

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO
NATURAL

INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL



***RELACIÓN ENTRE LA TASA DE
OVULACIÓN Y LA
SUPERVIVENCIA PRENATAL A
LOS 25 DÍAS DE GESTACIÓN EN
CONEJO***

TRABAJO FINAL DE CARRERA

ALUMNO:

ISIDRO ROMERO ORTIZ

DIRECTOR ACADÉMICO:

M^a ANTONIA SANTACREU JEREZ

CODIRECTOR ACADÉMICO:

ROSA MARÍA PEIRÓ BARBER

VALENCIA, JULIO DE 2016

Relación entre la tasa de ovulación y la supervivencia prenatal a los 25 días de gestación en conejo.

ABSTRACT: The issue in this work is study the effect of the high ovulation rate in the fetal development and the preborn-survival in 25 days gestation in rabbits. It has been used two female groups, the first one processed females (T), and no processed females (NT). The first one, the processed female group, were intramuscularly injected 50 UI of Ecg just once to increase their ovulation rate. Forty eight hours after the treatment, all the females were taken to the natural fertilization. After twenty five gestation days, the females were sacrificed and we wrote down how many fetuses were still alive and how many had death. As well as that, we weighed the fetuses and their placentas in other to study the fetal development in both experimental groups.

RESUMEN: En este trabajo el objetivo es estudiar el efecto de la alta tasa de ovulación en el desarrollo fetal y la supervivencia prenatal a los 25 días de gestación en conejos. Se han estudiado dos grupos de hembras, hembras tratadas (T) y hembras no tratadas (NT). Al grupo de hembras tratadas se les inyectó 50 UI de eCG vía intramuscular en una dosis única para aumentar su tasa de ovulación. Cuarenta y ocho horas después del tratamiento todas las hembras fueron llevadas a la monta de forma natural. Tras 25 días de gestación las hembras fueron sacrificadas y se recogieron los datos de número de fetos vivos y muertos y se pesaron los fetos y sus placentas para estudiar el desarrollo fetal en ambos grupos experimentales.

Key Words: Ovulation, gestation, fetal development, fetus, placenta, uterus, rabbits

Palabras clave: Ovulación, Gestación, Desarrollo fetal, feto, placenta, útero, conejos

D. Isidro Romero Ortiz,

Prof. Dña. M^a Antonia Santacreu Jerez

Dña. Rosa María Peiró Barber

Valencia, Julio de 2016

Índice

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	ESTADÍSTICAS DEL SECTOR CUNÍCOLA	1
1.2	ORGANIZACIÓN DEL SECTOR, MEJORA GENÉTICA	3
1.3	ALTERNATIVAS A LA SELECCIÓN POR TAMAÑO DE CAMADA	5
1.4	CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS EN CONEJA	6
1.4.1	<i>Ovulación</i>	7
1.4.2	<i>Desarrollo del embrión</i>	8
1.4.3	<i>Desarrollo del feto</i>	8
1.4.4	<i>Mortalidad</i>	10
1.5	LA MEJORA DEL TAMAÑO DE CAMADA	10
1.5.1	<i>Selección para aumentar la tasa de ovulación</i>	10
1.5.2	<i>Tratamientos hormonales para aumentar la tasa de ovulación</i>	12
1.6	TASA DE OVULACIÓN Y MORTALIDAD PRENATAL	13
1.6.1	<i>Proceso de maduración del ovocito</i>	13
1.6.2	<i>Variabilidad en el desarrollo del embrión</i>	13
1.6.3	<i>Competencia por el espacio uterino y los nutrientes</i>	14
2	OBJETIVOS	15
3	MATERIAL Y METODOS	16
3.1	MATERIAL ANIMAL	16
3.2	TRATAMIENTO HORMONAL Y MANEJO	16
3.3	RECUPERACIÓN DEL TRACTO REPRODUCTIVO, FETOS Y PLACENTAS	17
3.4	CARACTERES ESTUDIADOS	19
3.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	21
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5	CONCLUSIONES	30
6	BIBLIOGRAFIA	31
7	ANEXOS	34

Índice de figuras

Figura 1.1.	Evolución histórica Principales zonas de producción de carne de conejo a nivel mundial. FAOSTAT. Ganadería primaria. (Elemento: Producción – Cantidad en toneladas. (Año 1996-2013).....	1
Figura 1.2.	Evolución de los principales países de producción de carne de conejo en Europa. Magrama. Ganadería primaria. Producción – Cantidad en miles de toneladas. (Año 1987-2014).....	2
Figura 1.3.	Producción de carne de conejo en % por CCAA en 2014 (http://www.magrama.gob.es).....	2
Figura 1.4.	Organización piramidal en producción cunícola (adaptación, Baselga y Blasco, 1989).	3
Figura 1.5.	Cruce a tres vías (Adaptación Baselga y Blasco, 1989).....	4
Figura 1.6.	Tracto en gestación a los 25 días. Ovarios, oviducto, útero bicorne, cérvix, puntos de implantación y fetos (Foto propia).....	6
Figura 1.7.	Esquema del proceso de ovulación tras el estímulo del coito (Cortell <i>et al.</i> , 2012).	7
Figura 1.8.	Feto, placenta materna y placenta fetal. A los 25 días de gestación se puede diferenciar claramente el feto y las placentas materna y fetal (Foto propia).....	9
Figura 3.1.	Organización de los ciclos de trabajo de diferentes grupos de hembras.....	16
Figura 3.2.	Feto vivo a los 25 días de gestación, su placenta fetal (pf) Y su placenta maternal (pm) (Foto propia).....	18
Figura 4.1.	Gráfico de barras con las medias de TO: tasa de ovulación; EI: número de embriones implantados; FV12: número de fetos vivos en el día 12 de la gestación; FT25: número de fetos totales en el día 25 de la gestación; FV25: número de fetos vivos en el día 25 de la gestación, para hembras Tratadas (T) y No Tratadas (NT).....	25
Figura 4.2.	Gráfico de barras con las medias de SE: supervivencia embrionaria; SF12: supervivencia fetal en el día 12 de la gestación; SF12-25: la supervivencia fetal entre los días 12-18 de la gestación; SF25: la supervivencia fetal en el día 25 de la gestación; SP12: supervivencia prenatal en el día 12 de la gestación; SP25: supervivencia prenatal en el día 25 de la gestación, para hembras Tratadas (T) y No Tratadas (NT).....	27
Figura 4.3.	Gráfico de barras con las medias de PFV: peso de los fetos vivos en el día 25 días de la gestación; PPF: peso de las placentas fetales en el día 25 de la gestación; PPF: peso de las placentas fetales en el día 25 de la gestación, para hembras Tratadas (T) y No Tratadas (NT).....	29

Índice de tablas

Tabla 1.1.	Producciones de las zonas productoras de carne de conejo (FAO, 2013).....	1
Tabla 1.2.	Sucesos más importantes observados desde el coito hasta implantación (tiempos aproximados).....	8
Tabla 1.3.	Media y heredabilidad (h^2) de la tasa de ovulación. Correlaciones fenotípicas (r_p) y genéticas (r_g) de la tasa de ovulación con el tamaño de camada. (\pm error estándar).....	11
Tabla 4.1.	Media (M), desviación estándar (DS), coeficiente de variación (CV(%)), mínimos (Mín.) y máximos (Máx.) de los caracteres estudiados en ambos grupos de hembras tratadas (T) y no tratadas (NT).....	23
Tabla 4.2.	Resultados del análisis de varianza de las diferencias entre hembras tratadas (T) y no tratadas (NT) para TO: tasa de ovulación; EI: número de embriones implantados; FV ₁₂ : número de fetos vivos en el día 12 de la gestación; FT ₂₅ : número de fetos totales en el día 25 de la gestación; FV ₂₅ : número de fetos vivos en el día 25 de la gestación.....	26
Tabla 4.3.	Resultados del análisis de varianza de las diferencias entre hembras tratadas (T) y no tratadas (NT) para SE: supervivencia embrionaria; SF ₁₂ : supervivencia fetal en el día 12 de la gestación; SF ₁₂₋₂₅ : la supervivencia fetal entre los días 12-18 de la gestación; SF ₂₅ : la supervivencia fetal en el día 25 de la gestación; SP ₁₂ : supervivencia prenatal en el día 12 de la gestación; SP ₂₅ : supervivencia prenatal en el día 25 de la gestación.....	27
Tabla 4.4.	Resultados del análisis de varianza de las diferencias entre hembras tratadas (T) y no tratadas (NT) para PFV: peso de los fetos vivos en el día 25 días de la gestación; PPF: peso de las placentas fetales en el día 25 de la gestación; PPF: peso de las placentas fetales en el día 25 de la gestación.....	29

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Estadísticas del sector cunícola

El conejo común (*Oryctolagus cuniculus*) es una especie que por su fácil manejo y reproducción ha hecho que sea una de las más explotadas tanto por su calidad de carne, como por su nivel nutritivo y de producción.

La producción de carne de conejo en el mundo en 2013 fue 1.781.618 toneladas. En los últimos años se ha producido un ligero aumento en la producción de carne de conejo, sobre todo en Asia, continente en el que más se ha incrementado la producción. En continentes como Europa, África y América ha ocurrido el hecho contrario, ya que la producción se ha mantenido constante con una ligera tendencia a la baja durante los últimos años, como puede observarse en la figura 1.1 (FAO 2015, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).

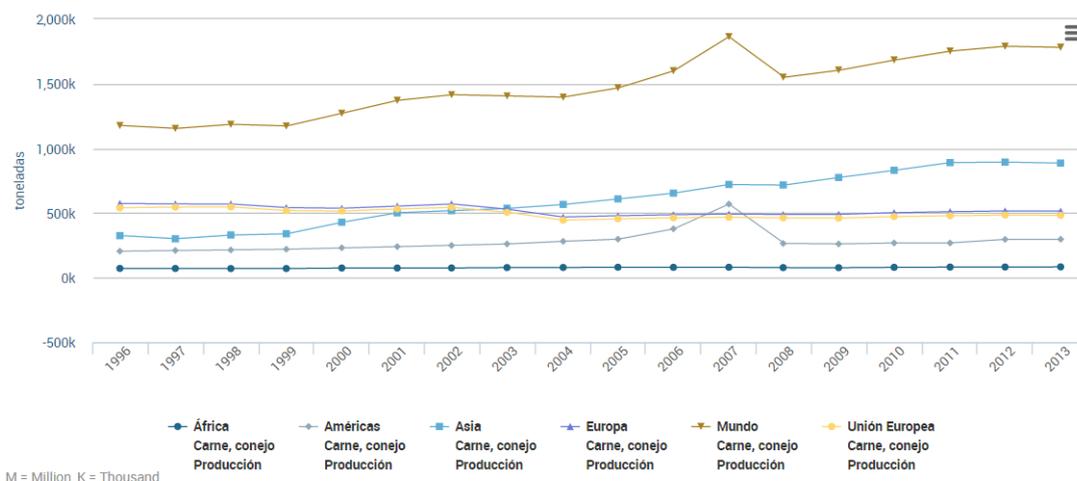


Figura 1.1. Evolución histórica. Principales zonas de producción de carne de conejo a nivel mundial. FAOSTAT. Ganadería primaria. (Elemento: Producción – Cantidad en toneladas. Año 1996-2013).

Siendo, las producciones de carne de conejo en los diferentes continentes las siguientes:

Tabla 1.1. Producciones de las zonas productoras de carne de conejo (FAO, 2013).

Zona	Producción (t)
África	83.773
Américas	296.684
Asia	886.316
Europa	514.845
Unión Europea	482.547

A continuación se observa más detalladamente la tendencia de producción en Europa, que como se comentó está a la baja, los principales países productores de carne de conejo fueron Francia (84500 t), España (64300 t) e Italia (65000 t). En estos países la producción se realiza de forma intensiva, en condiciones y ambiente controlados (MAGRAMA 2014, Figura 1.2).

