



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN
Y SERVICIO EN ZOOTECNIA**

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN CONEJAS
INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE CON EXPOSICIÓN
CONTROLADA AL MACHO**

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

Presenta:

ERICK IGNACIO ESTRADA SANTILLÁN

Bajo la supervisión de:

Ph.D. RAYMUNDO RODRÍGUEZ DE LARA



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES



JUNIO 2015

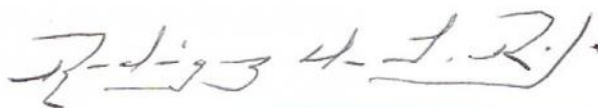
Chapingo, México

PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN CONEJAS INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE CON EXPOSICIÓN CONTROLADA AL MACHO

Tesis realizada por **Erick Ignacio Estrada Santillán** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTOR:



Ph.D. RAYMUNDO RODRÍGUEZ DE LARA

ASESOR:



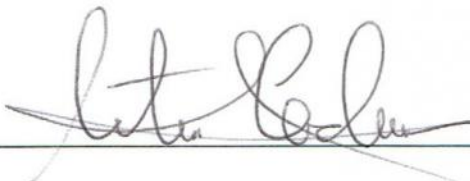
Ph.D. RAYMUNDO RANGEL SANTOS

ASESOR:



Ph.D. RODOLFO RAMÍREZ VALVERDE

ASESOR:



DR. JOSÉ ARTEMIO CADENA MENESES

CONTENIDO

CONTENIDO	ii
LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
DEDICATORIAS	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	viii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Pubertad	3
2.2. Ciclo reproductivo de la coneja.....	3
2.3. Inseminación artificial y monta natural	4
2.4. Factores que influyen en la inseminación artificial	5
2.5. Métodos utilizados para inducir la receptividad	11
2.6. Inducción de la ovulación.....	15
2.7. Efecto macho.....	15
2.8. Función de las Feromonas	16
2.9. Literatura citada	18
3. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN CONEJAS INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE CON EXPOSICIÓN CONTROLADA AL MACHO	25
3.1. Resumen	25
3.2. Abstract.....	26

3.3.	Introducción	27
3.4.	Materiales y métodos	29
3.5.	Resultados	33
3.6.	Discusión	38
3.7.	Conclusiones	41
3.8.	Literatura citada	42

LISTA DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos para el comportamiento reproductivo por coneja por periodo reproductivo.....33

Cuadro 2. Efecto de tiempos de exposición de machos en el comportamiento reproductivo por coneja por periodo productivo.....34

Cuadro 3. Estadísticos descriptivos para peso de las conejas, tasa de parto, número de gazapos nacidos totales por camada.....34

Cuadro 4. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ error estándar) para el efecto del estado fisiológico y tiempo de exposición de machos en la tasa de partos y el número de gazapos nacidos totales por camada.....36

Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados para el efecto de la interacción de estado fisiológico x tiempo de exposición a machos en la tasa de partos y el número de gazapos nacidos totales.....37

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Distribución del número de registros para inseminaciones y partos en relación al intervalo parto-inseminación en conejas lactando.....	35
--	----

DEDICATORIAS

A mis padres: Ignacio Estrada Galván y María del Carmen Santillán Terán

A mis hermanas Erika y Susana

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)

A mis compañeros de maestría Lino, Blanca y David

A mis asesores:

PhD. Raymundo Rodríguez De Lara

PhD. Raymundo Rangel Santos

PhD. Rodolfo Ramírez Valverde

Dr. José Artemio Cadena Meneses

A todos aquellos que me ayudaron a realizar este proyecto.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Erick Ignacio Estrada Santillán
Fecha de nacimiento: 23 de febrero 1984
Lugar de nacimiento: México, Distrito Federal
CURP: EASE840223HDFSNR03
Profesión: Médico Veterinario Zootecnista
Cédula profesional: 6310609
No. cartilla militar: 6269951



Desarrollo académico

Bachillerato: Escuela Nacional Preparatoria No. 9 Pedro de Alba (2000-2002)
Licenciatura: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (2003-2007)
Maestría: Universidad Autónoma Chapingo (2013-2014)

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La inseminación artificial (IA) es una herramienta útil en la cunicultura, ya que permite mejorar la producción y disminuir los costos de operación (Mocé *et al.*, 2003). En granjas comerciales de conejos para carne, las conejas generalmente son inseminadas dentro de los primeros 11 días después del parto. En este periodo la receptividad sexual de las conejas lactando es baja, lo que influye en la fertilidad y prolificidad de programas de IA (Rebollar *et al.*, 2006; 2009).

Actualmente se aplican diferentes mecanismos para mejorar la eficiencia reproductiva de las conejas lactando; por ejemplo, el uso de la gonadotropina coriónica equina (eCG) dos días antes del servicio aumenta la productividad (Theau-Clement, 2007). Se han utilizado diversos métodos alternativos en el control hormonal para sincronizar estros de manera exitosa, como son programas de iluminación intermitente y continua (Uzcategui y Johnston, 1992), separación temporal de la coneja de sus crías (Alvariño *et al.*, 1998; Castellini *et al.*, 1998) y el cambio súbito de conejas a diferentes jaulas antes de la IA, lo cual ha demostrado mejorar la reproducción en conejas lactando (Luzi y Crimella, 1998; Bonanno *et al.*, 1999; Rodríguez-De Lara *et al.*, 2003).

La exposición de hembras a machos sexualmente maduros permite inducir la actividad sexual y reducir el anestro estacional en ovejas y cabras (Zarco-Álvarez, 2001; Ungerfeld *et al.*, 2008) y adelanta el momento de la ovulación relativa a la aparición del estro en ovejas (Hawken *et al.*, 2008). En cerdos, la presencia de verracos reduce el período postparto en cerdas lactantes y acelera la pubertad en las hembras por unos treinta días. También la exposición a las primerizas a una edad de 190 días (la edad media puberal) puede conducir a una sincronía notable en el logro del estro puberal (Rekwot *et al.*, 2001). Poco se conoce del efecto de la exposición de machos en la tasa reproductiva de conejas lactando. Eiben *et al.* (2001) observaron que exponer hembras a machos cuatro días antes de la IA no influye en la tasa de partos, el tamaño de camada y la

receptividad. Otros autores, sin embargo, reportan un incremento de tamaño de camada cuando se exponían las hembras a machos (Rodríguez De Lara *et al.*, 2003); asimismo, Ola y Oyegbade (2012) reportaron la presencia de cuerpos lúteos al exponer machos a hembras.

El documento contiene tres capítulos. El capítulo uno contiene una introducción general, donde se describe la importancia de la investigación y el contenido del documento. El capítulo dos contiene una revisión de literatura; este capítulo tiene el objetivo de dar información al lector para que tenga mayor conocimiento sobre el tema de estudio y pueda comprender los resultados del capítulo tres. El capítulo tres contiene un artículo científico relacionado con el efecto de exponer machos a hembras sobre algunos parámetros reproductivos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Pubertad

La pubertad es una etapa en la que un individuo es capaz de liberar gametos y mostrar un comportamiento sexual, el inicio de esta etapa está regulado por el eje hipotalámico-adenohipofisiario. El inicio de la pubertad se relaciona más con el peso corporal que con la edad, pero existen otros factores que también influyen para su presentación: el fotoperiodo, ambiente físico, edad y raza de la madre, raza del padre y dentro de la misma raza, heterosis, temperatura ambiental y peso corporal como un efecto de la nutrición y ritmo de crecimiento antes y después del destete (Hafez, 2002). Se considera que la madurez sexual en los conejos se alcanza alrededor de las diez semanas; pero la monta se recomienda cuando la coneja alcanza el 80% del peso vivo corporal (Alvariño, 1993).

2.2. Ciclo reproductivo de la coneja

La receptividad de las conejas comienza cerca de los tres meses y medio de edad y pueden gestar a los cuatro meses y medio. Las conejas tienen un ciclo estral diferente a las demás especies, ya que al momento de la pubertad la glándula pituitaria secreta la hormona folículo estimulante (FSH), la cual promueve el crecimiento de folículos y estos a su vez secretan estrógenos, los cuales son hormonas que causan que la hembra sea receptiva al macho. El desarrollo folicular generalmente se produce en oleadas, con cinco a diez folículos en cada ovario en la misma etapa de desarrollo en cualquier momento, una vez que los folículos alcanzan determinado tamaño detienen su crecimiento y están continuamente en desarrollo, por lo que están siempre presentes en varias etapas del crecimiento. Cuando los folículos alcanzan el tamaño maduro producen activamente estrógenos por alrededor de doce a catorce días, después de este período, si no ha ocurrido la ovulación, estos folículos degeneran, con una reducción correspondiente en la concentración de estrógenos y la

receptividad. Aproximadamente después de cuatro días de la nueva ola de folículos comenzará la producción de estrógenos y la hembra estará receptiva una vez más. Así se tiene un ciclo de dieciséis a dieciocho días con alrededor de doce a catorce días de la receptividad y cuatro días en que la hembra se negará a aparearse. Este tiempo es muy variable debido a diferencias individuales, a la estimulación sexual, y a factores ambientales como la nutrición, la luz y temperatura (McNitt *et al.*, 2013).

La ovulación en la coneja no es espontánea sino de carácter reflejo, para que se lleve a cabo se debe producir el coito. Con el coito el hipotálamo secreta la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y esta hormona tiene como órgano blanco la hipófisis, que a su vez libera la hormona luteinizante (LH). La LH actúa en el ovario y provoca la liberación del ovocito por parte del folículo. La ovulación ocurre de 10 a 12 h después del coito. La ovulación también puede ser inducida por medios hormonales (Alvariño, 1993).

