mohammed, H., Meyers, V., Vannerson, L. y Concannon, P. (1992). Ultrasonographic appearance of the uterus, placenta, fetus, and fetal membranes

throughout accurately timed pregnancy in beagles. *American Journal of Veterinary Research*, 53 (3), 342-351.

Ypsilantis, P., Deftereos, S., Prassopoulos, P. y Simopoulos, C. (2009). Ultrasonographic diagnosis of pregnancy in rats. *Asociación Americana de ciencia de animales de laboratorio*, 48(6), 734-739.

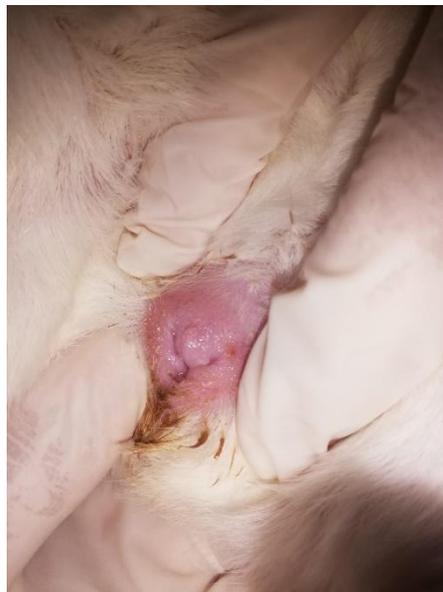
Zaldívar, N. (1986). Estudio de la edad de empadre de cuyes hembras (*Cavia porcellus*) y su efecto sobre el tamaño y peso de camada (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

XIV. ANEXOS

ANEXO A. Administración vía oral de Altrenogest a las hembras raza Perú en el Instituto Nacional de Innovación Agraria.



ANEXO B. Apertura de la membrana vaginal para observar el inicio del ciclo estral.



ANEXO C. Empadre de las hembras raza Perú con machos Perú.



ANEXO D. Instrumento de medición: Ecógrafo Mindray DP10 vet con transductor microconvexo con frecuencia de 6,5 MHz.



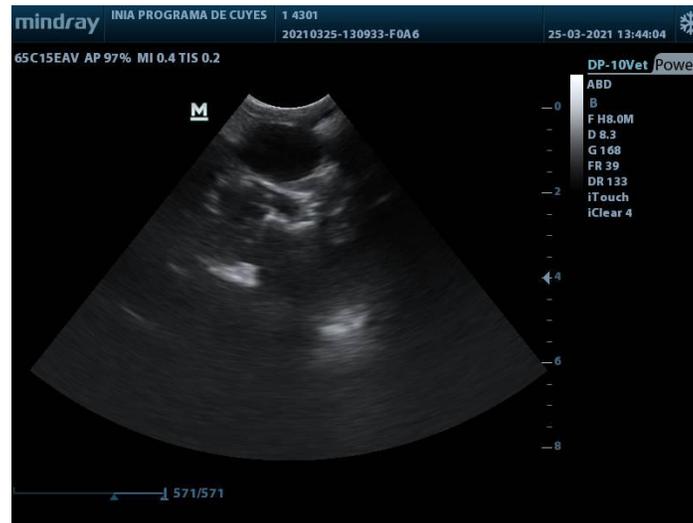
ANEXO E. Rasurado de las hembras raza Perú 14 días de gestación.