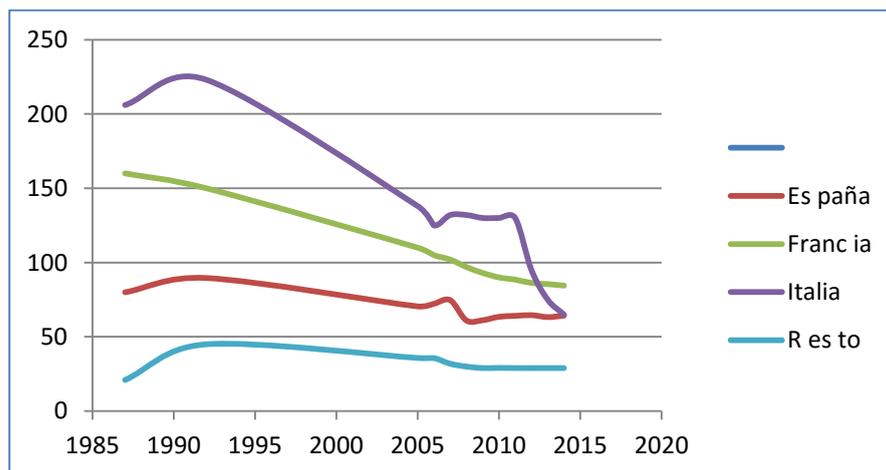


Figura 1.2. Evolución de los principales países de producción de carne de conejo en Europa. Magrama. Ganadería primaria. Producción – Cantidad en miles de toneladas. (Año 1987-2014).

España tuvo en el año 2014 una producción total de 64281 toneladas de carne de conejo (MAGRAMA 2014). La distribución por comunidades muestra que Cataluña presenta un 28% de la producción total seguida de Galicia con un 22%, Castilla y León en torno al 14%, Aragón aproximadamente un 11% y el resto de comunidades (Figura 1.3).

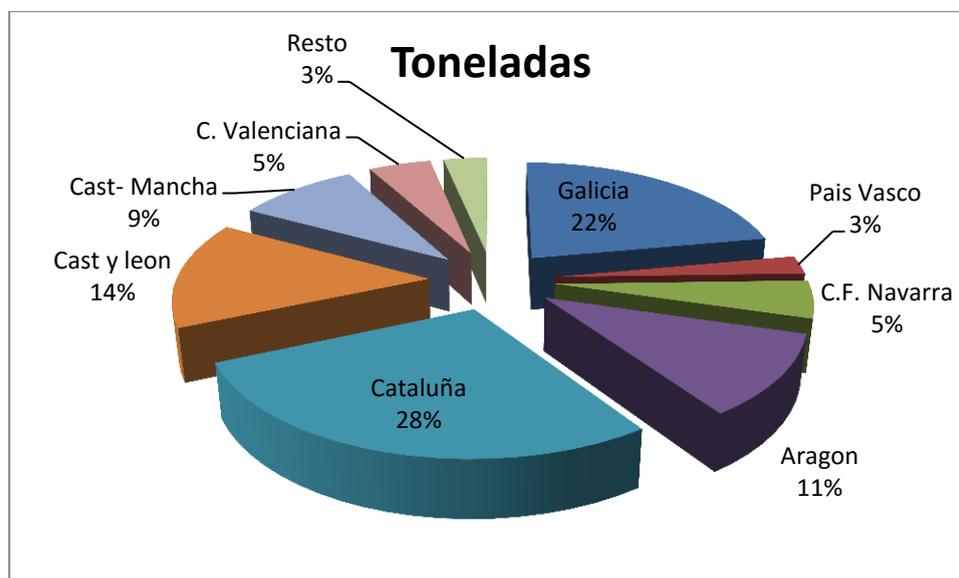


Figura 1.3. Producción de carne de conejo en % por CCAA en 2014 (<http://www.magrama.gob.es>).

1.2 Organización del sector, mejora genética

Al igual que ocurre en otras especies prolíficas de interés comercial en el conejo la organización del sector para la distribución de la mejora genética es de tipo piramidal (Figura 1.4). Para la obtención del gazapo final de producción se realiza un cruce a tres vías con distintas líneas especializadas (Figura 1.5). Primero se realiza un cruce entre dos líneas maternales (AxB) y se producen hembras cruzadas o híbridas (H). En las granjas comerciales estas hembras híbridas se montan o inseminan con machos llamados finalizadores provenientes de una línea paterna (C).

Las granjas comerciales obtienen sus ingresos económicos principalmente de la venta de animales a matadero. Con lo cual, el principal objetivo de las granjas comerciales será producir el máximo número de animales posible al menor coste. Las líneas maternales son seleccionadas para aumentar el tamaño de camada mientras que las líneas paternales son seleccionadas para reducir el índice de conversión. Puesto que medir el carácter índice de conversión es caro, para seleccionar la línea paterna se utiliza como criterio de selección la velocidad de crecimiento. La velocidad de crecimiento es más fácil de medir y está muy relacionada con el índice de conversión.

Las líneas maternales y paternales son seleccionadas en las granjas núcleo de selección. Estos núcleos de selección tienen un tamaño reducido, por lo general cuentan con unos 20-25 machos y unas 250-300 hembras Baselga (1995). Para que sea un núcleo de selección completo tendrá un mínimo de 3 líneas, dos líneas maternales que serán las encargadas de producir la hembra híbrida y una línea paterna. Estas líneas se mantienen en reproducción cerrada y son seleccionadas por métodos de selección intralíneas Baselga (2004).

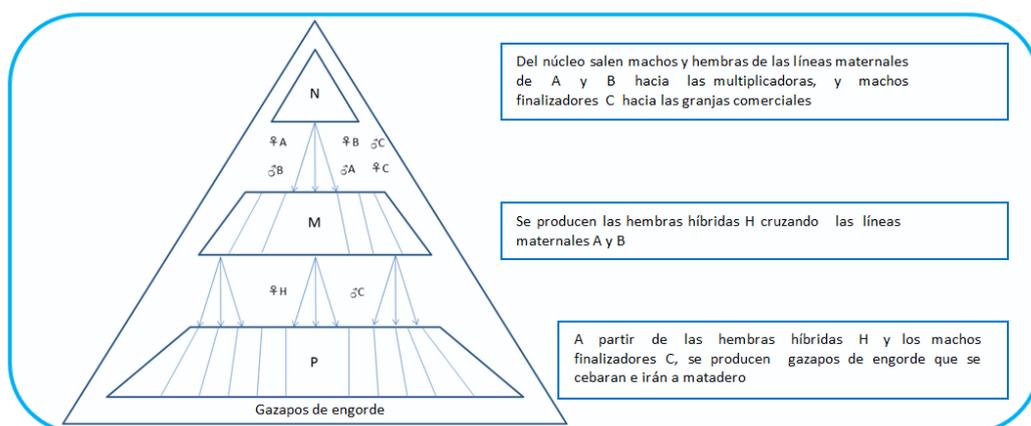


Figura 1.4. Organización piramidal en producción cunícola (adaptación, Baselga y Blasco, 1989).

Desde el núcleo de selección salen hembras de una de las líneas maternas y machos de la otra de las líneas maternas y son trasladados a las granjas multiplicadoras. En estas granjas se cruzan ambas líneas maternas y se producen las hembras híbridas. Por último los machos finalizadores provenientes de la línea paterna son vendidos del núcleo a las granjas comerciales para realizar el cruce final para producir el gazapo de cebo, lo más común en la actualidad es comprar dosis seminales.

En nuestro país, las multiplicadoras pueden ser abastecidas de machos y hembras de una de las líneas maternas provenientes de los núcleos de Selección (UPV¹, IRTA²), para formar una réplica de dicha línea y crear un “semi-núcleo” de selección propio. A partir de estos animales, los propietarios del semi-núcleo pueden continuar la selección bajo la dirección del personal del núcleo evitando problemas de sanidad entre explotaciones.

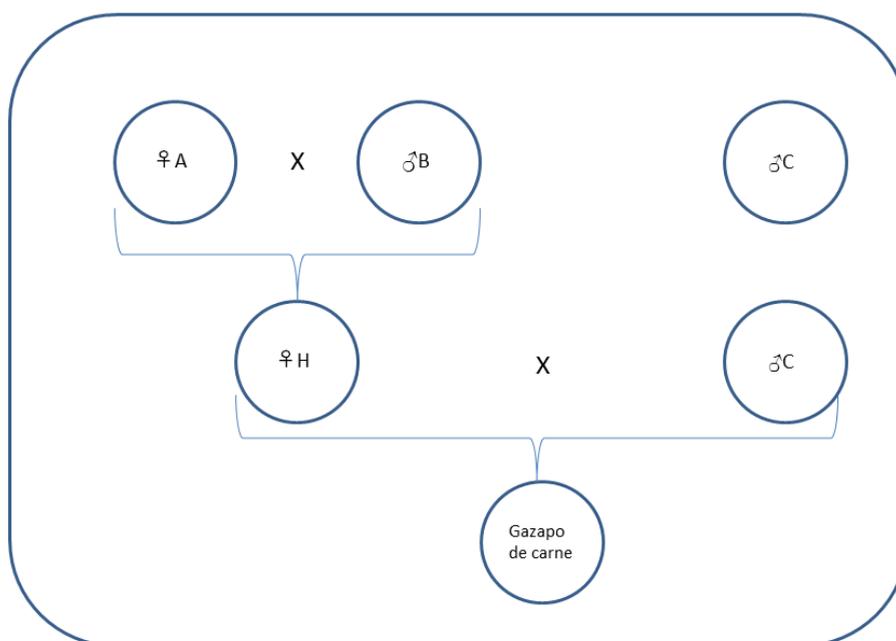


Figura 1.5. Cruce a tres vías (adaptación Baselga y Blasco, 1989).

¹ UPV: núcleos de selección genética de la Unidad de Mejora Genética Animal (Departamento de Ciencia Animal, Universidad Politécnica de Valencia).

² IRTA: Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria, empresa pública de la Generalidad de Cataluña, Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural.

1.3 Alternativas a la selección por tamaño de camada

Como ya se comentó en el punto anterior, las líneas maternas se seleccionan por tamaño de camada, esto es debido a que éste es uno de los caracteres económicos más importantes en el sector de producción de carne de conejo y por ello es objetivo de mejora en los programas de selección genética Cartuche *et al.*, (2014). El criterio más utilizado para seleccionar por tamaño de camada es el número de gazapos vivos en el momento del destete. De esta manera se valora tanto el número de gazapos que nacen vivos como la capacidad de la hembra de sacar adelante a sus crías hasta el destete. Otros criterios de selección que podían utilizarse son el tamaño de camada al nacimiento o al sacrificio Baselga y Blasco (1989).

Puesto que la eficacia de cualquier programa de selección depende en gran medida de la respuesta a la selección de ese carácter, es importante conocer la respuesta a la selección por tamaño de camada. Ésta respuesta depende entre otros parámetros, de la heredabilidad y del coeficiente de variación del tamaño de camada. Cuanto mayor heredabilidad y mayor coeficiente de variación tenga mayor respuesta se puede esperar. La heredabilidad del carácter tamaño de camada es baja, alrededor de 0.10 (revisión Mocé y Santacreu, 2010), y su coeficiente de variación alto con lo que se puede esperar una buena respuesta en los programas de selección. Sin embargo cuando se han realizado experimentos de selección directa por tamaño de camada se han obtenido repuestas bajas por generación Laborda *et al.*, (2011). Con el objetivo de ser más eficaces en la mejora del tamaño de camada se han propuesto diferentes alternativas de selección.