La receptividad sexual es el comportamiento mostrado por las hembras para permitir la cópula, para ello las hembras receptivas adoptan la postura de lordosis. Esta posición consiste en elevar las patas traseras para dejar al descubierto la región perineal, facilitando así la coincidencia de la vulva y el pene, mientras el macho se acerca, ronda detrás, se levanta sobre las patas traseras y apoya su cuerpo en la grupa de la hembra (Contreras *et al.*, 2008).

2.3. Inseminación artificial y monta natural

La rentabilidad de las granjas de conejos se ha incrementado en los años más recientes, debido principalmente a las mejoras en la reproducción y a la selección genética (Dal Bosco *et al.*, 2011). Además, la inseminación pronta de las conejas después del parto, combinada con un destete temprano, puede aumentar la prolificidad y disminuir los intervalos entre partos. La sincronización de partos incrementa la fertilidad y prolificidad, mientras que disminuye el número de inseminaciones requeridas para quedar gestante (Rebollar *et al.*, 2006). La IA

disminuye el número de machos a usar en una granja y puede acelerar el mejoramiento genético (Alvariño, 1993).

2.4. Factores que influyen en la inseminación artificial

2.4.1. Número de parto

Según Rebollar *et al.* (2006), las hembras nulíparas se caracterizan por una alta fertilidad (70%) y baja prolificidad (8.8 de un genotipo que da 10.5 gazapos nacidos). Por otro lado, Perrier *et al.* (2000) mencionan que el tamaño de camada en hembras nulíparas es más bajo debido a la alta mortalidad neonatal. Las conejas primíparas inseminadas durante su primer lactación son generalmente menos receptivas (72 vs 82%), con un tamaño de camada más grande que las nulíparas (9.8 vs 8.7 gazapos), pero con una camada menor al de las hembras multíparas (9.8 vs 11.2 gazapos) (Rebollar *et al.*, 2006). La fertilidad de primíparas es más baja, pues el intervalo entre el primer y segundo parto es más largo, y por ello necesitan más inseminaciones para tener una segunda gestación en comparación con las multíparas. Esto se debe a que las primíparas tienen algunas dificultades para soportar simultáneamente su primera lactación, su segunda gestación y su crecimiento final (Perrier *et al.*, 2000; Rebollar *et al.*, 2006). Las hembras multíparas tienen una alta fertilidad y un mayor tamaño de camada (78.6% y 11.2 nacidos vivos) (Rebollar *et al.*, 2006).

El momento de la IA después del parto influye en la tasa de concepción, las hembras multíparas inseminadas tres a cuatro días después del parto y hembras nulíparas tenían un 62.4% de tasa de concepción, mientras que hembras multíparas inseminadas diez a once días después del parto un 62.1% (Rebollar *et al.*, 1992).

2.4.2. Estado fisiológico

La tasa de concepción es menor en conejas lactantes que en conejas no lactantes (46.03 vs 70.73) (Rebollar *et al.*, 1992). La mayoría de las hembras lactantes son menos receptivas, adicional a esto, cuando tienen un tamaño de camada grande (mayor a 8 crías) son menos receptivas que aquellas que tienen una camada más pequeña (Rodríguez-De Lara y Fallas, 1999).

En IA, la diferencia en la fertilidad debido a la etapa de lactación es sistemática, siendo 10-20% a favor de conejas no lactantes (Perrier *et al.*, 2000), estas diferencias probablemente se asocian con el efecto deprimente de la lactancia en la capacidad de la ovulación (68 vs 91.5% para no lactantes), a pesar de la inyección de hormona hipotalámica GnRH al momento de la inseminación.

La lactancia, además de deprimir la receptividad al momento de la inseminación, también deprime algunos parámetros reproductivos como la fecundidad (capacidad de la ovulación, fallas en la gestación no asociados a la ovulación), y la prolificidad (intensidad de la ovulación, tasa de fertilización, supervivencia del embrión) (Theau-Clement *et al.*, 2007).

Las hembras en lactancia no receptivas a los cuatro días postparto son menos fértiles que hembras lactantes no receptivas a los once días de lactación (16.2 vs 53.8), estos resultados son consecuencia de fallas en la ovulación y en la fertilidad y mortalidad embrionaria (Theau-Clement, 1996).

La razón por la que la lactancia afecta la fertilidad se relaciona con el hecho de que la prolactina se encarga de mantener la producción de leche en ratas y conejos. El amamantamiento induce un aumento de hasta el triple de prolactina por alrededor de treinta minutos después del ordeño en vacas. La prolactina también disminuye la secreción de LH, que da lugar a la regresión folicular y el cese de la ovulación. La dopamina puede actuar directamente en la pituitaria anterior e inhibir la secreción de prolactina (Squires, 2003).

2.4.3. Receptividad

Es mucho más probable que una hembra con una vulva húmeda, rojiza o rosada acepte el servicio que una con una vulva pálida y seca, además esta coloración de la vulva puede utilizarse como un indicador de receptividad sexual de la coneja (Szendrő *et al.*, 2006; McNitt *et al.*, 2013). El tamaño de camada también está íntimamente relacionado con el color de la vulva y la receptividad (Szendrő *et al.*, 2006).

La tasa más alta de aceptación al macho ocurre cuando se presentan vulvas turgentes, rojas y rosas, y la más baja cuando las vulvas son blancas, no turgentes (100 y 96.6 vs 14.1%, respectivamente; $p < 0.001$) (Ilés *et al.*, 2013a). Por otro lado, la fertilidad está fuertemente ligada a la receptividad sexual, de hecho la fertilidad es significativamente más alta (72%) en hembras receptivas que en no receptivas (38.5%) (Theau-Clement y Lebas, 1996). Rodríguez-De Lara y Fallas (1999) encontraron que la tasa de partos es de 76% para hembras receptivas y 37% para no receptivas.

2.4.4. Peso de la hembra

El peso de la coneja resulta importante al momento de la inseminación artificial, ya que si ésta no ha alcanzado el peso óptimo (80% de su peso adulto) para la primera cubrición, existe la posibilidad de que al continuar el crecimiento de la hembra, presente competencia de nutrimentos con el feto, lo que repercute en el tamaño de la camada al parto y la tasa de concepción (Alvariño, 1993).

Rommers *et al.* (2004) reportaron que al realizar la primera inseminación a 17.5 semanas de edad con una alimentación restringida desde las cinco semanas y un peso de 3910 g, se incrementa el total de gazapos nacidos vivos (7.5 vs 6.1) y el peso de las crías al destete (741 vs 683 g) comparado con hembras que recibieron alimentación *ad libitum* durante el mismo tiempo y se inseminaron con un peso de 4390 g.

La condición corporal de las conejas influye en el éxito de la IA. Con una baja condición corporal (0 en escala de 0 a 4) las conejas tienen una baja receptividad sexual (25%) y una baja fertilidad (33.3%), mientras que hembras con buena condición corporal (2 y 3 en escala 0 a 4) su receptividad sexual y fertilidad es de 77.8 y 88.9%, respectivamente (Cardinali *et al.*, 2008).

2.4.5. Estación del año

Rodríguez-De Lara y Fallas (1999) bajo las mismas condiciones a este trabajo evaluaron por un año la influencia de factores ambientales y fisiológicos sobre características reproductivas de conejas Nueva Zelanda, encontrando que el desarrollo reproductivo en otoño-invierno tendió a ser más bajo que en primavera-verano, pero no hubo diferencias significativas entre estaciones. Sittmann *et al.* (1964) midieron durante un periodo de diecisiete años y en un clima Csa de la clasificación de Köppen tasas reproductivas de conejas Nueva Zelanda. Estos autores reportaron en los meses de junio a septiembre una tasa de concepción del 68% y la media de gazapos nacidos vivos por camada fue de 7.39, asimismo la tasa de concepción más alta fue en primavera y la más baja en otoño; el tamaño de la camada al nacimiento, y el número de nacidos vivos por camada, disminuyeron sistemáticamente desde la primavera hasta llegar al mínimo en septiembre, lo que fue asociado con cambios en la temperatura.

2.4.6. Luminosidad

El fotoperiodo de las estaciones es detectado por la glándula pineal que recibe los impulsos de luz a través del nervio óptico desde la retina del ojo, de las neuronas vecinas se libera norepinefrina que genera la secreción de melatonina de la glándula pineal. Esta actividad de la liberación hormonal y del funcionamiento de la glándula pineal son esencialmente exaltados en la oscuridad y supresión de la luz ambiental. La melatonina se cree que es la principal sustancia activa producida por la glándula pineal, y puede reemplazar la mayoría de sus funciones después de pinealectomía. Las condiciones de luz-

oscuridad se transmiten a través de los ojos, mediante los núcleos supraquiasmáticos, cuyas señales se suprimen con la luz y se activan por la ausencia de esta inhibición en la oscuridad. La melatonina inhibe las secreciones de FSH y LH inducidas por la GnRH. La melatonina interfiere ya sea con la estimulación de la liberación del GnRH de la pituitaria anterior o con el proceso de su secreción, probablemente a través de mecanismos indirectos. El ciclo de luz-oscuridad parece ser el factor regulador. La densidad de los receptores de melatonina disminuye durante la noche (Norman y Litwack, 1997; Squires, 2003).

Ben Saad y Maurel (2001) reportaron que conejos machos salvajes (*Oryctolagus cuniculus*) con implantes de melatonina (50 mg) tuvieron una actividad testicular dos meses más larga que machos a los que se les realizó gangliectomía bilateral cervical superior. Estos resultados mostraron que la actividad testicular es estimulada en los días cortos del final de otoño y que la melatonina reactiva el eje reproductivo de esta especie; sin embargo, la especie en estado salvaje tiene un patrón reproductivo contrario al estudio, esto se pudiese explicar por los diversos factores ambientales.