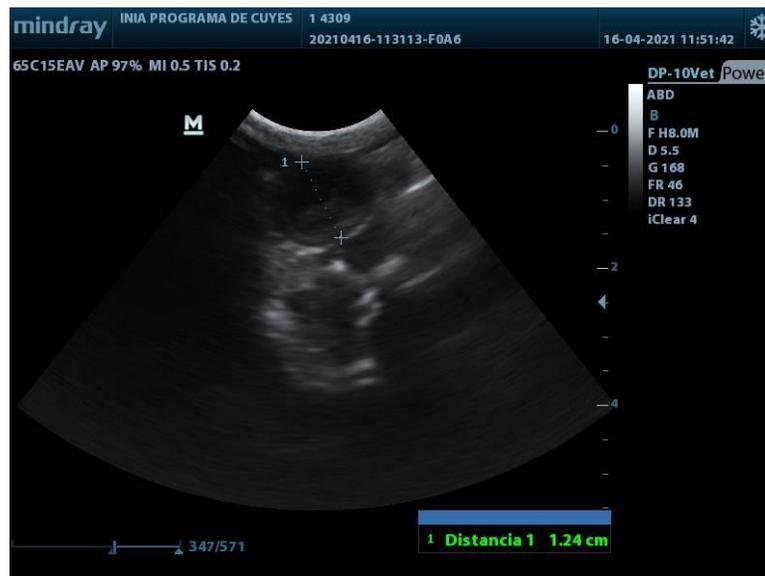
ANEXO F. Aplicación de la técnica ecográfica.



ANEXO G. Órgano de referencia: vejiga.



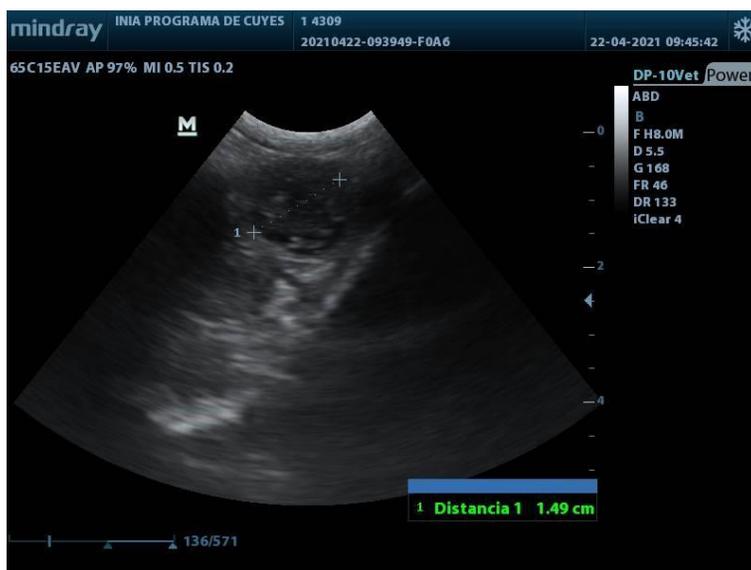
ANEXO H. Ecografía del día 18 de gestación: Diámetro de la vesícula gestacional.



ANEXO I. Ecografía del día 22 de gestación: Diámetro de la vesícula gestacional.



ANEXO J. Ecografía del día 24 de gestación: Diámetro de la vesícula gestacional.



ANEXO K. Ecografía del día 28 de gestación: Diámetro de la vesícula gestacional.



ANEXO L. Ecografía del día 31 de gestación: Diámetro vesículo-gestacional.



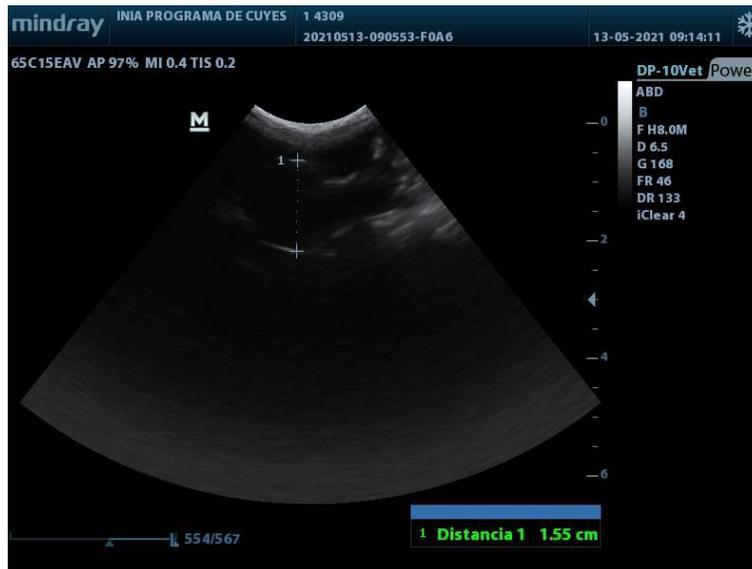
ANEXO M. Ecografía del día 31 de gestación: Diámetro biparietal.