Una alternativa propuesta para mejorar la respuesta en el tamaño de camada ha sido seleccionar el tamaño de camada de forma indirecta mediante sus componentes. Los principales componentes del tamaño de camada son la tasa de ovulación y la supervivencia prenatal. En varios experimentos de selección por tamaño de camada se ha observado que el aumento de tamaño de camada se debe a un incremento de la tasa de ovulación en la mayoría de los casos estudiados y en otros a la mejora de ambos, tasa de ovulación y supervivencia prenatal (García y Baselga, 2002 a y b citados por Laborda *et al.* 2011). Así la selección indirecta se puede hacer mediante la selección de uno de los dos caracteres o por ambos.

En conejos se han realizado trabajos de selección por tasa de ovulación, selección por capacidad uterina (que es la supervivencia prenatal que depende de la hembra) y también selección por niveles independientes para tasa de ovulación y tamaño de camada.

En un apartado posterior se va a hablar de la selección por tasa de ovulación y las consecuencias que tiene una alta tasa de ovulación sobre la supervivencia prenatal que es el objetivo de este trabajo.

1.4 Características reproductivas en coneja

La coneja pertenece al grupo de los mamíferos dentro del reino animal, es un mamífero polítopo, con un ciclo reproductivo corto. Alcanza la pubertad en torno a las 20 semanas de vida. Tiene una alta productividad media, unos 9 nacidos vivos, dependiendo de la línea³ y la raza Laborda (2011). No tiene un ciclo estral definido, presentan ovulación inducida por coito.

El aparato reproductor consta de dos ovarios, dos oviductos y un útero bicorne. Ambos cuernos uterinos están completamente separados entre sí y de forma independiente desembocan en la vagina. En la coneja no se da el fenómeno de migración de embriones de un cuerpo uterino a otro (Figura 1.6), hecho que sí que pasa en otras especies como el cerdo.

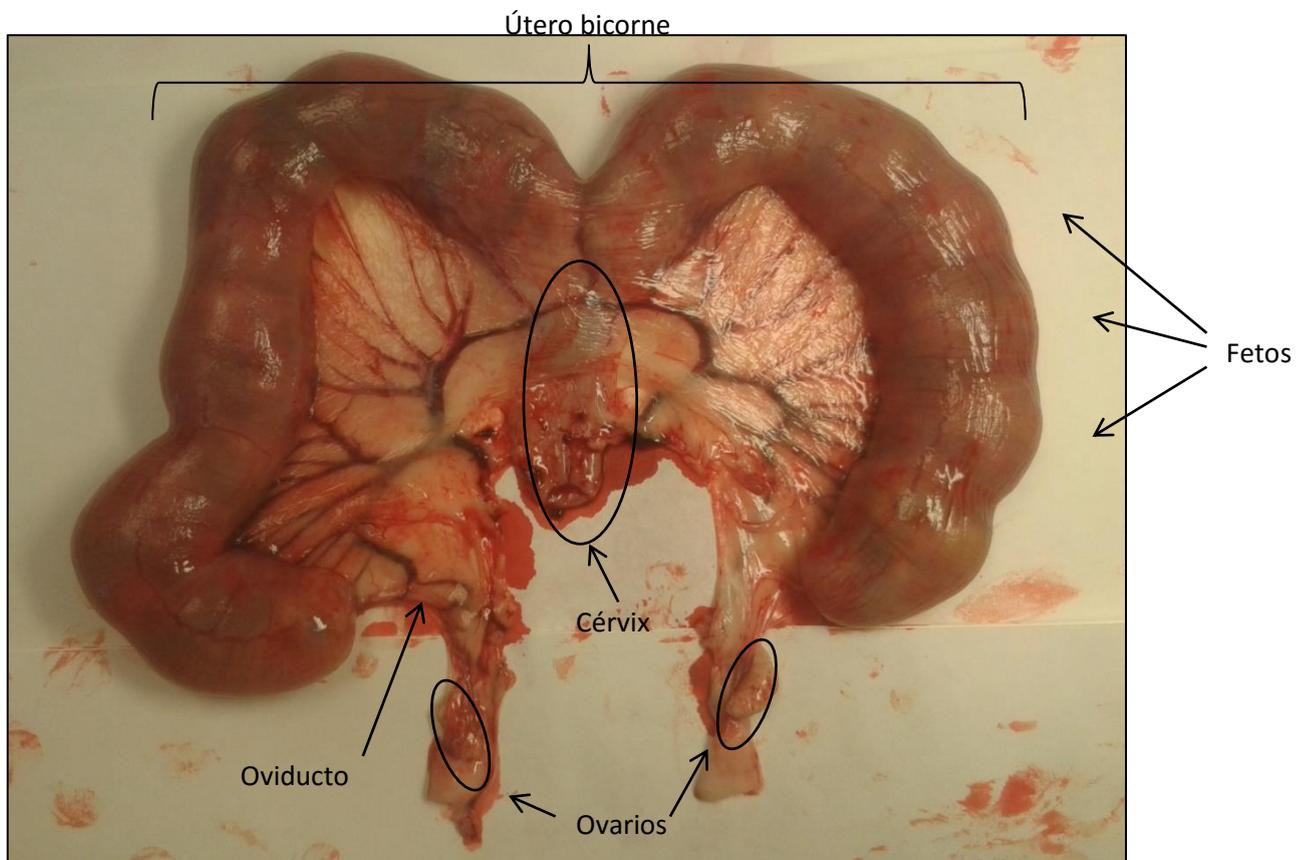


Figura 1.6. Tracto en gestación a los 25 días. Ovarios, oviducto, útero bicorne, cérvix, puntos de implantación y fetos (Foto propia).

³ Línea: Pequeño conjunto de animales cerrado reproductivamente que son sometidos a un programa de selección para un carácter productivo (Baselga y Blasco, 1989).

El periodo de gestación tiene una duración aproximada de 31 días. Una vez se ha producido el parto la coneja puede ser llevada a la monta de nuevo, comenzando así una nueva gestación que coincidirá con la lactación de los gazapos del parto anterior. Cuando las conejas se crían en explotaciones con un sistema reproductivo semi-intensivo, son montadas entre el noveno y el undécimo días post-parto, con lo cual se produce un solape de gestación y lactación. Los gazapos son destetados a los 28-35 días dependiendo de la intensificación de la explotación.

1.4.1 Ovulación

Como se comentó en el punto anterior, en la coneja se produce la ovulación en respuesta a una serie de estímulos del coito. El hipotálamo recibe estos estímulos vía aferente nerviosa y secreta la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), esta hormona actúa sobre la hipófisis y se produce la secreción de la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo-estimulante (FSH) que actuarán a nivel ovárico y provocarán la ovulación. Unas 10-12 horas después del estímulo del coito se produce la ovulación. Una vez se produce la ovulación comienzan a formarse los cuerpos lúteos a partir de cada folículo ovulado. Un esquema simplificado de la secuencia hormonal que conduce a la ovulación se presenta en la Figura 1.7 de Cortell *et al.*, (2012).

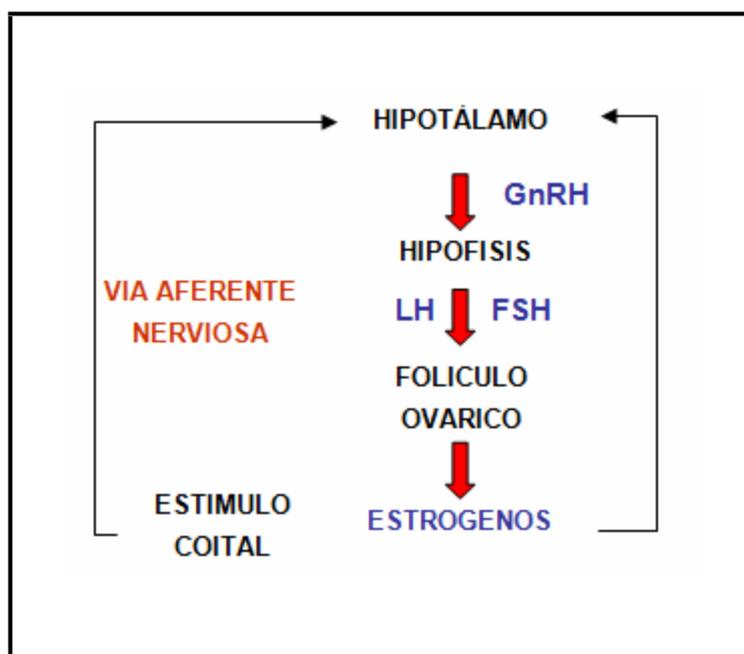


Figura 1.7. Esquema del proceso de ovulación tras el estímulo del coito Cortell *et al.*, (2012).

En las granjas europeas es una práctica cotidiana el uso de la inseminación artificial, esto conlleva el uso de tratamientos hormonales para que se produzca la ovulación, se optimicen los recursos y se maximice la capacidad productiva de las conejas.

En líneas maternas seleccionadas, la tasa de ovulación suele estar comprendida entre 13 y 16 óvulos (García y Baselga, 2002 a; Laborda, 2011).

1.4.2 Desarrollo del embrión

Tras la fecundación el cigoto empieza dividirse. La cronología de la división y desarrollo del embrión se presenta en la Tabla 1.2 establecida por Brackett *et al.*, (1972).

Tabla 1.2. Sucesos más importantes observados desde el coito hasta implantación (tiempos aproximados).

Suceso	Tiempo post-coito
Coito y liberación de GnRH (hipotálamo)	0h
Pico de LH y FSH (hipófisis)	20-120minutos
Ovulación (ovario)	10-12h
Fecundación (ámpula)	14-18h
Fragmentación: 2 células	21-28h
Fragmentación: 4 células	25-32h
Fragmentación: 8 células	30-48h
Mórula compacta (útero)	64-76h
Blastulación	75-96h
Gastrulación	120-168h
Placentación/Implantación	7d

1.4.3 Desarrollo del feto

Entorno al séptimo día de gestación se produce la adhesión al útero, momento en el cual el embrión establece una conexión física con el endometrio. Éste se agranda y forma una cámara de implantación para acomodar al embrión durante su desarrollo. El endometrio es colonizado por células trofoblásticas, rompiendo la lámina basal del endometrio e invadiendo los vasos sanguíneos maternos. El epitelio uterino sufre una proliferación celular durante el proceso temprano de la implantación. Este fenómeno va

asociado con un aumento de vascularización uterina, formándose nuevos vasos sanguíneos, al mismo tiempo que los presentes aumentan su grosor.

Una vez producida la implantación, en el tiempo comprendido entre el día 8 y el día 17 es un periodo muy crítico porque la placenta finaliza su desarrollo y la nutrición del feto comienza a estar controlada por la placenta. El primer órgano formado para que el embrión se nutra es el saco vitelino, que sirve como órgano principal de nutrición. A partir de la implantación el saco vitelino se transforma y el décimo día de gestación, empieza a degradarse al mismo tiempo que la placenta inicia su diferenciación. Entorno al día 12 de gestación la placenta estará totalmente formada.

En conejo se puede diferenciar fácilmente la placenta materna constituida por la porción coriónica y la decidua, de la placenta fetal formada por la porción alantoidea (Figura 1.8). Estas dos placentas tienen un crecimiento diferenciado, mientras que la placenta fetal aumenta de tamaño a lo largo de toda la gestación, la placenta materna se mantiene constante desde el día 12 de gestación. El útero también aumenta su tamaño y su vascularización de forma progresiva. Los trabajos realizados por Argente *et al.*, (2003), demuestran que si una unidad placentaria-fetal recibe aporte sanguíneo de un solo vaso, el feto y las placentas fetal y materna presentan menor peso que las unidades que tienen cuatro o más vasos sanguíneos, también se relaciona esta mayor vascularización con una menor probabilidad de muerte fetal.