La cantidad de h luz afecta el comportamiento reproductivo de los conejos. Alvariño (1993) reportó que las hembras nacidas en verano tardan más en llegar a la pubertad que las nacidas en otras estaciones, también observó que las hembras expuestas a 18 h luz/día alcanzan la pubertad con menor peso y tienen más embriones que cuando se exponen a 6 h luz/día.

2.4.7. Temperatura

Según Alvariño (1993), las temperaturas extremas reducen la ingesta de alimento, fertilidad y tasa de implantación embrionaria, así como el número y peso de embriones. El intervalo de temperatura óptimo se sitúa entre 15 y 20 °C, por encima de 30 °C disminuyen los parámetros reproductivos y por debajo de 5 °C hay abandono de camadas. Por otro lado, someter a las conejas a temperaturas de 33 °C y 65% de humedad relativa durante diez días altera las características

de secreciones oviductales, con un aumento de pH y de la proporción de albúmina.

La tasa de concepción se ve alterada cuando hay variación en el índice de temperatura y humedad (ITH). De acuerdo con Marai *et al.* (2001), las hembras sometidas a un ITH de 14.9 tienen una tasa de concepción mayor que aquellas que están expuestas a un ITH de 28.9 (57 vs 20%, respectivamente); por lo anterior, se recomienda que las conejas deben tener siempre agua fresca para beber que esté a una temperatura entre 10 y 15 °C.

2.4.8. Nutrición

El desarrollo de la hembra debe ser equilibrado, los animales no debe presentar obesidad para evitar problemas en la monta, en la ovulación y captación del ovocito por el oviducto. Si la alimentación es deficiente, se puede provocar un desarrollo disminuido, por la hipertrofia del ovario a partir de la pubertad (Alvariño, 1993).

Las alteraciones fundamentales relacionadas con la alimentación son: descenso de la actividad sexual, reducción de la fertilidad, aumento de la mortalidad embrionaria y abandonos de camada. Se recomienda que la proteína bruta no esté por debajo de 15 a 16%, que la fibra bruta se sitúe entre 14 y 17% y que la relación energía/proteína tenga un valor de 19 Kcal ED/g PD (Alvariño, 1993).

2.4.9. Tecnología del semen

En la práctica de la IA es muy importante el análisis del semen para conocer su calidad. Los espermatozoides son sensibles a los efectos de gran variedad de factores ambientales que podrían modificar características del semen y disminuir los índices de concepción. Se requiere proteger el semen del choque térmico, no exponerlo a químicos nocivos, agua y radiaciones. El semen de mejor calidad es blanco nacarado y con una motilidad del 60-70%. También se realizan técnicas para determinar anomalías morfológicas. El semen debe estar libre de sustancias

o productos bacterianos, y para ello se requiere que la colecta y tratamiento del semen tenga la menor contaminación bacteriana posible. Existen diferentes tipos de diluyentes los cuales influyen en el éxito de la IA (Alvariño, 1993).

2.5. Métodos utilizados para inducir la receptividad

Rodríguez *et al.* (1989) observaron que las conejas con una alta receptividad sexual exhibieron un aumento de LH quince minutos después de aplicar GnRH, además de tener un pico de FSH y una disminución de prolactina (PRL). Estos cambios hormonales estimularon el estudio de diversos métodos que pueden inducir la receptividad sexual de las conejas al momento de la inseminación artificial, con el fin de mejorar su fecundidad (combinación de fertilidad y prolificidad) (Theau-Clement, 2007).

2.5.1. Métodos hormonales

2.5.1.1. Gonadotropina coriónica equina (eCG ó PMSG)

La eCG tiene acción de FSH, al estimular el crecimiento de los folículos ováricos; sin embargo, también ejerce un poco de actividad de LH (Squires, 2003).

Los tratamientos repetidos con eCG para la inducción del celo presentan problemas de inmunidad importantes, al disminuir la respuesta al tratamiento debido a la aparición de anticuerpos que neutralizan la acción biológica de la hormona (Alvariño, 1993). Sin embargo, Lebas *et al.* (1996) mostraron que la aplicación de eCG no parece afectar la fertilidad y receptividad de las hembras al aplicar 25 UI de eCG 48 h antes de la inseminación, aun cuando hubo desarrollo de inmunidad.

La aplicación de una inyección de 8 ó 25 UI de eCG 48 h antes de la inseminación de la coneja en el cuarto día de lactancia mejora la productividad global. Una respuesta inmune se detectó sólo después de la inyección seis y la mayor respuesta inmune fue directamente relacionada con la dosis inyectada. En consecuencia, aunque la respuesta a la dosis es dependiente del conejo, la

respuesta inmune a la inyección de eCG parece ser marginal. No se evidenció ninguna relación entre respuesta inmune y la productividad, incluso después de 10 tratamientos con eCG (8 ó 25 UI), que abarca la vida reproductiva completa de una coneja en granjas (Theau-Clement *et al.*, 2008b); no obstante, el uso de PMSG a una dosis de 20 UI tres días antes de la IA afecta el número de embriones de buena calidad comparado con conejas a las que no se les aplicó (6.9 vs 8.2). La cantidad de embriones degenerados también es mayor cuando se administra PMSG que cuando no (4.9 vs 0) (Boiti *et al.*, 1995).

2.5.1.2. Hormona folículo estimulante (FSH)

La FSH aplicada a dosis de 20 a 40 UI asociadas con 0.02 mg de estrógenos ha mostrado ser altamente efectiva en la aceptación del macho, con una tasa de gestación del 62 al 65%, si el tratamiento se repite a los cuarenta y cinco días, la aceptación desciende a 53-65%, y si se repite durante cinco semanas consecutivas la fertilidad se reduce al 10% (Alvariño, 1993).

2.5.2. Métodos no hormonales

Las regulaciones del uso exógeno de hormonas han provocado que se usen métodos alternativos para aumentar la receptividad de las conejas y como consecuencia su productividad. Por esta razón un importante estudio fue realizado por el GRIC (Grupo de Reproducción Internacional del Conejo) para proponer métodos alternativos no hormonales llamados bioestímulos (Boiti, 1998).

2.5.2.1. Fotoperiodo

La exposición de hembras a periodos largos de luz (16 h) es una técnica que induce la pubertad a menor edad (142 d) comparado con hembras que recibieron 8 h luz (167 d) (Berepubo *et al.*, 1993). La exposición de conejas por dieciocho semanas, después de su primer destete, a diferentes patrones de luminosidad influye en la tasa de receptividad, siendo significativamente más alta con un

programa de 16 h luz y 8 h oscuridad, que con uno de 8 h luz y 16 h oscuridad (91.3 vs 77.5%). Además, cambiar de 8 a 16 h luz aumenta el comportamiento sexual de la coneja y este comportamiento se mantiene hasta una semana después de que se concluyó la exposición por 16 h luz (Theau-Clement *et al.*, 2008a).

Los programas de luz pueden ser intermitentes, Szendrő *et al.* (2004) mostraron que el resultado de exponer hembras a dos programas de luz, uno convencional (16 h luz: 8 h oscuridad) y otro de luminosidad intermitente (8 h luz: 4 h oscuridad y 8 h luz: 4 h oscuridad), dio como resultado un tamaño de camada ligeramente más alto en el primer programa que en el segundo (8.76 vs 8.50 gazapos), además de una mayor mortalidad (5.9 vs 8.7%).

La luz artificial de color rojo por 16 h en conejas California tuvo mejor tasa de gestación (77.3%) que el uso de luz de color natural por el mismo tiempo (53.3%). También al comparar la luz natural contra la luz roja mejora el tamaño de camada al nacimiento (4.72 vs 7.64) y el porcentaje de viabilidad (70.7 vs 96.5). La luz roja, además, incrementa la concentración sérica de melatonina (8.58 vs 24.46 ng/L), la FSH (5.64 vs 17.12 ng/ml) y estrógenos (11.66 vs 15.46 ng/L) en comparación con la luz natural (Kalaba y Abdel-Khalek 2011).

2.5.2.2. Cambio de jaula

La técnica consiste en cambiar de jaula a la hembra antes de la inseminación artificial. Luzi y Crimella (1998) mostraron que si el cambio se realiza dos días antes de la IA aumenta la fertilidad en conejas multíparas lactantes y no lactantes comparadas con hembras que no recibieron el bioestímulo (75.8 vs 61.8 y 65.7 vs 53.6%, respectivamente). Rodríguez-De Lara *et al.* (2003) mostraron que hay una mayor receptividad sexual cuando se cambia de jaula 8-10 h antes de la IA comparado con aquellas a las que no se les realizó cambio (74.8 vs 55%). Sin embargo, Manal (2010) reportó que la tasa de fertilidad al cambiar de jaula a la

hembra junto con su camada 48 h antes de la IA no fue efectivo cuando se compara con el uso de flushing (40 vs 90%, respectivamente).

2.5.2.3. Restricción de la lactación

La restricción de la lactación cuando se realiza 36 ó 48 h antes de la IA resulta en un método efectivo para aumentar la fertilidad en conejas cuando se inseminan al día 11 posparto (Alvariño *et al.*, 1998; Bonanno *et al.*, 1999). Alvariño *et al.* (1998) reportaron una tasa de fertilidad del 85.6% en hembras que se les restringe la lactación 36 h antes de la IA y se inseminan al día once posparto, mientras la fertilidad en hembras tratadas con eCG la fertilidad fue de 81.8%. Al restringir la lactación se provocó una disminución del 10% del peso al destete en las camadas, aunque en la práctica esto puede compensarse en la etapa de engorda.