ANEXO N. Ecografía del día 38 de gestación: Diámetro biparietal.



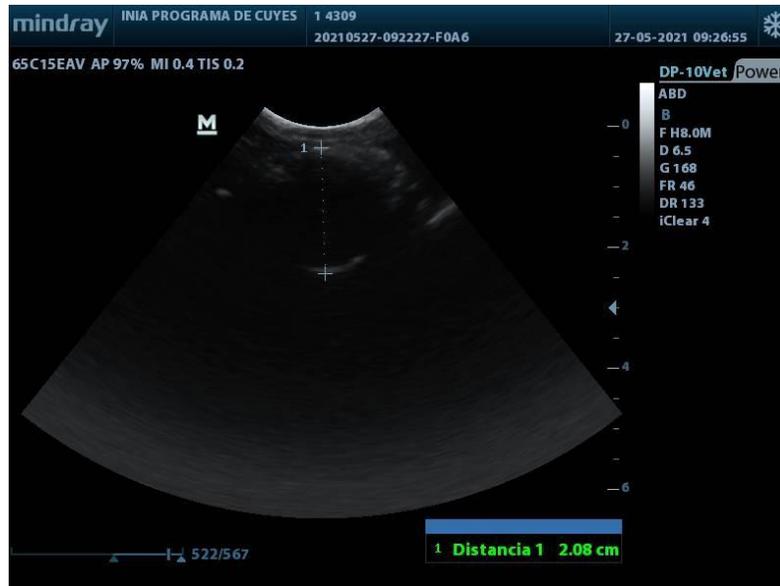
ANEXO O. Ecografía del día 45 de gestación: Diámetro biparietal.



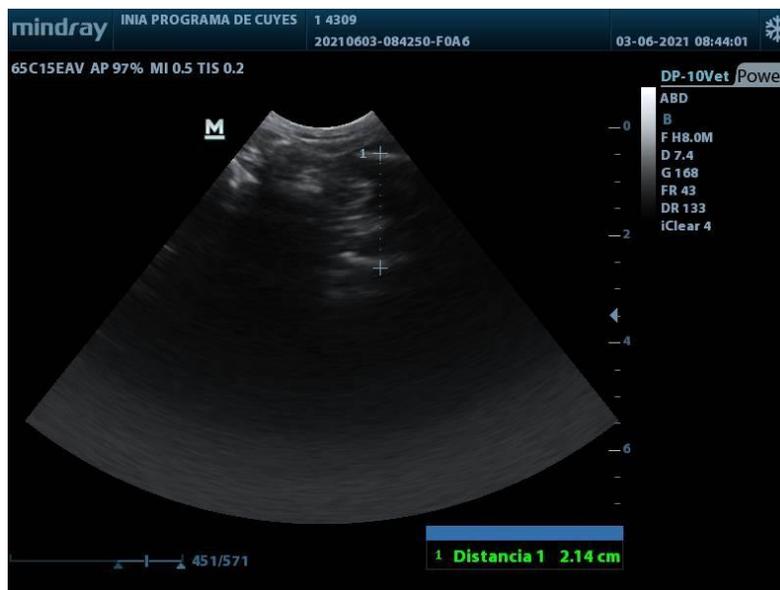
ANEXO P. Ecografía del día 52 de gestación: Diámetro biparietal.



ANEXO Q. Ecografía del día 59 de gestación: Diámetro biparietal.