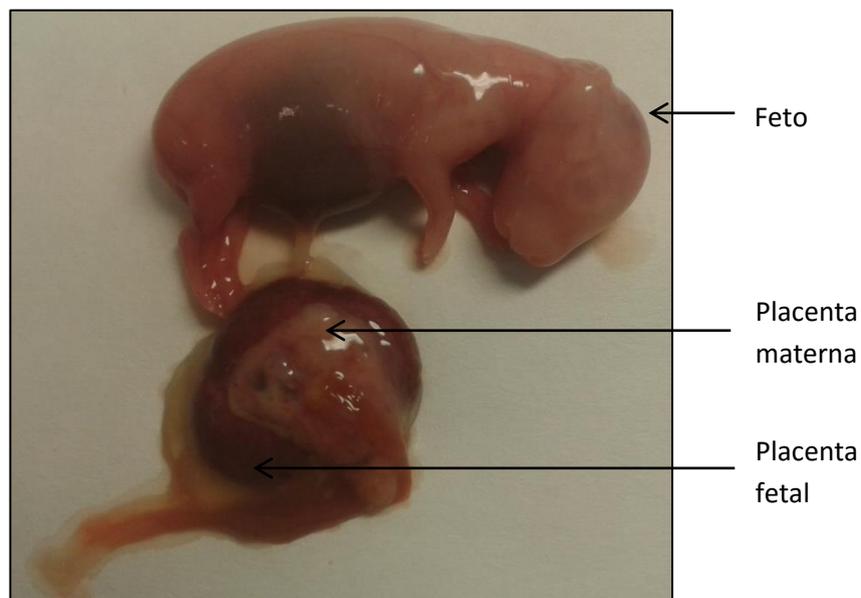


Figura 1.8. Feto, placenta materna y placenta fetal. A los 25 días de gestación se puede diferenciar claramente el feto y las placentas materna y fetal (Foto propia).

En el periodo comprendido entre los días 18 y 23 de gestación se produce la fase final de elongación del útero. El último periodo de gestación está caracterizado por un crecimiento rápido de los fetos. Sobre el día 30 de la gestación, los fetos mediante una compleja cascada de señales bioquímicas y endocrinas a respuesta del estrés provocado por el crecimiento fetal rápido y la insuficiencia de nutrientes de la placenta para proveer el metabolismo fetal, desencadenan el proceso del parto (First and Bosc, 1979, citado por Alvariño, 1993).

1.4.4 Mortalidad

En conejo la mortalidad prenatal está sobre el 30 % (Santacreu, 1992; Santacreu *et al.*, 2000). La mortalidad prenatal comprende la mortalidad que se presenta desde la ovulación hasta el final de la gestación. Esta mortalidad se divide en dos: la mortalidad embrionaria y la mortalidad fetal. En la mortalidad embrionaria se incluye la mortalidad desde la ovulación a la implantación. La mortalidad fetal es la que se produce desde la implantación hasta el parto.

La mortalidad embrionaria es alrededor del 10% al 14% Santacreu *et al.*, (2000). La mortalidad fetal es más importante y puede estar entre el 20% y el 22% Santacreu *et al.*, (2000). Durante el periodo fetal, se observaron dos picos de mortalidad. El primer pico se produce entre los días 8 y 17 de gestación y supone el 66% de la mortalidad fetal. El segundo pico se produce entre los días 17 y 23 de la gestación y supone el 27% de la mortalidad fetal. Desde el día 24 hasta el parto se observan muy pocas bajas.

1.5 La mejora del tamaño de camada

1.5.1 Selección para aumentar la tasa de ovulación

La selección por tasa de ovulación es una de las alternativas que se ha propuesto para mejorar de forma más eficiente el tamaño de camada. La respuesta va a depender, entre otros factores, de la heredabilidad de la tasa de ovulación y su correlación con el tamaño de camada. Se ha visto que las estimas de la heredabilidad para la tasa de ovulación en especies prolíficas son superiores que las estimas para el tamaño de camada, esto apoya que la selección por este carácter puede ser un buen método de selección indirecta. La estima de la heredabilidad de la tasa de ovulación está en torno a 0.18

(Laborda *et al.*, 2011; Ziadi *et al.*, 2013). La correlación genética entre ambos caracteres es el otro parámetro importante para poder predecir el éxito de la mejora del tamaño de camada por selección de la tasa de ovulación. Cuanto más relacionados estén el tamaño de camada y la tasa de ovulación (valor cercano a 1) mayor será la respuesta correlacionada en tamaño de camada. El valor estimado de la correlación es moderado pero muy poco preciso (Tabla 1.3). Hay pocas estimas de la correlación genética entre la tasa de ovulación y el tamaño de camada y los errores de estimación son elevados debido a que no se dispone de un número elevado de datos (Tabla 1.3). Para estimar la tasa de ovulación “*in vivo*” se realiza mediante la técnica de laparoscopia, esto conlleva un coste y un tiempo elevado lo que dificulta tener una gran base de datos para estimar con más precisión la correlación genética entre la tasa de ovulación y el tamaño de camada.

Tabla 1.3. Media y heredabilidad (h^2) de la tasa de ovulación. Correlaciones fenotípicas (r_p) y genéticas (r_g) de la tasa de ovulación con el tamaño de camada. (\pm error estándar).

Autores	Media	h^2	r_p	r_g
Blasco <i>et al.</i> , 1993	15,16	0,21 \pm 0,11	0,25 \pm 0,06	0,36 \pm 0,31
Argente <i>et al.</i> , 2003	14,7 \pm 0,37			
Laborda <i>et al.</i> , 2011,2012	14,4	0,16	0,09	-0,20[-0.77,0.30] ¹
Badawy <i>et al.</i> , 2013		0,22 \pm 0.14		0.49 \pm 0.15

¹HPD_{95%}: región de alta densidad posterior al 95%;

En el primer y único experimento de selección por tasa de ovulación en conejo (Laborda *et al.*, 2011, 2012^a y 2012^b) se observó que al seleccionar por tasa de ovulación se aumentaba la tasa de ovulación pero no se mejoraba el tamaño de camada. Al aumentar la tasa de ovulación se producía una disminución de la supervivencia prenatal.

Este aumento de la mortalidad prenatal sucedió tanto en el periodo embrionario como en el fetal, aunque la mayor parte de la mortalidad prenatal se explicaba por la mortalidad fetal. El momento más crítico de la gestación es el periodo que está comprendido entre los días 7° y 17° (el 66% de la mortalidad fetal). En conejos se ha asociado el desarrollo de la placenta con el crecimiento del feto y la probabilidad de morir de éste. Otro momento crítico de la gestación es el periodo comprendido entre los días 18° y 23° (supone el 27% de la mortalidad fetal) coincidiendo éste con un rápido crecimiento fetal.

1.5.2 Tratamientos hormonales para aumentar la tasa de ovulación

Actualmente en el mercado se pueden encontrar una gran variedad de hormonas tanto naturales como sintéticas para aumentar la tasa de ovulación o inducirla.

Las principales hormonas que se usan para iniciar el desarrollo folicular son la hormona folículo estimulante (FSH) y la gonadotropina coriónica equina (eCG).

La hormona folículo estimulante es una gonadotropina de origen hipofisario, sintetizada y que es secretada por los gonadotropos de la glándula pituitaria anterior. Esta hormona actúa sobre el ovario favoreciendo el desarrollo folicular. Tratamientos repetidos dan lugar a reducciones de la fertilidad drásticas (Castrovilli *et al.*, 1986, citado por Alvariño, 1993).

La eCG es una gonadotropina que se produce en las células del endometrio de las yeguas gestantes y actúa a nivel de ovario favoreciendo el desarrollo folicular. Se administra por vía intramuscular en una sola dosis. Con una dosis de 25 UI se produce la aceptación del macho sobre las 48h después del tratamiento, al aumentar la dosis provocara un mayor efecto folículo-estimulante y se dará un aumento en la tasa de ovulación. La utilización de eCG en coneja determina una respuesta inmune, puesto que se produce la síntesis de anticuerpos “*anti-eCG*” y estos neutralizan a esta hormona mediante una acción biológica. Esta respuesta inmunitaria es individual y variable.

El conjunto de los estudios que han utilizado estas hormonas para aumentar la tasa de ovulación revelan una gran variabilidad de respuesta en tasa de ovulación, posiblemente debido a múltiples factores como son por ejemplo: el tipo de hormona utilizada y su dosis, la edad de las hembras, la época del año en la que se realiza el estudio, o el origen genético de los animales Badawy *et al.*, (2016). Mehaisen *et al.*, (2005) con 50 UI de eCG (Gonaser, Hipra, S.A.) encuentran un aumento de tasa de ovulación similar al obtenido por Laborda *et al.*, en el experimento de selección por tasa de ovulación después de 10 generaciones y además los resultados parecen indicar que las hembras tratadas no presentan una mayor mortalidad embrionaria respecto a las no tratadas en una línea del mismo origen genético de nuestro estudio.

1.6 Tasa de ovulación y mortalidad prenatal

Se han propuesto diferentes causas que podrían explicar el aumento de la mortalidad del embrión y del feto en hembras con una alta tasa de ovulación. Estos factores son: aumento del número de óvulos inmaduros, aumento de la variabilidad en el desarrollo embrionario y aumento de la competencia entre los embriones o fetos por los recursos para su desarrollo (revisado por Santacreu, 2006 en conejos).

1.6.1 Proceso de maduración del ovocito.

A lo largo de la maduración del ovocito se dan diferentes reajustes tanto a nivel nuclear como citoplasmático, ambos procesos son diferentes, pero están relacionados y son simultáneos. El proceso de maduración del ovocito se puede dividir en tres eventos: la maduración meiótica que es la cascada de eventos nucleares inducida por un pico preovulatorio de la hormona luteinizante (LH), mediante la cual el ovocito pasa de profase I a metafase II; la maduración citoplasmática es el segundo nivel de maduración del ovocito, un proceso menos definido que el anterior, comienza unos días después del pico de la hormona LH. La reorganización de los órganos celulares es uno de los eventos más importantes que ocurre en esta etapa. Y por último, la maduración molecular que es fundamental para la iniciación de la cascada de señales moleculares que se necesitan para que se produzca la activación del genoma embrionario. Ésta incluye transcripción, almacenamiento y procesamiento del ARNm Cortell (2012). Los ovocitos inmaduros pueden dar lugar a embriones de peor calidad que tengan una mayor probabilidad de morir antes o poco después de la implantación Mehaisen *et al.*, (2005).

1.6.2 Variabilidad en el desarrollo del embrión.

La variabilidad del desarrollo embrionario podría aumentar debido a que el proceso de la ovulación se alargará en el tiempo en hembras con una elevada tasa de ovulación. Los primeros óvulos ovulados serán los primeros en ser fecundados y en enviar señales al útero. El útero está sincronizado con los embriones más adelantados y éstos tienen más probabilidades de sobrevivir (Torres *et al.*, 1984 en conejos; Pope, 1988 en cerdos; Al-Shorepy *et al.*, 1992 en ratones). Esta variabilidad en el desarrollo embrionario y las secreciones del útero, puede causar que algunos embriones no

presenten un desarrollo adecuado para el ambiente uterino donde se desarrollan y tengan más probabilidad de morir antes o después de la implantación.

1.6.3 Competencia por el espacio uterino y los nutrientes.

Otra causa de mortalidad es la competencia entre los embriones y/o fetos por la disponibilidad de proteínas, nutrientes y espacio necesaria para su desarrollo. En hembras con una alta tasa de ovulación se presenta el útero lleno de fetos, así es más probable aumentar el número de fetos con una reducida vascularización y aumentar la mortalidad. En conejos por su tipo de placenta hemocorial es muy importante el suministro de sangre, puesto que el tejido del feto está en contacto directo con la circulación sanguínea maternal. Argente *et al.* (2003) observaron que por cada embrión más que se implanta se produce una menor vascularización por feto, lo que está asociado con un menor peso del feto y placenta fetal.