Ilés *et al.* (2013b) mencionan que la restricción de la lactación por 48 h antes de la IA provocó que el 60% de hembras rechazaran al macho antes de que pudieran amamantar, pero al permitirseles el amamantamiento el 80.9% aceptaba la monta. Rebollar *et al.* (2008) encontraron que las hembras que se inseminaron al día diez postparto y se les restringió la lactación 24 h antes de la IA tuvieron una menor concentración plasmática de prolactina (15.23 ng/ml) con respecto a hembras que sí pudieron amamantar (27.98 pg/ml).

2.5.2.4. Flushing

El “flushing” consiste en incrementar la ración de comida (energía) justo antes de realizar la monta. Gosalvez *et al.* (1994) reportan que si el flushing se realiza por cuatro días en hembras de 14 y 17 semanas de edad, después de habérseles restringido el alimento hasta en un 70% por 2 semanas, tuvo efecto en el número de folículos. El número de folículos antrales con un diámetro mayor a 6 mm fue mayor en las hembras de 14 semanas (16 folículos) en comparación con hembras que no recibieron flushing (8 folículos). En el grupo de 17 semanas de edad, la

mayor proporción de hembras que ovularon se encontraron en el grupo que recibió flushing.

Manal (2010) menciona que la aplicación de un flushing por una semana antes de la IA mostró buenos resultados en la fertilidad de hembras multíparas (90%) y en la concentración de estrógenos en plasma (60.11 pg/ml), después de haber restringido el alimento a 100 g/d por dos meses y sin realizar montas. Las hembras sin flushing tuvieron una fertilidad del 40% y 30 pg/ml de estrógenos en plasma.

2.6. Inducción de la ovulación

La ovulación en la coneja se produce sólo después de inducción por un estímulo externo, como el apareamiento. Esto incluye la estimulación de la parte anterior de la vagina por el pene, así como la presión en los cuartos traseros de montaje por el macho. Una excitación sexual intensa o montaje de la coneja por otros conejos también puede inducir la ovulación (McNitt *et al.*, 2013).

La aplicación de análogos de GnRH es un método seguro para inducir la ovulación por que se pueden dar varios tratamientos y no induce la formación de anticuerpos (Adams, 1981). Las dosis de GnRH han variado desde 0.3 a 4 mg por vía intramuscular (Zapletal and Pavlik, 2008), hasta la aplicación por vía vaginal haciendo una mezcla con el semen en dosis que van de uno a diez microgramos (Viudes de Castro *et al.*, 2007).

2.7. Efecto macho

El efecto macho es un método del que no se tiene certeza que tenga efecto en conejos como ocurre en otras especies (Theau-Clement, 2007). Eiben *et al.* (2001) no reportaron ninguna respuesta en tamaño de camada, prolificidad y nivel de receptividad en hembras expuestas a machos; sin embargo, las hembras

alojadas junto a las jaulas de los machos tuvieron numéricamente un tamaño de camada más grande (7.6 vs 8.8 gazapos). Rodríguez-De Lara *et al.* (2003) reportaron que la exposición a machos influye en la cantidad de gazapos nacidos vivos por camada (8.18) en comparación a conejas no expuestas (6.6). Ola y Oyegbade (2012) reportaron que cuando hay contacto olfatorio-auditivo o visual de hembras a machos hay cambios en la coloración de la vulva. Ninguna de las hembras que estuvieron en contacto con machos presentó vulvas blancas y solo las que tuvieron contacto visual presentaron cuerpos lúteos, mientras que ninguna de las hembras sin contacto con machos mostró vulvas rojas.

2.8. Función de las Feromonas

Las feromonas son sustancias que causan una respuesta de comportamiento inmediato, generalmente esto implica una referencia olfativa que transfiere información específica y en consecuencia provoca un comportamiento concreto. En los mamíferos domésticos, las feromonas del sexo masculino tienen una influencia en la inducción de la pubertad, la interrupción del anestro estacional y el acortamiento de anestro posparto. La bioestimulación es el término acuñado para describir el efecto estimulador de un macho sobre el estro y la ovulación a través de la estimulación genital, las feromonas, o de otras señales externas menos definidas (Rekwot *et al.*, 2001).

Recientes estudios han demostrado que los sistemas químico-sensoriales y olfatorios están involucrados en la detección de feromonas. En estos sistemas las neuronas periféricas químico-sensoriales localizadas en la cavidad nasal expresan distintas familias de receptores se unen a feromonas y desencadenan una cascada de eventos moleculares y eléctricos que, en última instancia, influyen en algunos aspectos de la conducta social del individuo. Las neuronas sensoriales del órgano vomeronasal mantienen una relación con áreas del hipotálamo en mamíferos adultos, influenciando en su función neuroendocrina y comportamiento (Tirindelli *et al.*, 2009).

Los subconjuntos neuronales de los distintos órganos olfatorios expresan tipos específicos de receptores, un sistema de segundo mensajero, que se unen a los canales iónicos para transformar estas señales eléctricas en feromonas (Tirindelli *et al.*, 2009).

La exposición de cabras en su época de anestro a trozos de pelo cortado de machos sexualmente activos provoca ovulaciones en la mayoría de ellas (80%) en comparación con aquellas que estaban aisladas de los machos (5%) (Birch *et al.*, 1989).

La exposición de hembras de ratón a dos componentes de la orina de ratones machos: 2- (sec-butyl)-4,5-dihydrothiazole y dehydro-exobrevicomín, provocó que tuvieran un número similar de ciclos estrales (3.5) en diferentes densidades de población, mientras que hembras expuestas a orina de machos castrados o agua, el número de ciclos estrales disminuyó cuando había mayor densidad de población (1.5 y 1.6, respectivamente) (Jemiolo *et al.*, 1986). Además, Novotny *et al.* (1999) mostraron que hay compuestos volátiles en la orina de ratones machos enteros que logran acelerar el paso a la pubertad en las hembras pre-púberes, esto se observa al lograr un mayor peso del útero (90 mg) de las hembras expuestas a la orina de machos enteros al día 27 de edad que en hembras expuestas a agua (41 mg).

2.9.Literatura citada

- Adams, C. E. 1981. Artificial insemination in the rabbit: the technique and application to practice. *Journal Applied Rabbit Research* 4: 10-13.
- Alvariño R., M. 1993. Control de la Reproducción en el Conejo. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 137p.
- Alvariño J., M., R., A. Del Arco J., and A. Bueno. 1998. Effect of mother-litter separation on reproductive performance of lactating rabbit females inseminated on day 4 or 11 post partum. *World Rabbit Science* 6 (1): 191-194.
- Ben Saad, M. M., and D. Maurel. 2001. Effects of bilateral ganglionectomy and melatonin replacement on seasonal rhythm of testicular activity in Zembra Island wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Reproduction* 121: 323-329.
- Birch, E. J., T. W. Knight, and G. J. Shaw. 1989. Separation of male goat pheromones responsible for stimulating ovulatory activity in ewes. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 32: 337-341.
- Berepubo, N. A., M. B. Nodu, A. Monsi, and E. N. Amadi. 1993. Reproductive response of prepuberal female rabbit to photoperiod and/or male presence. *World Rabbit Science* 1 (2): 83-87.
- Boiti, C., C. Castellini, C. Canali, D. Zampini, and M. Monaci. 1995. Long term effect on a PMSG on rabbit does reproductive performance. *World Rabbit Science* 3 (2): 51-56.
- Bonanno, A., M. Alabiso, A. Di-Grigoli, M. L. Alicata, and G. Leto. 1999. Effect of a 48 h delayed insemination with or without a 48 h does litter separation on performance of non-receptive rabbits does. *World Rabbit Science* 7 (3): 171-175.

- Cardinali, R., A. Dal-Bosco, A. Bonanno, A. Di-Grigoli, P.G. Rebollar, and P.L. Lorenzo. 2008. Connection between body condition score, chemical characteristics of body and reproductive traits of rabbit does. *Livestock Science* 116: 209-215.
- Castellini, C., C. Canali, and C. Boiti. 1998. Effect of mother-litter separation for 24 hours, by closing the nestbox or change of cage, on rabbit doe reproduction performance. *World Rabbit Science* 6 (1): 199-203.
- Contreras J., L., L. G. Contreras-Ferrat, E. Canchola, D. Ambriz, J. Rivera G., and J. Olvera. 2008. Manual induction of lordosis and detection of oestrus in the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *In: World Rabbit Science 9th World Rabbit Congress June 10-13, Verona Italy*: 321-325.
- Dal Bosco, P. G., C. Rebollar, M. Boiti, Zerani, and C. Castellini. 2011. Ovulation induction in rabbit does: current knowledge and perspectives. *Animal Reproduction Science* 129: 106-117.
- Eiben, C., K. Kustos., Z. Szendrő, M. Theau-Clement, and K. Gordor-Surmann. 2001. Effect of male presence before artificial insemination on receptivity and prolificacy in lactating rabbit does. *World Rabbit Science* 9 (3): 123-133.
- Gosalvez, L. F., J. M. Alvariño R., P. Diaz, and M. Tor. 1994. Influence of age, stimulation by PMSG or flushing on the ovarian response to LHRH in young rabbit females. *World Rabbit Science* 2 (2): 41-45.
- Hafez, E. S. E. 2002. *Reproducción e Inseminación Artificial en Animales*. 7a Edición. Mc-Graw Hill Interamericana. México, D.F. 519 pp.
- Ilés I., S. Boukhari, R. Belabbes, I. Boulbina, S. Zenia, and H. Ain Baaziz. 2013a. Relations entre les caractéristiques externes de la vulve et le comportement sexuel chez la lapine domestique Algérienne. *Livestock Research for Rural Development* 25 (8).