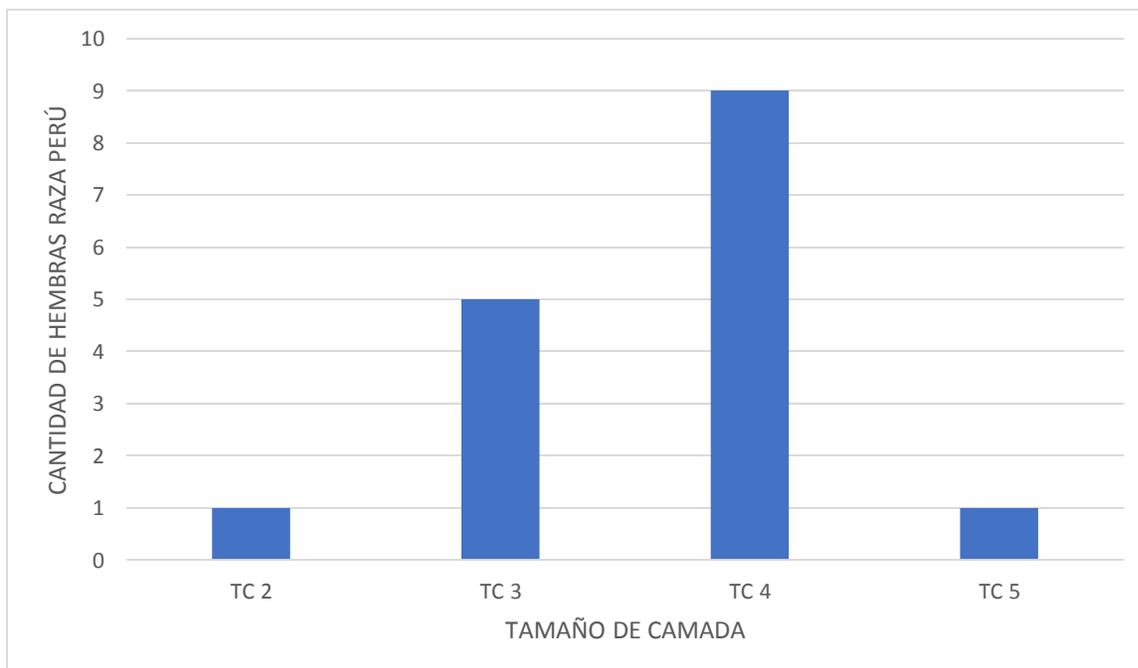
ANEXO R. Ecografía del día 66 de gestación: Diámetro biparietal.