En resumen uno de los caracteres económicos más importantes en la producción de carne de conejo es el tamaño de camada. Se están realizando trabajos para encontrar métodos de selección alternativos que incrementen de forma más efectiva el tamaño de camada. Una de estas alternativas es la selección por tasa de ovulación, por ser este uno de los componentes del tamaño de camada. Esta selección ha conseguido mejorar la tasa de ovulación pero no ha sido efectiva para aumentar el tamaño de camada, puesto que al aumentar la tasa de ovulación también aumenta la mortalidad embrionaria y la mortalidad fetal. Una posible causa que puede provocar este efecto es la competencia por nutrientes y por el espacio cuando el útero está lleno.

El conocimiento de cuando se produce la mortalidad a lo largo de la gestación puede ayudar a conocer sus causas y a proponer otras alternativas para la mejora del tamaño de camada.

2 OBJETIVOS

Los objetivos del trabajo son estudiar:

1. El incremento de la tasa de ovulación producido después de un tratamiento hormonal con 50 UI de eCG.
2. La supervivencia embrionaria y fetal hasta los 25 días de gestación en el grupo de hembras con tratamiento hormonal y en el grupo de hembras no tratadas con el objetivo de conocer en qué momento se producen diferencias entre ambos grupos.
3. El desarrollo de feto y de las placentas maternal y fetal y su relación con la supervivencia fetal en ambos grupos de hembras, tratadas y no tratadas.

3 MATERIAL Y METODOS

3.1 Material animal

El trabajo se realizó en el Núcleo de Selección de conejos de la Universidad Politécnica de Valencia. Fueron escogidas un total de 41 hembras de conejo multíparas que pertenecían a la línea OR_LS. Las conejas eran de la 10ª generación. Estas hembras fueron divididas en dos grupos al azar, un grupo estaba formado por 19 hembras que fueron sometidas a un tratamiento hormonal (T) y el en el otro grupo había 22 hembras que no recibieron el tratamiento hormonal (NT).

3.2 Tratamiento hormonal y manejo

Para llevar a cabo el tratamiento hormonal se inyectó por vía intramuscular en los músculos del glúteo una dosis con 50 UI de eCG (Gonadotropina sérica equina; Folligon®, Intervet Ireland Ltd, Dublin) a 19 hembras tomadas al azar.

Cuarenta y ocho horas después de que se realizara el tratamiento, todas las hembras (Tratadas y No Tratadas) fueron llevadas a la monta. A los doce días después de la monta se verificó si las hembras estaban gestantes mediante palpación abdominal. A los 25 días de gestación los animales fueron sacrificados y se recogieron sus tractos reproductivos para su posterior disección en el laboratorio. El ciclo de trabajo de un grupo está comprendido en un tiempo de 27 días. Estos ciclos de trabajo se solapan unos con otros (Figura 3.1).

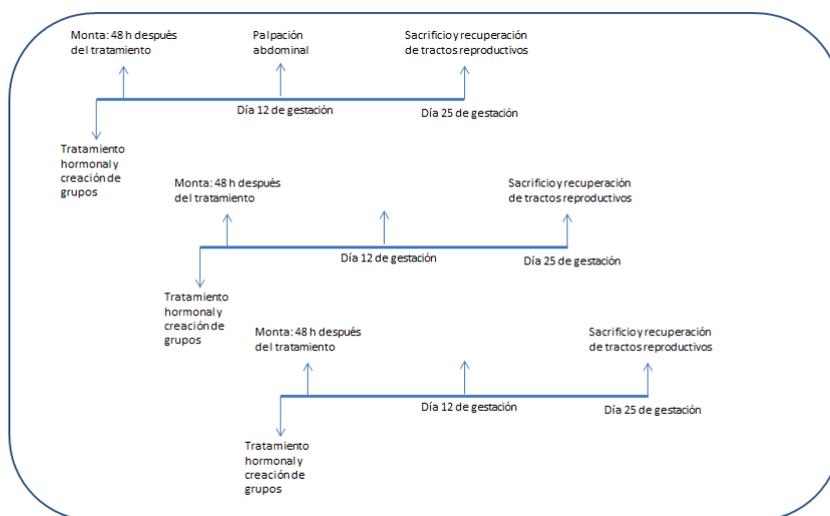


Figura 3.1. Organización de los ciclos de trabajo de diferentes grupos de hembras. (Adaptación de Soriano 2014).

Para realizar la monta se llevó a cada una de las hembras a la jaula de un macho que les había sido asignado, una vez en la jaula se comprobó visualmente que se producía el primer salto de la cópula. Si este primer salto no se producía con éxito se les asignaba otro macho. Si la monta no se realizaba porque la hembra no se encontraba receptiva, ésta era desplazada al siguiente ciclo de trabajo. Si las hembras estaban receptivas y los machos no realizaban la monta, éstos eran sustituidos por otros. En el momento de la palpación abdominal a los doce días tras la monta, las hembras que presentaban un resultado negativo, eran desplazadas al grupo del siguiente ciclo de trabajo. Si el resultado de la palpación daba positivo las hembras continuaban con la gestación hasta el día 25 que se pesaron y fueron sacrificadas.

3.3 Recuperación del tracto reproductivo, fetos y placentas

Los animales se sacrificaron siguiendo la normativa vigente de bienestar animal para sacrificio de animales: aturdimiento eléctrico, sección de yugular y posterior desangrado. Los tractos reproductivos se recuperaron mediante ovariectomía por laparotomía abdominal. Los tractos fueron identificados con el tatuaje de la hembra y se empaquetaron para ser trasladados al laboratorio.

Cuando los tractos llegaron al laboratorio, cada uno se extendió en dirección caudocraneal para proceder a diseccionar sus partes. En cada ovario se contaron el número de folículos ovulados y el número de folículos hemorrágicos si los había. Los dos ovarios fueron pesados cada uno por separado y se anotaron sus pesos. A continuación se realizó la disección de los fetos, placentas fetales y placentas maternas; a los 25 días de la gestación es posible diferenciar claramente las tres partes (Figura 3.2). La disección comenzó por el cuerno uterino derecho, con las tijeras se realiza un corte en el extremo más alejado del cérvix para extraer el feto junto con su placenta fetal y placenta maternal. Se anotaron los pesos de los fetos, placenta fetal y placenta maternal cada uno por separado. Se contaron el número de fetos vivos, y fetos muertos, los puntos en los que se había producido la implantación pero sin feto ni placenta fetal, y los puntos de implantación con placenta maternal y placenta fetal pero sin feto. Al completar el cuerno uterino derecho se realizó el mismo procedimiento con el cuerno uterino izquierdo. Cuando finalizo la recogida de datos de todas las hembras de ese grupo, se terminó con la limpieza y desinfección de la mesa de trabajo, así como a la correcta eliminación de los restos orgánicos de los tractos reproductivos.

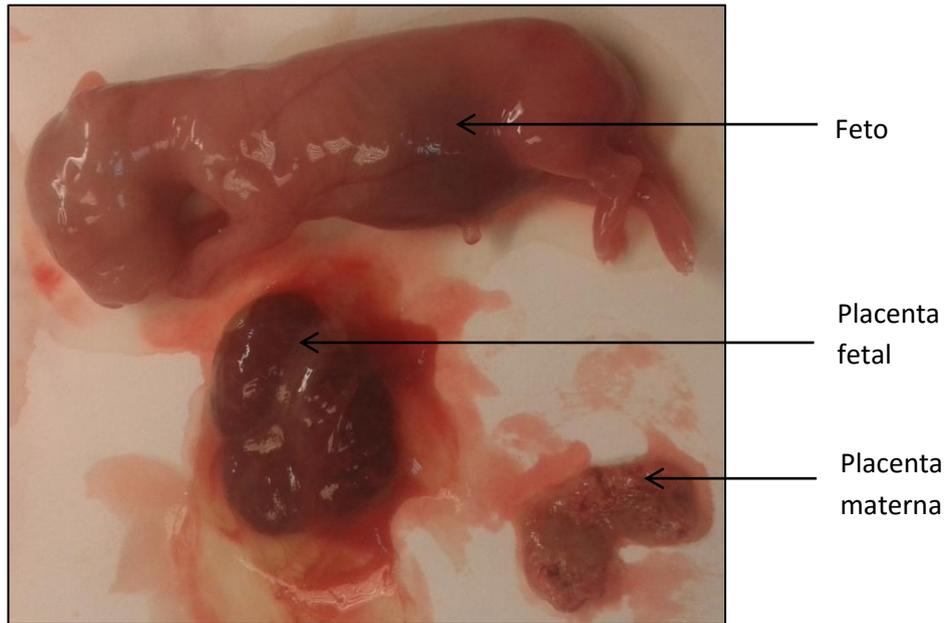


Figura 3.2. Feto vivo a los 25 días de gestación, su placenta fetal (pf) y su placenta materna (pm) (Foto propia).

En el Anexo 1 se puede consultar la plantilla de toma de datos recopilados, en fichas independientes por hembra. El ejemplo de hoja de toma de datos corresponde a una hembra de este experimento.

3.4 Caracteres estudiados

A continuación se realiza una exposición más detallada de los caracteres estudiados:

- Tasa de ovulación (TO): Se estima como el sumatorio de cuerpos lúteos presentes en ambos ovarios después de la disección “*post mortem*”.

$$TO = \sum (n^{\circ} \text{ cuerpos lúteos en ambos ovarios})$$

- Embriones implantados (EI): Se estima sumando el número de fetos vivos a los 25 días (FV_{25}), el número de fetos en regresión (FRF_{25}), el número de placentas fetales en regresión ($FRPF_{25}$) y el número de placentas maternas en regresión ($FRPM_{25}$), en el día 25 de la gestación para ambos cuernos uterinos.

$$EI = FV_{25} + FRF_{25} + FRPF_{25} + FRPM_{25}$$

- Número de fetos vivos en el día 12 de la gestación:

$$FV_{12} = FV_{25} + FRF_{25} + FRPF_{25}$$

- Número total de fetos en el día 25 de la gestación (FT_{25}):

$$FT_{25} = FV_{25} + FRF_{25}$$

- Supervivencia embrionaria (SE): Se estima realizando el cociente entre el número de embriones que se implantaron y la tasa de ovulación.

$$SE = \frac{EI}{TO}$$

- Supervivencia fetal en el día 12 de la gestación (SF_{12}): Se estima realizando el cociente entre el número de fetos vivos en el día 12 de gestación y el número de embriones implantados.

$$SF_{12} = \frac{FV_{12}}{EI}$$

- Supervivencia fetal entre los 12-25 días de gestación (SF_{12-25}): Se estima realizando el cociente entre el número de fetos vivos a los 25 días y el número de fetos vivos en el día 12 de gestación.

$$SF_{12-25} = \frac{FV_{25}}{FV_{12}}$$

- Supervivencia fetal en el día 25 de la gestación (SF_{25}): Se estima realizando el cociente entre el número de fetos vivos a los 25 días de la gestación y los embriones implantados.

$$SF_{25} = \frac{FV_{25}}{EI}$$

- Supervivencia prenatal en el día 12 de la gestación (SP_{12}): Se estima realizando el cociente entre el número de fetos vivos en el día 12 de la gestación y la tasa de ovulación.

$$SP_{12} = \frac{FV_{12}}{TO}$$

- Supervivencia prenatal en el día 25 de la gestación (SP_{25}): Se estima realizando el cociente entre el número de fetos vivos a los 25 días y la tasa de ovulación.

$$SP_{25} = \frac{FV_{25}}{TO}$$

Además de estos valores también se estudiaron los caracteres de peso medio por hembra de sus fetos vivos (PFV), el peso medio por hembra de las placentas fetales (PPF) y el peso medio por hembra de las placentas maternas (PPM).

3.5 Análisis Estadístico

Se realizaron los análisis descriptivos para todos los caracteres estudiados: Se calculó el promedio (M), la desviación estándar (DS), el coeficiente de variación (CV), los máximos y los mínimos. También se analizaron los gráficos de “*caja y bigotes*” y el “*histograma*” con el fin de detectar datos anómalos. Para concluir con el análisis estadístico se realizó un análisis de los datos mediante un análisis de varianza (ANOVA).