- Ilés I., Y. Benazzoug, A. Messli, S. Boukhari, and C. Boiti. 2013b. Oestrus induction in primiparous lactating rabbits by a 48 hours mother-litter separation. Endocrine and behavioural responses. *World Rabbit Science* 21: 161-168.
- Jemiolo, B., S Harvey, and M. Novotny. 1986. Promotion of the Whitten effect in female mice by synthetic analogs of male urinary constituents. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 83: 4576-4579.
- Kalaba, Z., and M. Abdel-Khalek. 2011. Reproductive performance of rabbit does and productivity of their kits in response to color of light. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 6 (8): 814-822.
- Lebas, F., M. Theau-Clement, B. Remy, P. Drion, and J. F. Beckers. 1996. Production of anti-PMSG antibodies and relation to the productivity of rabbit does. *World Rabbit Science* 4 (2): 57-62.
- Luzi, F., and C. Crimella. 1998. Effect of change of cage 2 days before artificial insemination on reproductive performance of rabbit does. *World Rabbit Science* 6 (1): 195-198.
- Manal, A. F. 2010. Flushing or doe relocation as biostimulation methods for improvement of sexual behaviour and performance of multiparous rabbit doe after a summer resting period. *World Rabbit Science* 18: 151-158.
- Marai I. F. M., M. S. Ayyat, and U. M. Abd El-Monem. 2001. Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand white female rabbits as affected by heat stress and its alleviation under Egyptian conditions. *Tropical Animal Health and Production* 33: 451-462.
- McNitt, J. I., S. D Lukefahr, P. R. Cheeke, and N. M. Patton. 2013. **Rabbit** Production. 9th Edition. CABI. London, U.K. 314 pp.
- Mocé E., R. Lavara, and J. Vicente S. 2003. Effect of an asynchrony between ovulation and insemination on the results obtained after insemination with

- fresh or frozen sperm in rabbits. *Animal Reproduction Science* 75: 107-118.
- Norman A. W., and Litwack G. 1997. *Hormones*. Academic Press. Second edition. San Diego, CA. 558 p.
- Novotny, M. V., M. Weidong, D. Wiesler, and L. Zidek. 1999. Positive identification of the puberty-accelerating pheromone of the house mouse: the volatile ligands associating with the major urinary protein. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences* 266: 2017-2022.
- Ola, S. I., and O. M. Oyegbade. 2012. Buck effect on rabbit oestrous: vulva colour, vaginal lumen cells and ovarian follicle populations. *World Rabbit Science* 20: 71-79.
- Perrier, G., M. Theau-Clément, M. Jouanno, and J. P. Drouet. 2000. Reduction of the GnRH dose and inseminated rabbit doe reproductive performance. *World Rabbit Science* 1 (8): 225-230.
- Rebollar P., G., E. Ubilla, and J. M. Rodríguez. 1992. Influence of the parturition-insemination interval on the conception rate in rabbits artificially inseminated with fresh semen. *Journal of Applied Rabbit Research* 15: 407-411.
- Rebollar P., G., A. Millan., N. Pereda, P. Millan, P. Cano, A. I. Esquifino, M. Villarroel, G. Silvan, and P. L. Lorenzo. 2006. Oestrus synchronisation of rabbit does at early post-partum by doe–litter separation or eCG injection: Reproductive parameters and endocrine profiles. *Animal Reproduction Science* 93: 218-230.
- Rebollar P., G., A. Bonanno, A. Di Grigoli, G. Tornambe, and P. L. Lorenzo. 2008. Endocrine and ovarian response after a 2-day controlled suckling and eCG treatment in lactating rabbit does. *Animal Reproduction Science* 104: 316-328.

- Rebollar P., G., M. A. Pérez-Cabal, N. Pereda, P. L. Lorenzo, M. Arias-Álvarez, and P. García-Rebollar. 2009. Effects of parity order and reproductive management on the efficiency of rabbit productive systems. *Livestock Science* 121: 227-233.
- Rekwot, P. I., D. Ogwub, E. O. Oyedipe, and V. O. Sekoni. 2001. The role of pheromones and biostimulation in animal reproduction. *Animal Reproduction Science* 65: 157-170.
- Rodríguez J., M., C. Agrasal, and A. Esquifino. 1989. Influence of sexual receptivity on LH, FSH and prolactin release after GnRH administration in female rabbits. *Animal Reproduction Science* 20: 57-65.
- Rodríguez-De Lara, R., and M. Fallas L. 1999. Environmental and physiological factors influencing kindling rates and litter size at birth in artificially inseminated doe rabbits. *World Rabbit Science* 7 (4): 191-196.
- Rodríguez-De Lara, R., M. Fallas-López, R. Rangel-Santos, y V. Mariscal-Aguayo. 2003. Influence of short-term relocation and male exposure on sexual receptivity and reproduction in artificially inseminated doe rabbits. *Animal Reproduction Science* 78: 111-121.
- Rommers, J. M., Meijerhof Ron, J. Noordhuizen P.T.M. and Bas Kemp. 2004. Effect of feeding program during rearing and age at first insemination on performances during subsequent reproduction in young rabbit does. *Reproduction Nutrition Development* 44: 321-332.
- Sittmann, B. D., C. K. Rollins, K. Sittmann, and R. B. Casady. 1964. Seasonal variation in reproductive traits of New Zealand white rabbits. *Journal Reproduction Fertility* 8: 29-37.
- Squires, J. E. 2003. *Applied Animal Endocrinology*. CABI, Cambridge, USA. 234 p.

- Szendrő, Z. S., Z. S. Gerencsér, M. Gyovai, S. Z. Metzger, I. Radnai, and E. Birónémeth. 2004. Effect of photoperiod on the reproductive traits of rabbit does. Proceedings 8th World Rabbit Congress, Puebla, México 354-357.
- Szendrő, Z. S., Rashwan A. A., Biróné Németh E., and Radnai I. 2006. Effect of vulva colour and turgidity on conception rate and litter size of rabbit does. World Rabbit Science 14: 265-276.
- Theau-Clement, M. 1996. Antagonismo tra lattazione e riproduzione sulla produttività di coniglie inseminate artificialmente. Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootecniche. Brescia, Italia, 9-16.
- Theau-Clement, M., and F. Lebas. 1996. Effect of a systematic PMSG treatment 48 hours before artificial insemination on the productive performance of rabbit does. World Rabbit Science 4: 47-56.
- Theau-Clement, M. 2007. Preparation of the rabbit doe to insemination: a review. World Rabbit Science 15: 61-80.
- Theau-Clement, M., B. Malpaux, E. Lamothe, N. Milcent, H. Juin, and L. Bodin. 2008a. Influence of photoperiod on the sexual behavior of non-lactating rabbit does: preliminary results. 9th World Rabbit Congress. Verona Italy 465-470.
- Theau-Clement, M., F. Lebas, J. F. Beckers, and P.V. Drion. 2008b. Evolution of anti-eCG antibodies in response to eCG doses and number of injections. Relationship with productivity of rabbit does. Animal 2 (5): 746-751.
- Tirindelli, R., M. Dibattista, S. Pifferi, and A. Menini. 2009. From pheromones to behavior. Physiology Review 89: 921-956.
- Ungerfeld, R., M. A. Ramos, and S. P. González-Pensado. 2008. Ram effect: adult rams induce a greater reproductive response in anestrus ewes than yearling rams. Animal Reproduction Science 103: 271-277.

- Uzcategui, M. E., and N. P. Johnston. 1992. The effect of 10, 12 and 14 hour continuous and intermittent photoperiods on the reproductive performance of female rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research* 15: 553-559.
- Viudes-De Castro, M. P., R. Lavara, F. Marco-Jimenez, C. Cortell, and J. Vicente S. 2007. Ovulation induced by mucosa vaginal absorption of buserelin and triptorelin in rabbit. *Theriogenology* 68: 1031-1036.
- Zarco-Quintero, L. A. y L. Álvarez-Ramírez. 2001. Los fenómenos de bioestimulación en ovejas y cabras. *Veterinaria México* 32 (2): 117-129.
- Zapletal, D. and A. Pavlik. 2008. The effect of lecorelin (GnRH) dosage on the reproductive performance of nulliparous and lactating rabbit does. *Animal Reproduction Science* 104: 306-315.

3. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN CONEJAS INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE CON EXPOSICIÓN CONTROLADA AL MACHO

3.1. Resumen

Este estudio evaluó el efecto de diferentes tiempos de exposición de machos a hembras antes de la inseminación artificial (IA) en la tasa de partos (TP) y tamaño de la camada (TC) al nacimiento. Conejas Nueva Zelanda Blanco ($n = 63$) de 75 días de edad fueron asignadas al azar a uno de tres tratamientos: T1) sin exposición a machos o grupo testigo; T2) exposición de machos durante 4 h; y T3) exposición de machos durante 8 h. El diseño experimental fue completamente al azar con 21 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue la coneja. Las inseminaciones fueron por primera vez a los 3500 g de peso vivo, y regularmente entre los 10 y 12 días postparto. De 280 inseminaciones se obtuvieron 184 partos. La media del intervalo parto inseminación fue de 10.9 días. La TP en conejas nulíparas (ND) fue 16.7 y 8.3 % mayor que conejas lactando (LD) y no lactando (NLD), pero sin diferencias ($p > 0.05$). El TC fue influenciado ($p = 0.01$) por el estado fisiológico; el TC en conejas ND, LD y NLD fue 6.6 ± 0.35 , 7.3 ± 0.31 y 8.2 ± 0.38 , respectivamente. La TP no fue influenciada ($p > 0.05$) por exposición de machos; las TP para T1, T2 y T3 fueron 62, 65 y 70%, respectivamente. Se encontró un efecto ($p = 0.04$) de tratamiento para el TC; el TC para los tratamientos fue 7.3 ± 0.34 , 8.1 ± 0.38 y 6.8 ± 0.33 para T1, T2 y T3, respectivamente. El TC fue influenciado ($p < 0.05$) por la interacción estado fisiológico x tiempo de exposición de machos. En conclusión, exponer machos a hembras por 8 h en conejas lactando y 4 h en hembras no lactando antes de la IA incrementa el tamaño de la camada al nacimiento.