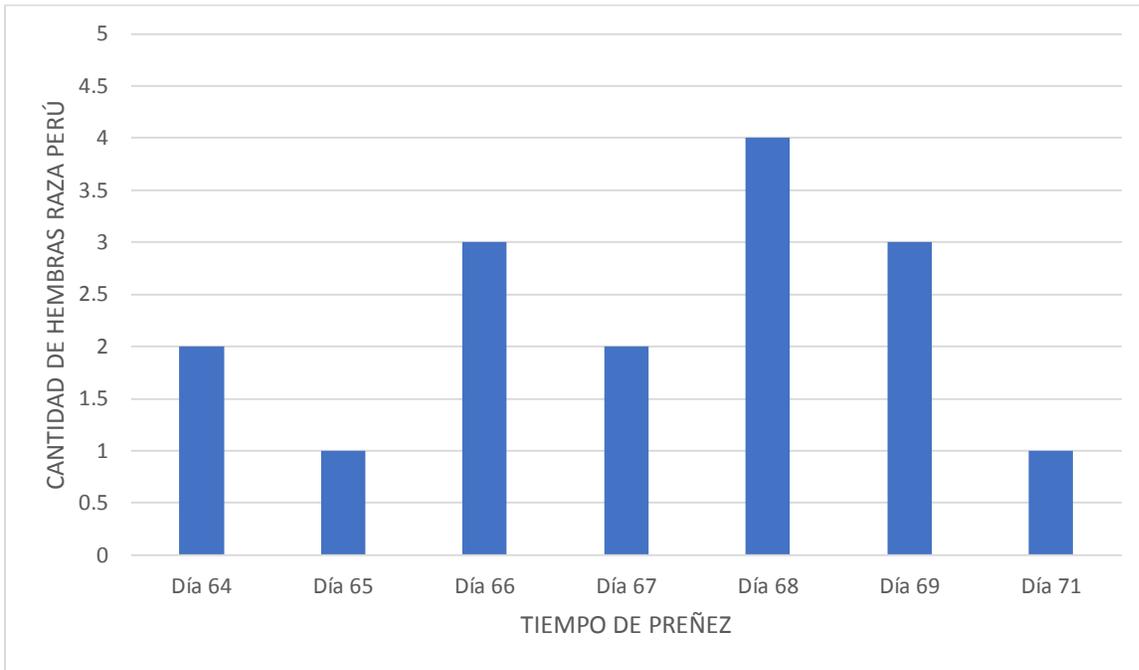
ANEXO S. Parto de la hembra raza Perú



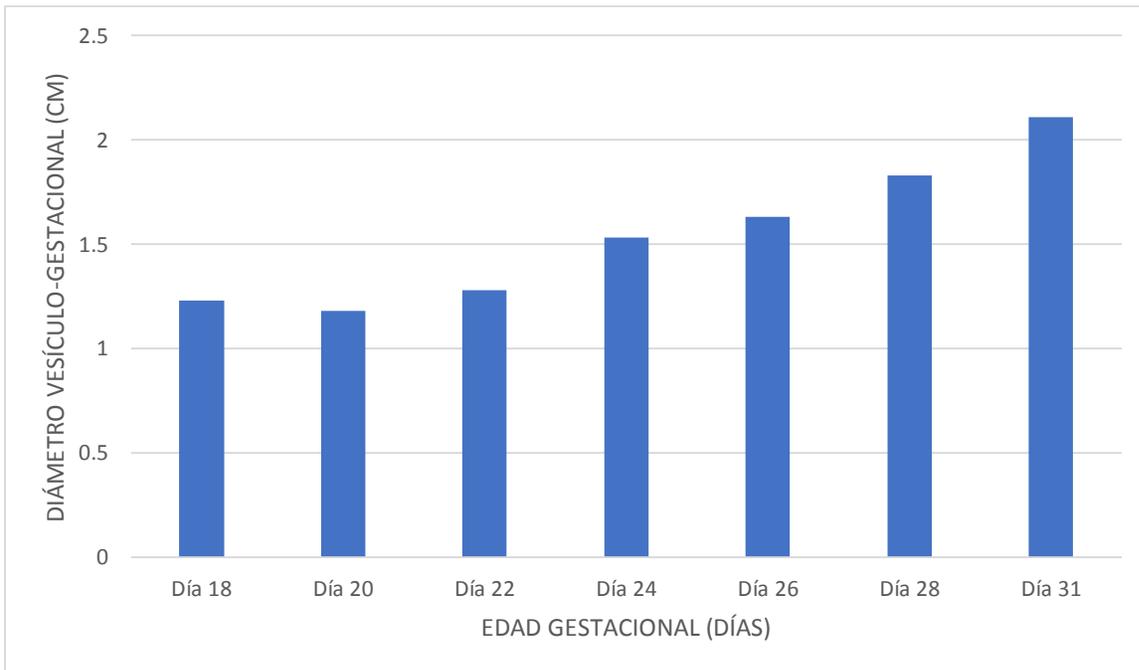
ANEXO T. Tamaños de camada obtenidos de las hembras raza Perú.



ANEXO U. Duración de la preñez de las hembras raza Perú.



ANEXO V. Resultado de las mediciones del diámetro vesículo-gestacional según la edad gestacional de las hembras raza Perú.



ANEXO W. Resultado de las mediciones del diámetro biparietal fetal según la edad gestacional de las hembras raza Perú.