El modelo que se ha utilizado en el análisis fue el siguiente:

$$y_i = T_i + e_i$$

Dónde:

T_i corresponde al efecto del tratamiento (tratada y no tratada)

e_i el efecto residual.

Para realizar el análisis de los datos se han utilizado los programas “*Microsoft Excel*” y “*STATGRAPHICS Centurión*”. Ambos programas son unas potentes herramientas en el análisis de los datos, combinadas ofrecen una amplia gama de procedimientos estadísticos acompañados de gráficos interactivos para realizar un correcto análisis.

El programa “*STATGRAPHICS Centurión*” nos muestra los siguientes resultados del análisis:

- Resumen Estadístico: En el cual pueden observarse el recuento de veces que ha ocurrido ese suceso, el promedio, la desviación estándar, coeficiente de variación (%), mínimo y máximo, el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada. Todos parámetros de posición y de dispersión para poder observar cómo se distribuye la variable.

- Tabla ANOVA: La cual nos muestra la suma de cuadrados, los grados de libertad, la Razón-F y el Valor-P. parámetros que explican la variabilidad del suceso y las posibles diferencias significativas.
- Tabla de medias: En la cual se pueden observar las medias, el error de la estimación y los intervalos LSD de Fisher del carácter a estudiar en función del factor de clasificación.
- Gráficos: El programa nos ofrece multitud de gráficos para realizar un correcto análisis pero los más relevantes tanto por su claridad como por su sencillez de interpretación son los gráficos de medias e intervalos LSD de Fisher 95% y la caja de bigotes múltiple.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de media, desviación estándar, coeficiente de variación (%), mínimos y máximos para los caracteres trabajados pertenecientes a ambos grupos de hembras, tratadas (T) y no tratadas (NT), se exponen en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Media (M), desviación estándar (DS), coeficiente de variación (CV(%)), mínimos (Mín.) y máximos (Máx.) de los caracteres estudiados en ambos grupos de hembras tratadas (T) y no tratadas (NT).

Carácter	M		DS		CV (%)		Mín.		Máx.	
	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT
TO	19,21	15,69	5,63	1,80	29,31	11,45	11,00	13,00	31,00	20,00
EI	12,86	12,08	6,32	3,07	49,18	25,40	3,00	6,00	22,00	16,00
FV ₁₂	11,64	11,69	6,46	3,09	55,52	26,45	3,00	6,00	21,00	16,00
FT ₂₅	10,43	10,92	5,91	3,04	56,63	27,83	3,00	5,00	20,00	15,00
FV ₂₅	9,71	10,69	5,33	2,90	54,83	27,10	3,00	5,00	17,00	15,00
SE	0,66	0,77	0,25	0,18	38,35	23,52	0,19	0,40	1,00	1,00
SF ₁₂	0,89	0,97	0,17	0,07	18,94	7,18	0,43	0,78	1,00	1,00
SF ₁₂₋₂₅	0,84	0,92	0,13	0,10	15,17	11,41	0,60	0,69	1,00	1,00
SF ₂₅	0,74	0,89	0,17	0,11	23,29	12,81	0,43	0,69	1,00	1,00
SP ₁₂	0,59	0,75	0,28	0,19	46,88	26,04	0,19	0,40	0,95	1,00
SP ₂₅	0,50	0,68	0,24	0,19	48,43	27,51	0,18	0,33	0,87	0,94
PFV	17,83	21,22	4,61	3,94	25,87	18,56	5,94	11,16	23,79	25,41
PPF	3,94	4,65	1,34	1,12	34,00	24,20	2,45	3,13	6,32	6,46
PPM	1,65	1,79	0,47	0,40	28,33	22,58	1,08	1,18	2,59	2,52

TO: tasa de ovulación; EI: número de embriones implantados; FV₁₂: número de fetos vivos en el día 12 de la gestación; FT₂₅: número de fetos totales en el día 25 de la gestación; FV₂₅: número de fetos vivos en el día 25 de la gestación; SE: supervivencia embrionaria; SF₁₂: supervivencia fetal en el día 12 de la gestación; SF₁₂₋₂₅: la supervivencia fetal entre los días 12-18 de la gestación; SF₂₅: la supervivencia fetal en el día 25 de la gestación; SP₁₂: supervivencia prenatal en el día 12 de la gestación; SP₂₅: supervivencia prenatal en el día 25 de la gestación; PFV: peso de los fetos vivos en el día 25 días de la gestación; PPF: peso de las placentas fetales en el día 25 de la gestación; PPF: peso de las placentas fetales en el día 25 de la gestación.

A la vista de los resultados obtenidos podemos decir que el valor medio de la tasa de ovulación en hembras no tratadas es mayor al que han publicado otros autores en líneas maternas de conejo seleccionadas por tamaño de camada y por capacidad

uterina (14.9, 14.8 y 14.7 por García y Baselga, 2002; Santacreu *et al.*, 2005; Argente *et al.*, 2003, respectivamente). Este resultado se puede explicar debido a que las hembras de este estudio provienen de una línea seleccionada por tasa de ovulación y tamaño de camada. De acuerdo con la mayor tasa de ovulación encontrada, el número de embriones implantados presenta un valor medio similar al publicado por Soriano (2014). En cuanto al carácter fetos vivos a los 25 días es también un poco más elevado que el obtenido por Argente *et al.* (2003) en hembras unilateralmente ovariectomizadas (ULO) y que presentan un atestamiento uterino elevado en el único cuerno uterino funcional. La supervivencia embrionaria ha sido menor para el grupo de hembras no tratadas que la publicada por Argente *et al.* (2006) con 87%. No se dispone de datos de supervivencia fetal y pesos a los 25 días de gestación en hembras intactas no tratadas, los datos publicados son de la supervivencia fetal desde la implantación al nacimiento.

Un resultado destacable es que existe una alta variabilidad observada especialmente en los caracteres del grupo de hembras que fueron tratadas con la hormona, las desviaciones estándar son grandes y los coeficientes de variación altos, alrededor del 50% para algunos caracteres; estos resultados estarían de acuerdo con las publicaciones de otros autores, que encuentran una respuesta variable en el grupo de hembras tratadas con la misma hormona y dosis Mehaisen *et al.*, (2005).

En hembras tratadas de la misma línea que este estudio Badawy *et al.*, (2004) observan también una tasa de ovulación elevada (17.4) utilizando la misma hormona con la misma concentración. Mehaisen *et al.*, (2004) observaron una tasa de ovulación de 11.2 también con la misma concentración hormonal que en nuestro estudio pero esta baja tasa de ovulación se debe a que se trata de una línea paternal seleccionada por velocidad de crecimiento y con valores bajos de prolificidad.

Soriano (2014) observo un 66% de supervivencia embrionaria, resultado similar que el obtenido en nuestro estudio para las hembras tratadas. Como en el caso de las hembras no tratadas no se dispone de información de la supervivencia fetal hasta los 25 días de gestación. Respecto a los caracteres relacionados con el desarrollo fetal, Argente *et al.* (2003) observa resultados similares en cuanto al peso medio de los fetos de sus placentas maternal y fetal en hembras ULO no tratadas pero con el único cuerno uterino funcional atestado de fetos.

Las medias por mínimos cuadrados de los análisis de todos los caracteres estudiados se van a presentar de forma gráfica en un diagrama de barras (Figuras 4.1, 4.2 y 4.3) y los valores numéricos con sus errores en tablas (Tablas 4.2, 4.3 y 4.4).

En la Figura 4.1 y la Tabla 4.2, se observa las medias y las diferencias de los caracteres TO, EI, F₁₂, FT₂₅ Y FV₂₅ al realizar el tratamiento con 50 UI de eCG respecto al grupo control de hembras no tratadas. Las hembras tratadas mostraron una mayor tasa de ovulación en promedio, la diferencia de 3,5 óvulos fue significativa y relevante (19.2 vs. 15.7 óvulos, P < 0.05). Estos resultados son similares a los que se obtuvieron en un trabajo previo con el mismo tratamiento Soriano (2014). Mehaisen *et al.*, (2005) también observan el mismo incremento en tasa de ovulación cuando aplican la misma dosis de eCG en una línea paterna de conejos. Para el número de embriones implantados y el número de fetos vivos a los 12 y a los 25 días no se han encontrado diferencias significativas, estos resultados son más similares a los publicados por Argente *et al.* (2006), estos autores encuentran valores de 6, 5.38 y 4.93, respectivamente, en cada uno de los cuernos uterinos. Como en nuestro estudio se dan los datos de los dos cuernos sumados, los datos de estos autores hay que multiplicarlos por dos para compararlos.

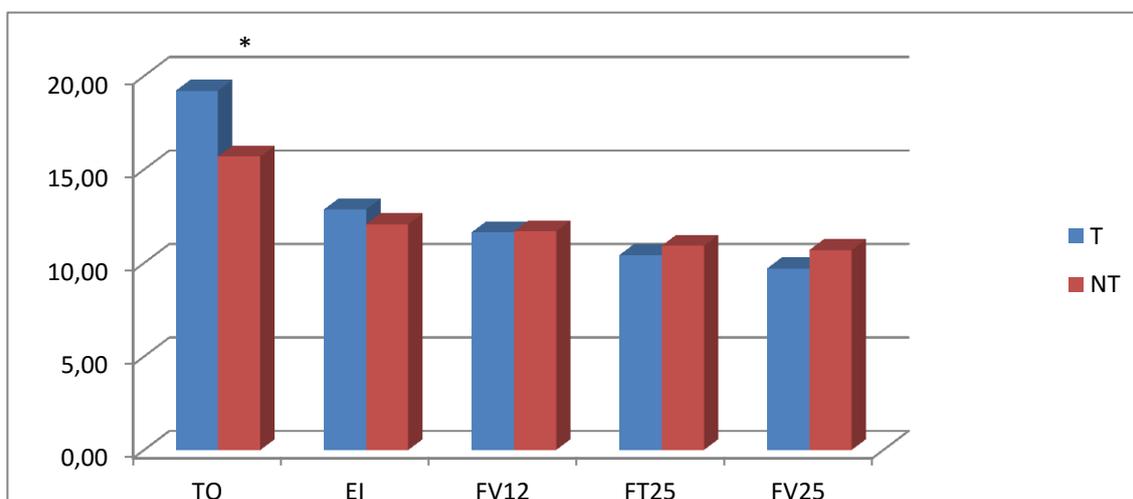


Figura 4.1. Gráfico de barras con las medias de TO: tasa de ovulación; EI: número de embriones implantados; FV₁₂: número de fetos vivos en el día 12 de la gestación; FT₂₅: número de fetos totales en el día 25 de la gestación; FV₂₅: número de fetos vivos en el día 25 de la gestación, para hembras Tratadas (T) y No Tratadas (NT).

Tabla 4.2. Resultados del análisis de varianza de las diferencias entre hembras tratadas (T) y no tratadas (NT) para TO: tasa de ovulación; EI: número de embriones implantados; FV₁₂: número de fetos vivos en el día 12 de la gestación; FT₂₅: número de fetos totales en el día 25 de la gestación; FV₂₅: número de fetos vivos en el día 25 de la gestación.

Carácter	Medias			Intervalos LSD		Significación
	T	NT	Diferencia	T	NT	
TO	19,21±1,135	15,69±1,718	3,52	[17,56;20,87]	[13,98;17,41]	*
EI	12,86±1,344	12,08±1,395	0,78	[10,90;14,82]	[10,05;14,11]	ns
FV ₁₂	11,64±1,371	11,69±1,423	-0,05	[9,65;13,64]	[9,62;13,77]	ns
FT ₂₅	10,43±1,270	10,92±1,318	-0,49	[8,58;12,28]	[9,00;12,84]	ns
FV ₂₅	9,71±1,158	10,69±1,202	-0,98	[8,03;11,40]	[8,94;12,44]	ns

Diferencia de las medias entre hembras tratadas y no tratadas; Intervalo LSD de Fisher: diseñados para comparar cualquier pareja de medias con un nivel de confianza establecido (95%); Valor-P: si es menor que 0.05, la hipótesis nula de igualdad de medias se rechaza; Nivel de significación entre las hembras tratadas y no tratadas: * P < 0.05, † P < 0.10, ns = no significativo.