Palabras clave: conejos, efecto macho, bioestímulo.

REPRODUCTIVE PARAMETERS IN RABBITS ARTIFICIALLY INSEMINATED WITH CONTROLLED EXPOSURE TO MALE

3.2. Abstract

This study aimed to evaluate the effect of different times of male exposure before artificial insemination (AI) on kindling rate (KR) and litter size at birth (LS) of rabbit does. Seventy-five days old New Zealand White doe rabbits ($n = 63$) were assigned randomly to one of three treatments: 1) no male exposure or control group; 2) male exposure for 4 hours; 3) male exposure for 8 hours. The experimental design was completely randomized with 21 replicates per treatment, the experimental unit was a doe. Doe rabbits were first inseminated when they reached 3500 g body weight and regularly from 10 to 12 days after kindling. Of a total 280 inseminations performed, 184 litters were obtained. The average parturition to insemination interval was 10.9 days. The KR of nulliparous (ND) does was 16.7 and 8.3 % higher than that of lactating (LD) and non-lactating (NLD) does, but the differences were non-significant ($p > 0.05$). The KR was influenced ($p = 0.01$) by the physiological status. The LS in ND, LD and NLD does were 6.6 ± 0.35 , 7.3 ± 0.31 y 8.2 ± 0.38 , respectively. The KR was not influenced ($p > 0.05$) by the time of male exposure. KR values for treatments 1, 2 and 3 were 62, 65 y 70%, respectively. There was a significant effect ($p < 0.04$) of treatment for LS. LS for treatments 1, 2 and 3 were 7.3 ± 0.34 , 8.1 ± 0.38 y 6.8 ± 0.33 , respectively. LS was influenced ($p < 0.05$) by the interaction physiological status x time of male exposure. In conclusion, the male exposure for 8 h in LD and 4 h in NLD before AI, increased the litter size at birth.

Palabras clave: rabbit, male effect, biostimulation.

Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Erick Ignacio Estrada Santillán
Director de tesis: Raymundo Rodríguez De Lara

3.3. Introducción

La inseminación artificial (IA) es una herramienta útil en la cunicultura comercial, ya que permite mejorar la producción y disminuir los costos de operación (Mocé *et al.*, 2003). En granjas comerciales de conejos para carne, las conejas generalmente son inseminadas dentro de los primeros once días después del parto. En este periodo la receptividad sexual de las conejas lactando es baja, lo que influye en la fertilidad y prolificidad de programas de IA (Rebollar *et al.*, 2006; 2009).

Se han desarrollado estrategias para mejorar la receptividad sexual en conejas lactando, mediante la aplicación de gonadotropina coriónica equina (eCG) dos días antes del servicio (Theau-Clement *et al.*, 2008), programas de iluminación intermitente y continua (Uzcategui y Johnston, 1992), separación temporal de la coneja de sus crías (Alvariño *et al.*, 1998; Castellini *et al.*, 1998) y el cambio súbito de conejas a diferentes jaulas (Luzi y Crimella, 1998; Bonanno *et al.*, 1999; Rodríguez-De Lara *et al.*, 2003).

La exposición de hembras a machos sexualmente maduros ha mostrado poder inducir la actividad sexual y reducir el anestro estacional en ovejas y cabras (Zarco-Quintero y Álvarez-Ramírez, 2004; Ungerfeld *et al.*, 2008) y adelantar el momento de la ovulación relativa a la aparición del estro en ovejas (Hawken *et al.*, 2008). La presencia del verraco en cerdas lactantes reduce el período postparto y acelera la pubertad en las hembras por treinta días, y sincroniza el estro puberal (Rekwot *et al.*, 2001). En conejos existen pocos trabajos relacionados al efecto de la exposición de machos en el comportamiento reproductivo de conejas en diferentes estados fisiológicos. Eiben *et al.* (2001) observaron en conejas lactando que exponer hembras a machos cuatro días antes de la IA no influye en la receptividad sexual, la tasa de partos y el tamaño de camada. Sin embargo, Rodríguez-De Lara *et al.* (2003) encontraron incrementos en el tamaño de la camada al parto cuando las conejas fueron expuestas al macho 8-10 h antes de la IA. Ola y Oyegbade (2012) reportaron en

conejos la presencia de cuerpos lúteos al exponer machos a hembras. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la exposición de machos a hembras por diferentes periodos antes de la IA en la fertilidad y el tamaño de camada.

3.4. Materiales y métodos

3.4.1. Localización

La investigación se realizó en “Conejos” Centro de Investigación Científica del Estado de México A.C. (COCICEMAC) ubicado en San Miguel Coatlinchán, municipio de Texcoco, estado de México. El centro se localiza en el valle de México a 19° 17' latitud norte y 98° 53' latitud oeste, con una altura de 2240 msnm. La temperatura media anual es de 15 °C.

3.4.2. Animales, tratamientos y diseño experimental

Conejas Nueva Zelanda Blanco (n = 63) de 75 días de edad, fueron asignadas completamente al azar a uno de tres tratamientos experimentales como sigue: (1) sin exposición a machos o grupo testigo; (2) hembras expuestas a machos durante 4 h antes de la inseminación artificial (IA); (3) hembras expuestas a machos durante 8 h antes de la IA. El diseño experimental fue completamente al azar con 21 repeticiones por tratamiento, en donde la unidad experimental fue la coneja. Las conejas en los tres tratamientos fueron dispuestas en jaulas individuales continuas o en bandas y las mismas estuvieron distantes entre ellas mismas a más de dos metros de distancia dentro de la unidad de maternidad. Las conejas en el grupo control estuvieron aisladas sin presencia de machos, mientras que a las conejas en los tratamientos 2 y 3 la presentación o exposición al macho fue frente a frente en jaulas adyacentes. El experimento se inició en la cuarta semana de enero y finalizó la segunda semana de junio.

3.4.3. Instalaciones y ambiente

Las conejas fueron alojadas en una unidad de maternidad con ambiente natural de 25 x 10 metros provistos de aislamiento térmico en techos y paredes. Todas las conejas se mantuvieron individualmente en jaulas metálicas galvanizadas tipo “Europeo” con medidas de 75 cm x 55 cm x 40 cm dispuestas en un sistema “flat-deck” provistas de bebedero automático en forma de tetina y comedero tipo inglés

con una capacidad de alimento de 1500 g (Fábrica de Jaulas López Hermanos, México D.F.). Las conejas fueron mantenidas bajo un régimen de 16 h luz: 8 oscuridad mediante control manual y con el apoyo de un reloj electrónico programado.

3.4.4. Manejo alimenticio

La dieta comercial peletizada utilizada contenía 17.4% de proteína cruda, 5.3% de grasa, 15.2% de fibra cruda, 8.0% de cenizas, 44.3% de extracto libre de nitrógeno, 1.2% de calcio, 0.7% de fósforo, 2600 kcal de energía digestible por kg y el contenido de humedad fue 10.2%. Las conejas primíparas fueron alimentadas *ad libitum* antes de la primera inseminación y después fueron restringidas a 120 g/día hasta el diagnóstico de gestación positivo. Las conejas gestantes y lactantes recibieron alimentación *ad libitum*. Las repetidoras y no confirmadas gestantes al momento del destete fueron restringidas a 120 g por día hasta un diagnóstico de gestación positivo.

3.4.5. Manejo reproductivo e inseminación artificial

El peso promedio de las conejas a la primera inseminación artificial fue de 3500 g. Las conejas fueron sometidas a un ritmo semi-intensivo de reproducción al inseminarlas entre 10 a 12 días después del parto. Conejas que perdían sus camadas al momento del parto eran inseminadas durante los primeros ocho días post parto según su condición corporal. En cada día de inseminación programada, se colectaron dos eyaculados de los machos destinados a las conejas de acuerdo con el método propuesto por Walton (1945). Los eyaculados se mantuvieron en baño María a 32 °C, utilizándose dentro de una hora después de la colección. Las muestras con apariencia lechosa o cremosa y una motilidad mayor a 75% se seleccionaron para diluirse en una solución buffer salina fosfatada (Dulbecco A, Oxoid Inc, UK). La tasa de dilución varió entre 1:4 y 1:12, dependiendo del número de conejas por inseminar en un día. La inseminación fue homoespermática, al utilizar ya sea el primer o el segundo eyaculado o ambos del mismo macho, de acuerdo con los lineamientos de mejora genética

establecidos en el centro de investigación donde se realizó la investigación. Para la inseminación, las conejas se sujetaron individualmente en posición supina, introduciendo la pipeta tipo Inglés de pyrex a 6 cm de profundidad de la vagina, aplicando una dosis seminal de 20×10^6 espermatozoides. La ovulación fue inducida con la aplicación intramuscular de 20 µg de una hormona análoga liberadora de gonadotropinas (GnRH; Fertagyl Intervet), después de la inseminación artificial. El diagnóstico de gestación fue realizado de 10 a 14 días después del servicio mediante palpación abdominal y las conejas no gestantes fueron reinseminadas lo más pronto posible. Se utilizaron nidos de madera de 55 x 30 x 25 cm y fueron provistos cuatro días antes del parto. El destete se realizó a los 28 días después del parto.

3.4.6. Variables respuesta

Se midió la tasa de partos, considerada como la proporción de hembras inseminadas que parieron, y el tamaño de camada, definida como el número de gazapos nacidos totales al nacimiento.

3.4.7. Análisis estadístico

Del total de 63 conejas que iniciaron el experimento, sólo 57 lo finalizaron. El número de conejas que completaron el estudio para cada uno de los tratamientos fue T1=20, T2=17 y T3=20. Las causas por las cuales las conejas no finalizaron el experimento fueron por muerte, eliminaciones técnicas y patológicas. La información de las conejas muertas o desechadas fue excluida de los análisis estadísticos. Se analizó el comportamiento reproductivo por coneja y por camada. Para evaluar el comportamiento de las conejas se utilizó un modelo que incluyó sólo el efecto fijo de tratamiento (0 h, 4 h, 8 h exposición de machos), utilizando el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2011). Las medias de mínimos cuadrados fueron comparadas mediante pruebas de Tukey.

La información por camada fue analizada como medidas repetidas. La tasa de partos fue considerada como variable Bernoulli (variable 0-1). La tasa de partos

y el número de gazapos nacidos totales/camada fueron sometidas a un análisis de varianza con el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + T_j + (E * T)_{ij} + b_1(X_{ijk} - \bar{X}_{ijk}) + e_{ijk}$$

Dónde: Y_{ijk} es la variable respuesta; μ es la media general; E_i el efecto fijo del i -ésimo estado fisiológico (i =núlípara, lactando, no lactando); T_j es el efecto fijo del j -ésimo tiempo de exposición del macho (j =0 h, 4 h, 8 h); $(E * T)_{ij}$ es el efecto fijo de la interacción de primer orden; X_{ijk} es el efecto del peso de la coneja a la inseminación como covariable; b_1 es el coeficiente de regresión lineal asociada a X_{ijk} ; y e_{ijk} es el efecto residual $\sim NI(0, \sigma_e^2)$. El orden de parto fue adicionado como covariable para el número de gazapos nacidos totales. Las covariables sin efectos significativos ($p > 0.05$) fueron eliminadas del modelo final. La tasa de partos y el número de gazapos nacidos totales se compararon mediante mínimos cuadrados, utilizando el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2011). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

3.5. Resultados

Se realizaron un total de 280 inseminaciones en 57 conejas. Del total de inseminaciones realizadas para los tres tratamientos, el número de partos fue de 184. Los estadísticos descriptivos para el comportamiento reproductivo por coneja por periodo productivo se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos para el comportamiento reproductivo por coneja por periodo reproductivo.

Variable	N	Mínimo	Máximo	Media	DE*	CV**
Número de inseminaciones por coneja	57	3.0	7.0	4.9	1.0	20.8
Número de partos por coneja	57	2.0	4.0	3.2	0.7	21.8
Servicios de IA por parto	57	1.0	3.5	1.7	0.7	42.1
Intervalo parto inseminación (días)	57	4.3	23.3	10.9	2.9	26.3
Intervalo entre partos (días)	57	37.3	106.0	53.2	15.9	29.8
Número de gazapos nacidos totales por coneja	57	11.0	41.0	23.5	7.5	31.8

* DE = desviación estándar; ** CV = coeficiente de variación (%).

En el Cuadro 2 se muestra la influencia del tiempo de exposición de machos en el comportamiento reproductivo por coneja por periodo productivo. El tiempo de exposición a machos no afectó ($p > 0.05$) el número de inseminaciones, el número de partos, el número de inseminaciones para obtener un parto ni el intervalo parto-inseminación. Al relacionar el número de partos entre el número de inseminaciones se encontró que la tasa de partos para los tratamientos 1, 2 y 3 fueron de 60.0, 63.3 y 70.8%, respectivamente. Los intervalos promedios entre partos en conejas expuestas a machos por 8 h mostraron una tendencia ($p < 0.07$) a ser más cortos en 6.9 y 11.9 días comparados con conejas sin machos o aquellas expuestas al macho durante 4 h. El número de gazapos nacidos totales acumulados por coneja por periodo experimental no fue influenciado ($p > 0.05$) por el tiempo de exposición de machos, pero las diferencias numéricas observadas fueron importantes en términos de productividad en cunicultura comercial. Conejas expuestas a machos por 4 y 8 h produjeron 2.3 y 1.8 más gazapos nacidos totales que las conejas del grupo control.

Cuadro 2. Efecto de tiempos de exposición de machos en el comportamiento reproductivo por coneja por periodo productivo.

	Tiempo de exposición a machos			Valor- <i>P</i>
	0 h (n = 20)	4 h (n =17)	8 h (n = 20)	
Número de inseminaciones por coneja	5.0 ± 0.23	4.9 ± 0.25	4.8 ± 0.23	0.741
Número de partos por coneja	3.0 ± 0.15	3.1 ± 0.16	3.4 ± 0.15	0.159
Servicios de IA por parto	1.8 ± 0.17	1.7 ± 0.17	1.5 ± 0.15	0.383
Intervalo parto inseminación (días)	10.4 ± 0.64	11.9 ± 0.69	10.6 ± 0.64	0.276
Intervalo entre partos (días)	54.1 ± 3.43	59.1 ± 3.72	47.2 ± 3.43	0.068
Número de gazapos nacidos totales por coneja	22.2 ± 1.68	24.5 ± 1.83	24.0 ± 1.68	0.625

Los estadísticos descriptivos para los pesos de las conejas a la inseminación artificial y el comportamiento reproductivo por camada se muestran en el Cuadro 3. De todas las inseminaciones, 82, 120 y 78 correspondieron a conejas nulíparas, lactando y no lactando, y el número de partos fueron 54, 59 y 71, respectivamente. La distribución del número de registros para inseminaciones y partos de acuerdo al intervalo parto inseminación en conejas lactando se presenta en la Figura 1.

Cuadro 3. Estadísticos descriptivos para peso de las conejas, tasa de parto, número de gazapos nacidos totales por camada.

Variable	N	Mínimo	Máximo	Media	DE*	CV**
Peso de la coneja a la inseminación (g)	280	3035.0	5790.0	4081.7	398.4	9.8
Tasa de partos	280	0.0	1.0	0.7	0.5	73.5
Número de gazapos nacidos totales/parto	184	1.0	14.0	7.3	2.8	38.1

* DE = desviación estándar; ** CV = coeficiente de variación (%).

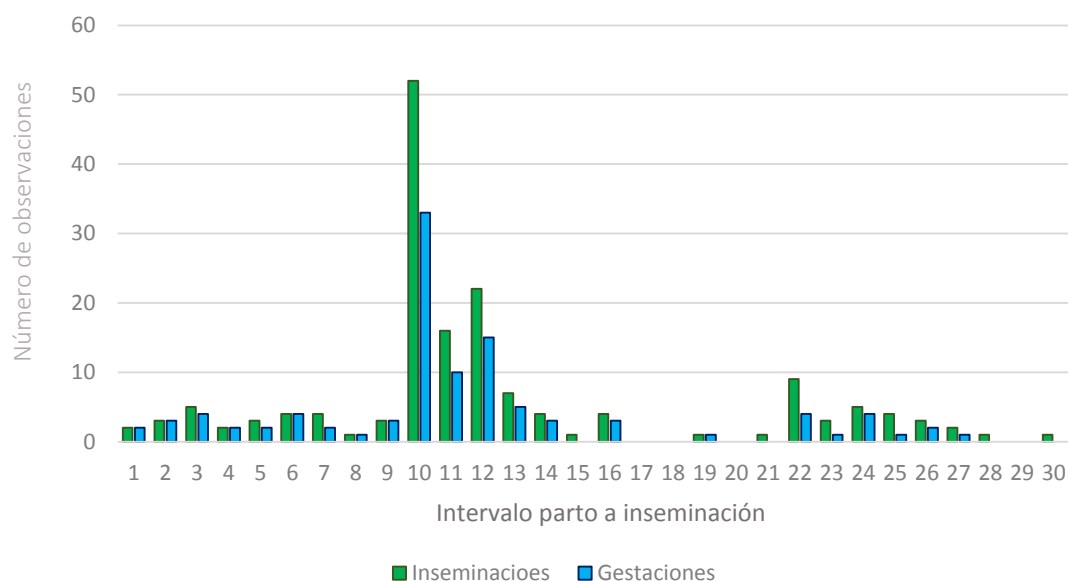


Figura 1. Distribución del número de registros para inseminaciones y partos en relación al intervalo parto-inseminación en conejas lactando.

Los efectos del estado fisiológico y tiempos de exposición de machos en la tasa de partos y tamaños de camada al parto se muestran en el Cuadro 4. La tasa de partos en conejas nulíparas mostraron ser 16.7 y 8.3% superiores que aquellas conejas lactando y no lactando. Sin embargo, esta variable de respuesta no fue influenciada ($p > 0.05$) por el estado fisiológico. Las conejas expuestas a machos durante 4 y 8 h mejoraron sus tasas de partos en 4.6 y 11.4% con respecto a las conejas no expuestas, pero las diferencias entre tiempos de exposición no fueron significativas ($p > 0.05$). El número de gazapos nacidos totales fue influenciado ($p = 0.01$) por el estado fisiológico y este efecto se debió principalmente a diferencias entre las conejas nulíparas y las no lactando. Las conejas nulíparas parieron 0.7 y 1.5 más gazapos nacidos totales comparadas con aquellas conejas lactando y no lactando, respectivamente. Se encontró un efecto ($p = 0.04$) de tratamiento en el número de gazapos nacidos totales. Conejas expuestas a machos durante 4 h parieron 0.8 más gazapos que aquellas del grupo testigo. Sin embargo, las conejas expuestas a machos durante 8 h produjeron 1.3 y 0.5

menos gazapos nacidos totales comparadas con las testigos y las expuestas durante 4 h, respectivamente.