Para el número de fetos a los 25 días la diferencia entre tratadas y no tratadas es relevante (1 feto) pero no significativa, haría falta un mayor número de datos para confirmar si las hembras tratadas presentan un menor número de fetos a los 25 días o las diferencias se deben al azar y no al tratamiento. Un feto se considera relevante desde el punto de vista económico ya que el aumento de un gazapo al nacimiento por camada y hembra reproductora supone un aumento de los beneficios de 15.7 €/gazapo Cartuche *et al.*, (2014).

Las hembras tratadas presentan una menor supervivencia embrionaria (SE) en promedio que las no tratadas (0.66 vs. 0.77, P < 0.05), las diferencias fueron no significativas pero sí relevantes (Figura 4.2 y Tabla 4.3). De acuerdo con Blasco (2011) se puede considerar que la diferencia es relevante cuando supone entre ½ y 1/3 de la desviación estándar del carácter.

Figura 4.2. Gráfico de barras con las medias de SE: supervivencia embrionaria; SF₁₂: supervivencia fetal en el día 12 de la gestación; SF₁₂₋₂₅: la supervivencia fetal entre los días 12-18 de la gestación; SF₂₅: la supervivencia fetal en el día 25 de la gestación; SP₁₂: supervivencia prenatal en el día 12 de la gestación; SP₂₅: supervivencia prenatal en el día 25 de la gestación, para hembras Tratadas (T) y No Tratadas (NT).

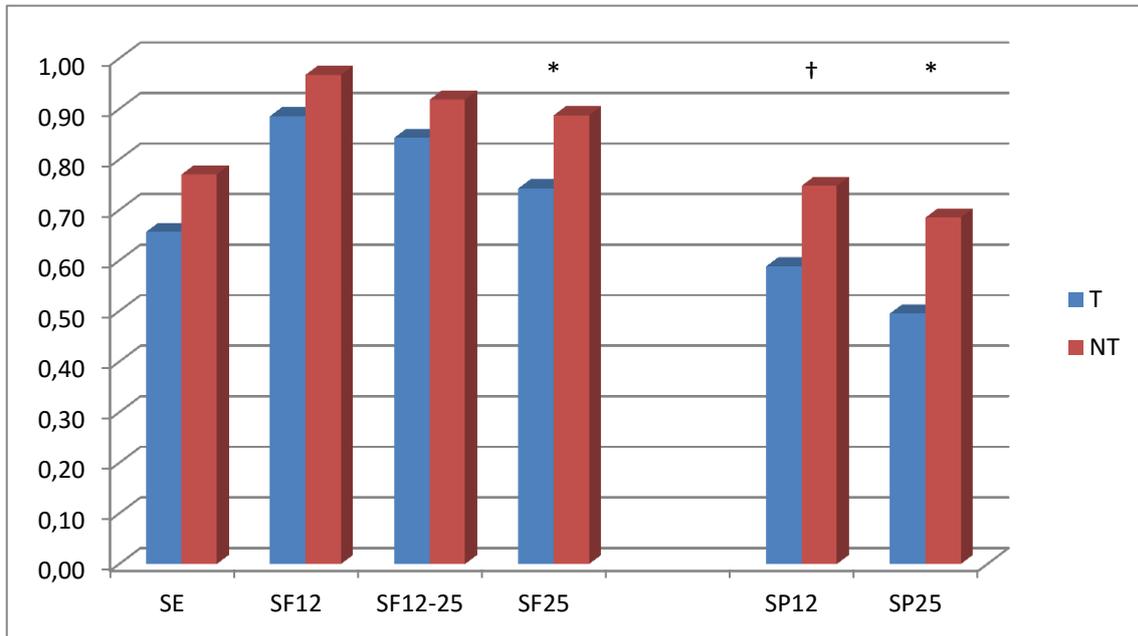


Tabla 4.3. Resultados del análisis de varianza de las diferencias entre hembras tratadas (T) y no tratadas (NT) para SE: supervivencia embrionaria; SF₁₂: supervivencia fetal en el día 12 de la gestación; SF₁₂₋₂₅: la supervivencia fetal entre los días 12-18 de la gestación; SF₂₅: la supervivencia fetal en el día 25 de la gestación; SP₁₂: supervivencia prenatal en el día 12 de la gestación; SP₂₅: supervivencia prenatal en el día 25 de la gestación.

Carácter	Medias			Intervalos LSD		Significación
	T	NT	Diferencia	T	NT	
SE	0,66±0,059	0,77±0,061	-0,11	[0,57;0,74]	[0,68;0,86]	ns
SF12	0,89±0,035	0,97±0,036	-0,08	[0,84;0,94]	[0,92;1,00]	ns
SF12-25	0,84±0,031	0,92±0,033	-0,08	[0,80;0,89]	[0,87;0,97]	ns
SF25	0,74±0,039	0,89±0,041	-0,14	[0,69;0,80]	[0,83;0,95]	*
SP12	0,59±0,064	0,75±0,067	-0,16	[0,50;0,68]	[0,65;0,85]	†
SP25	0,50±0,058	0,68±0,060	-0,19	[0,41;0,58]	[0,60;0,77]	*

Diferencia de las medias entre hembras tratadas y no tratadas; Intervalo LSD de Fisher: diseñados para comparar cualquier pareja de medias con un nivel de confianza establecido (95%); Valor-P: si es menor que 0.05, la hipótesis nula de igualdad de medias se rechaza; Nivel de significación entre las hembras tratadas y no tratadas: * P < 0.05, † P < 0.10, ns = no significativo.

En el periodo fetal, si estudiamos la supervivencia fetal temprana (SF₁₂) desde la implantación (día 7) hasta el día 12 de gestación, la diferencia en los promedios entre hembras tratadas y no tratadas es de -0.08, esta diferencia como en el caso de la

supervivencia embrionaria es no significativa y relevante (Figura 4.2 y Tabla 4.3). Este resultado está de acuerdo con lo encontrado por Adams (1962) que observa un pico de mortalidad en este periodo de la gestación, este periodo es crítico para el feto ya que es cuando empieza el embrión a alimentarse a través de la placenta fetal. Cuando estudiamos la mortalidad entre el día 12 y el 25 de gestación, los resultados son similares a los comentados para SF₁₂, la mortalidad en este periodo estaría de acuerdo con el segundo pico de mortalidad observado por Adams (1962), este periodo coincide con un rápido crecimiento del feto. Cuando se analiza la supervivencia fetal de ambos periodos, desde la implantación hasta el día 25, la diferencia es relevante, 0.14, y significativa.

De acuerdo con lo obtenido para las supervivencia embrionaria y fetal, la supervivencia prenatal, en el periodo embrionario como en el periodo fetal hasta los 25 días, presenta diferencias relevantes y significativas entre hembras tratadas y no tratadas (0.50 vs. 0.68, $P < 0.05$). Estos resultados están de acuerdo con lo obtenido para SE y SF₂₅ por Laborda *et al.*, (2012) después de diez generaciones de selección por tasa de ovulación. El incremento de tasa de ovulación obtenido en ese experimento fue similar al obtenido en las hembras tratadas de este experimento y no se mejoró el tamaño de camada porque disminuyó tanto la supervivencia embrionaria, -0.05, como fetal, -0.12, cuando se comparó hembras de la línea seleccionada por tasa de ovulación con una población control.

En la figura 4.3 y la tabla 4.4, se exponen los resultados para el promedio de los pesos de fetos vivos, placentas maternas y placentas fetales a los 25 días de gestación. El objetivo es estudiar el efecto de una mayor tasa de ovulación sobre el desarrollo fetal a los 25 días de la gestación. Para el promedio del peso del feto vivo, aparecen diferencias significativas y relevantes puesto que la diferencia observada supone una desviación estándar del carácter. El menor peso de los fetos en las hembras tratadas se podría deber a una mayor competencia entre los embriones antes de la implantación o a una menor calidad de los embriones en las hembras con alta tasa de ovulación. Las diferencias en cuanto al peso de la placenta fetal y la placenta maternal no resultan significativas ni relevantes. Argente *et al.*, (2003) obtuvieron resultados más elevados en las medias para el peso del feto a los 25 días, el peso de la placenta maternal y el peso de la placenta fetal (20.3, 4.4, 1.6 gramos respectivamente) en hembras unilateralmente ovariectomizadas.

Figura 4.3. Gráfico de barras con las medias de PFV: peso de los fetos vivos en el día 25 días de la gestación; PPF: peso de las placentas fetales en el día 25 de la gestación; PPF: peso de las placentas fetales en el día 25 de la gestación, para hembras Tratadas (T) y No Tratadas (NT).

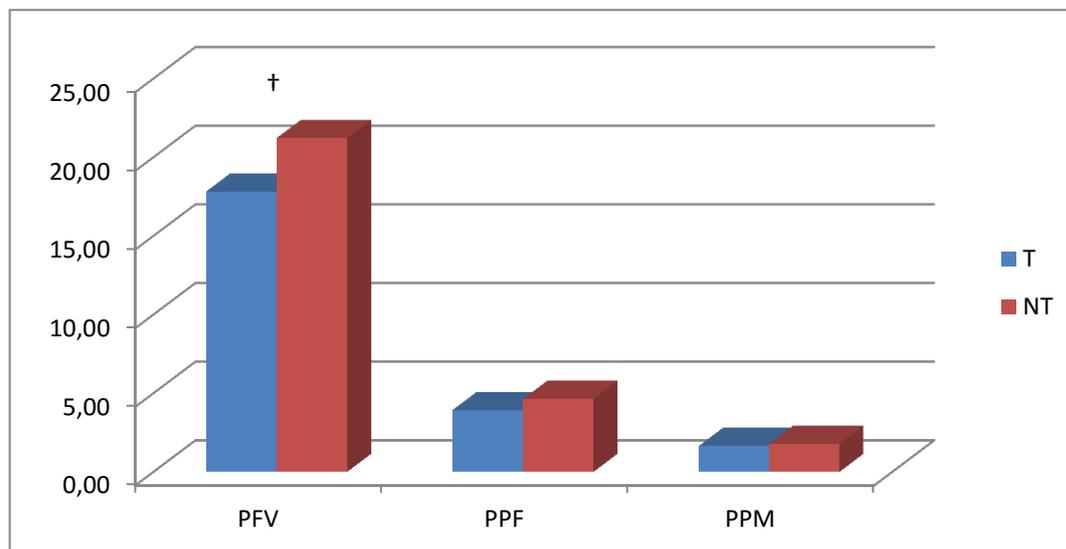


Tabla 4.4. Resultados del análisis de varianza de las diferencias entre hembras tratadas (T) y no tratadas (NT) para PFV: peso de los fetos vivos en el día 25 días de la gestación; PPF: peso de las placentas fetales en el día 25 de la gestación; PPF: peso de las placentas fetales en el día 25 de la gestación.

Carácter	Medias			Intervalos LSD		Significación
	T	NT	Diferencia	T	NT	
PFV	17,83±1,150	21,22±1,193	-3,39	[16,15;19,50]	[19,49;22,96]	†
PPF	3,94±0,332	4,65±0,344	-0,70	[3,46;4,43]	[4,14;5,15]	ns
PPM	1,65±0,117	1,79±0,122	-0,14	[1,48;1,82]	[1,62;1,97]	ns

Diferencia de las medias entre hembras tratadas y no tratadas; Intervalo LSD de Fisher: diseñados para comparar cualquier pareja de medias con un nivel de confianza establecido (95%); Valor-P: si es menor que 0.05, la hipótesis nula de igualdad de medias se rechaza; Nivel de significación entre las hembras tratadas y no tratadas: * P < 0.05, † P < 0.10, ns = no significativo.

En resumen, el efecto de incrementar 3.5 óvulos tras realizar un tratamiento hormonal causa una menor supervivencia embrionaria y fetal, resultados que concuerdan con el experimento de selección que se realizó para aumentar la tasa de ovulación durante 10 generaciones en conejo. Un aumento de la tasa de ovulación podría incrementar el número de embriones de menor desarrollo y baja calidad, los cuales tienen una mayor probabilidad de morir en los momentos críticos durante el desarrollo embrionario o fetal. Las hembras tratadas con hormonas en dosis bajas podrían servir como modelo para estudiar el efecto de la selección por tasa de ovulación y profundizar en el conocimiento de cuándo se producen los picos de mortalidad y las posibles causas de esta mortalidad.

5 CONCLUSIONES

1. El tratamiento con 50 UI de eCG produce un aumento en el promedio de la tasa de ovulación de 3.5 óvulos.
2. No se han observado diferencias significativas en el número de embriones implantados ni en el número de fetos vivos a los 12 y a los 25 días de la gestación entre hembras tratadas y no tratadas.
3. El aumento de la tasa de ovulación produce una disminución de la supervivencia prenatal. Las hembras tratadas mostraron una menor supervivencia fetal que las hembras no tratadas. Para la supervivencia embrionaria, las diferencias son relevantes pero no significativas, haría falta un mayor número de datos para poder concluir.
4. Se han observado diferencias significativas y relevantes en el peso del feto vivo, pero no en la placenta maternal y fetal a los 25 días de gestación entre las hembras tratadas y no tratadas.
5. El uso de un tratamiento hormonal con 50 UI de eCG podría ser un buen modelo para estudiar el efecto de la selección para incrementar la tasa de ovulación sobre la supervivencia prenatal.

6 BIBLIOGRAFIA

- 1) ADAMS C. E., CHANG M. C., (1962). Capacitation of rabbit spermatozoa in the fallopian tube and in the uterus. *J Exp Zool* 5, 151-159.
- 2) AL-SHOREPY S. A., CLUTTER A. C., BLAIR R. M., and NIELSEN M.K., (1992). Effects of three methods of selection for litter size in mice on pre-implantation embryonic development. *Biol. Reprod.* 46: 958-963.
- 3) ALVARIÑO M. R., (1993). Control de la reproducción en conejo. Ed. MundiPrensa.
- 4) ARGENTE M. J., SANTACREU MA., CLIMENT A., BLASCO A., (2003). Relationships between uterine and fetal traits in rabbit selected on uterine capacity. *J. Anim. Sci.*, 81: 1265-1273.
- 5) ARGENTE M. J., SANTACREU MA., CLIMENT A., BLASCO A., (2006). Influence of available uterine space per fetus on fetal development and prenatal survival in rabbits selected for uterine capacity. *Livestock Sci.*, 102: 83-91.
- 6) ARGENTE M. J., SANTACREU MA., CLIMENT A., BLASCO A., (2008). Effect of intrauterine crowding on available uterine space per fetus in rabbits. *Livest. Sci.*, 114:211-219.
- 7) BADAWEY A. Y., PEIRO R., BLASCO A., SANTACREU M. A., (2016). Effect of increased ovulation rate on embryo and foetal survival as a model for selection by ovulation rate in rabbits
- 8) BADAWEY A. Y., PEIRO R., MOCE M. L., BLASCO A., SANTACREU M. A., (2013). Selección por tasa de ovulación y tamaño de camada en conejo. Estimación de la respuesta a la selección. *XV Jornadas sobre producción animal, Tomo II*, 457-459
- 9) BASELGA, M. (1995). Actualidad e investigación en genética cunícola. *Med. Vet.* 12, 22- 27.
- 10) BASELGA, M. (2004). Genetic improvement of meat rabbits. Programmes and diffusion. In: *Proc. 8th World Rabbit Congress*. Puebla, Mexico, 1-13.
- 11) BASELGA, M., BLASCO, A. (1989). Mejora genética del conejo de producción de carne. Mundi-Prensa, Madrid, 110.
- 12) BLASCO, A., (2011). La significación es irrelevante y los P-valores engañosos. *Vol. 107* (1), 48-58.
- 13) BLASCO, A., SANTACREU M. A., THOMPSON R., and HALEY, C. (1993b). Estimates of genetic parameters for ovulation rate, prenatal survival and litter size in rabbits from an elliptical selection experiment. *Livest. Prod. Sci.* 34:163-174.

- 14) BRACKETT B.G., SEITZ H.M., ROCHA G., MASTROIANNI L., (1972). The mammalian fertilization process. In *Biology of mammalian fertilization and implantation*. Moghissi KS, Hafez ESE (eds). Charles C. Thomas publisher, 165-184
- 15) CARTUCHE L., PASCUAL M., GOMEZ E. A., BLASCO A., (2014). Economic weights in rabbit meat production. *Vol 22(3): 165-177.*
- 16) CORTELL N. C., CASTRO M., (2012). Efecto de la aplicación de gonadotropinas recombinantes humanas sobre la producción y calidad de ovocitos y embriones en coneja. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ciencia Animal | Valencia : Universidad Politécnica de Valencia.
- 17) CORTELL N. C. (2012). Efecto de la aplicación de gonadotropinas recombinantes humanas sobre la producción y calidad de ovocitos y embriones en coneja.
- 18) FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015)
- 19) GARCIA M. L., and BASELGA M., (2002b). Genetic response to selection for reproductive performance in a maternal line of rabbits. *World Rabbit Sci., 10 (2): 71-76.*
- 20) GARCÍA, M. L., BASELGA, M. (2002). Estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population. *Livestock Production Science. Vol 74:45-53.*
- 21) LABORDA P. (2011). Selection for ovulation rate in rabbits.
- 22) LABORDA, P., MOCE M.L., SANTACREU M. A., BLASCO A. (2011). Selection for ovulation rate in rabbits: Genetic parameters, direct response, and correlated response on litter size. *J ANIM SCI 2011, 89:2981-2987.*
- 23) LABORDA, P., MOCÉ, M. L., BLASCO, A., SANTACREU, M. A. (2012). Selection for ovulation rate in rabbits: Direct and correlated responses estimated with a cryopreserved control population. *Journal of Animal Science. 90: 439-446.*
- 24) LABORDA, P., SANTACREU M. A., BLASCO A. and MOCE M. L., (2012). Selection for ovulation rate in rabbits: Direct and correlated responses estimated with a cryopreserved control population. *J. Anim. Sci., 90:3392-3397.*
- 25) MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. Indicadores económicos sector cunícola 2014.
http://www.magrama.gob.es/es/buscador/resultados-busqueda.aspx?q=.+Producci%C3%B3n+de+carne+de+conejo+en+%25+por+CCAA+en+2014+&entqr=0&output=xml_no_dtd&client=default_frontend&oe=utf-8&idioma=es&ie=utf-8&getfields=*&site=MARM
- 26) MEHAISEN, VICENTE J.S, LAVARA R., VIUDES DE CASTRO M. P. (2005). Effect of eCG dose and ovulation induction treatments on embryo recovery and in vitro development post-vitrification in two selected lines of rabbit does.

- 27) MOCÉ, M. L., SANTACREU M. A (2010) . Effect of divergent selection for uterine capacity on progesterone, estradiol and cholesterol levels around implantation time in rabbits. *Climent A. World Rabbit Science* Vol.10(3) p89-97
- 28) POPE, W. F. (1988). Uterine Asynchrony: A cause of embryonic loss. *Biol.reprod.* 39:999-1003.
- 29) SANTACREU, M. A. (2006). La supervivencia prenatal en la coneja reproductora. XXXI Symposium de cunicultura de ASESCU, Lorca, Murcia, Spain. Vol. I:229-236.
- 30) SANTACREU, M. A., ARGENTE, M. J., MOCÉ, M. L., BLASCO, A. (2000). Selection for uterine capacity. II Response to selection estimated with a cryopreserved control population. In: *Proc. 7th World Rabbit Congress. Valencia, Spain, July 4-7 A:* 491-496.
- 31) SANTACREU, M. A., MOCÉ, M. L., CLIMENT, A., BLASCO, A. (2005). Divergent selection for uterine capacity in rabbits. II. Correlated response on litter size and its components estimated with a cryopreserved control population. *Journal of Animal Science*, 83:2303-2307.
- 32) SANTACREU, M.A. (1992). Estimación de los parámetros genéticos de la tasa de ovulación, supervivencia prenatal y tamaño de camada en conejo. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- 33) SORIANO, J. J. (2014). Estudio del incremento de la tasa de ovulación sobre el desarrollo del feto y la supervivencia prenatal en conejo. Trabajo final de grado. UPV.
- 34) TORRES, S., HULOT F., and MEUNIER M. (1984). Étude comparée du développement et de la mortalité embryonnaire chez deux genotypes de lapines. 3rd World Rabbit Congress. Rome-Italy, Vol. 2:417-425.
- 35) ZIADI, C., MOCE M. L., LABORDA P., BLASCO A. and SANTACREU M.A. (2013). Genetic selection for ovulation rate and litter size in rabbits: Estimation of genetic parameters and direct and correlated responses. *J. Anim. Sci.* 2013.91:3113–3120

Orden:

Fecha:

Tatuje ♀		Línea	
Plaza ♀		Tatuje ♂	
n° Gestación		Generación	
Última Parto	/ /2013	Tratamiento	

	Fecha	n° Gazapos
Inducción	/ /2013	
Monta	/ /2013	
Sacrificio	/ /2013	

Peso sacrificio	
-----------------	--

TO	Querno DER	Querno IZQ	Total
FH			
FI Totales			
FR (PM)			
FR (PF)			
FR (F)			
FR. Vivos			

Peso ovario	DER	IZQ
-------------	-----	-----

Derecho				
n° Feto	Estado	Peso feto	Peso PF	Peso PM
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Izquierda				
n° Feto	Estado	Peso feto	Peso PF	Peso PM
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Observaciones

Código
 (+): El feto más grande
 (-): El feto más pequeña
 (A1): Azar 1
 (A2): Azar 2
 (A3): Azar 3
 (P): Prueba

7 ANEXOS

Orden: 2

Fecha: 18/10/2013

Tatuaje ♀	90287	Línea	AZ
Plaza ♀	4510	Tatuaje ♂	89975
nº Gestación	7	Generación	10
Última Parto	9/9/2013	Tratamiento	No

Inducción	- / - / 2013	nº Gazapos	
Monta	23 / 9 / 2013		
Sacrificio	18 / 10 / 2013		

Peso sacrificio 4624

TO	Cuernos DER	Cuernos IZQ	Total
	12	6	18
FH			
FI Totales	7	5	12
FR (PM)			
FR (PF)			
FR (F)			
FR. Vivos			

	DER	IZQ
Peso ovario	0.9550	0.7893

nº Feto	Estado	Peso feto	Peso PF	Peso PM
1	muerto	0.5061	1.7835	1.2482
2	muerto	-	-	0.7269
3		0.8710	3.0486	0.8830
4	P	20.0235	5.3841	1.8380
5	+	23.8917	6.2780	1.5550
6	A1	21.9966	5.3524	1.6558
7	A2	22.5300	5.0977	1.2034
8				
9				
10				

Derecho

nº Feto	Estado	Peso feto	Peso PF	Peso PM
1	decidua	-	-	-
2	decidua	-	-	0.3528
3	A2	22.7501	6.8314	1.4738
4	P	18.5545	6.9834	1.6160
5	-	14.9165	4.4609	1.3070
6				
7				
8				
9				
10				

Izquierda

Observaciones

- Código
- (+): El feto más grande
 - (-): El feto más pequeña
 - (A1): Azar 1
 - (A2): Azar 2
 - (A3): Azar 3
 - (P): Prueba