Cuadro 4. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ error estándar) para el efecto del estado fisiológico y tiempo de exposición de machos en la tasa de partos y el número de gazapos nacidos totales por camada.

Efectos	N	Tasa de partos	N	Gazapos nacidos totales/parto
<i>Estado fisiológico</i>				
Nulíparas	82	0.72 ± 0.05	59	6.7 ± 0.35^b
Lactando	120	0.60 ± 0.04	74	7.4 ± 0.32^{ab}
No lactando	78	0.66 ± 0.06	51	8.2 ± 0.39^a
Valor – p		0.202		0.014
<i>Tiempo de exposición de machos</i>				
0 h	101	0.62 ± 0.05	62	7.3 ± 0.35^{ab}
4 h	83	0.65 ± 0.06	53	8.1 ± 0.39^a
8 h	96	0.70 ± 0.05	69	6.8 ± 0.33^b
Valor – p		0.470		0.038

^{a, b, c} Medias con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Los efectos de interacción entre estado fisiológico y tratamiento para las tasas de partos y número de gazapos nacidos totales por camada se muestran en el Cuadro 5. La tasa de partos no fue influenciada ($p > 0.05$) por la interacción estado fisiológico x tiempo de exposición a machos. Para cada estado fisiológico se observó un patrón de mejora en la tasa de partos al exponer las conejas al macho por 4 y 8 h. Se encontró efecto ($p < 0.05$) de interacción estado fisiológico x tiempo de exposición de macho en el número de gazapos nacidos totales. Mientras que el número de gazapos totales en las conejas lactando expuestas a machos por 4 y 8 h mejoran en 0.3 y 0.7 con respecto aquellas sin machos, un patrón de respuesta diferente fue observado en conejas no lactando. En estas últimas, la exposición a machos durante 4 h incrementó en 2.1 gazapos comparadas con el grupo testigo. Sin embargo, al exponer el macho durante 8 h el tamaño de camada se redujo en 3.2 gazapos comparados con aquellas expuestas a 4 h. Para el caso de conejas nulíparas expuestas a machos durante 4 h y las conejas testigo. Las medias de mínimos cuadrados para el número de gazapos nacidos totales fueron las mismas, pero la exposición por 8 h redujo en 1.1 el número de gazapos comparadas con los otros tratamientos.

Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados para el efecto de la interacción de estado fisiológico x tiempo de exposición a machos en la tasa de partos y el número de gazapos nacidos totales.

Variable	Estado fisiológico									Interacción
	Nulípara			Lactando			No lactando			
	0	4	8	0	4	8	0	4	8	
Tasa de partos	0.67± 09.09 (30)	0.72± 0.10 (25)	0.78± 0.09 (27)	0.55± 0.08 (38)	0.58± 0.07 (40)	0.67± 0.07 (42)	0.64± 0.08 (33)	0.67± 0.11 (18)	0.67± 0.09 (27)	0.982
Gazapos Nacidos totales	7.0± 0.60 _{bc} (20)	7.0± 0.64 _{bc} (18)	5.9± 0.59 _c (21)	7.0± 0.59 _{bc} (21)	7.3± 0.56 _b (23)	7.7± 0.49 _b (30)	7.9± 0.59 _b (21)	10.0± 0.78 _a (12)	6.8± 0.64 _{bc} (18)	0.05

a, b, c Medias con diferentes letras en la misma fila son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

3.6 Discusión

El comportamiento reproductivo observado en el presente estudio relacionado con el estado fisiológico fue similar a los reportados por varios autores, quienes sostienen que las tasas de partos son mayores del 10 al 20% en conejas no lactantes que las lactantes (Theau-Clement y Lebas, 1996; Rodríguez-De Lara y Fallas, 1999; Perrier *et al.*, 2000). La tasas de partos en las conejas nulíparas fueron superiores en 8.3% con respecto a las no-lactantes, pero los tamaños de la camada al nacimiento fueron menores. Estos resultados son consistentes con aquellos reportados por Szendrő *et al.* (1999), Perrier *et al.* (2000) y Rebollar *et al.* (2006). La reducción del comportamiento reproductivo en conejas lactando con respecto a las no lactantes ha sido relacionado a que la lactancia disminuye la receptividad sexual, tasas ovulatorias, fertilización y desarrollo embrionario (Theau-Clement *et al.*, 1990). Las bajas tasas de partos en conejas lactando han sido explicadas en términos de un antagonismo hormonal entre la prolactina y gon adotropinas (Rebollar *et al.*, 1992; Squires, 2003).

El efecto de la exposición de machos para el caso de las conejas lactando en el presente estudio fue similar a lo reportado por Kustos *et al.* (2000), quienes observaron que la fertilidad en conejas lactando no fue mejorada por la exposición de machos. La exposición a machos no mostró diferencias sobre la tasa de parto y coincide con lo estimado por otros autores (Eiben *et al.*, 2001; Rodríguez-De Lara *et al.*, 2003).

En el presente estudio, las tasas de partos (67%) y el tamaño de la camada al parto (7.7 gazapos) en conejas lactando expuestas a machos por 8 h fueron similares a las tasas de partos (69.5%) y tamaños de camada (8.1) reportados por Rodríguez-De Lara *et al.* (2003) al exponer machos a hembras por 8-10 h. Estos autores reportaron un incremento en 1.6 gazapos con respecto a conejas sin presencia de machos o grupo control. Sin embargo, no existen antecedentes sobre el efecto de la exposición de machos a diferentes tiempos antes de la IA sobre el comportamiento reproductivo en conejas nulíparas y no-lactando. Por lo

que se presenta nueva información en el presente estudio. En conejas no-lactantes las tasas de partos al igual que las lactantes no fueron influenciados por el tiempo de exposición al macho, pero el tamaño de camada se incrementó en 2.1 gazapos cuando fueron expuestas a machos por 4 vs 0 h. Lo anterior sugiere que las conejas en este estado fisiológico son sensibles a la presencia del macho por poco tiempo. La mejora en el tamaño de camada en conejas lactantes expuestas a machos por 8 h y en conejas no lactantes expuestas a 4 h sugiere que estímulos visuales alrededor de la inseminación pudieran inducir una mayor sensibilidad de la glándula pituitaria a la GnRH exógena mejorando así el desarrollo folicular y el proceso ovulatorio. Es posible que los tamaños de camadas mayores obtenidas en el presente estudio en las conejas no-lactantes expuestas a machos por 4 h pudieran explicarse por la ausencia de prolactina y a mayores concentraciones de gonadotropinas circulantes y mayor sensibilidad de la pituitaria al bioestímulo. La frecuencia de pulsos de la hormona luteinizante (LH) ha mostrado incrementar significativamente en minutos en ovejas lactando anovulatorias después de que han sido introducidas al carnero (Poindron *et al.*, 1980). También es posible que además de los estímulos visuales y estímulos olfatorios (feromonas) pudieran estar actuando en forma acumulativa para causar una respuesta positiva estimuladora en las conejas. Extensos estudios en animales de granja han establecido la importancia de las feromonas y la fuerte influencia que ejerce el macho en la hembra en la actividad reproductiva (Mauléon y Dauzier, 1965; Lindsay *et al.*, 1975; Signoret, 1980; Rekwot *et al.*, 2001; Zarco-Álvarez, 2004; Hawken *et al.*, 2008; Ungerfeld *et al.*, 2008).

Los tamaños mayores de camada en las conejas expuestas a machos también sugieren que la proximidad de machos alrededor de la inseminación pudiera haber mejorado el transporte del semen. Docke y Worch (1963) observaron en cerdos que la presencia de machos da lugar a un incremento en las contracciones uterinas en la cerda. Pitkjanen (1964) reportó que la presencia física del verraco incrementa el transporte de los espermatozoides a lo largo de los cuernos uterinos cuando la IA es realizada. Lo que no es claro es el hecho de que el tamaño de camada al parto se vea disminuido en las conejas nulíparas y no-

lactando al exponerles el macho por 8 h, por lo que son necesarios más estudios para determinar los mecanismos fisiológicos que pudieran estar actuando en esta respuesta. Una exposición prolongada al macho por 8 h en conejas nulíparas y no lactando pudiera estar actuando como un factor estresante como para deprimir la fertilidad y prolificidad, en donde aspectos de territorialidad pudieran estar involucrados.

En cunicultura las conejas siempre son llevadas a las jaulas de los machos para la monta, ya que si se hace lo contrario el conejo entra al territorio de la hembra como un intruso provocando un posible estrés que desenlaza en una reacción de comportamiento agonístico. Squires (2003) menciona que factores de estrés agudo pueden alterar la función reproductiva durante períodos críticos del ciclo reproductivo, tales como la ovulación y la lactancia. Este autor sostiene que el estrés disminuye la secreción de GnRH por el hipotálamo y la producción de LH y la hormona folículo estimulante (FSH) por la pituitaria y esteroides sexuales por parte de las gónadas. Estas causas pueden disminuir las tasas de fertilidad y la libido, falta de implantación del óvulo fertilizado y retraso en el crecimiento del embrión.

3.7 Conclusiones

Las tasas de partos no son influenciadas cuando las conejas son expuestas por 4 y 8 h antes de la inseminación artificial. El exponer hembras a machos por 8 h en conejas lactando y 4 h en no lactando antes de la inseminación artificial mejoran el tamaño de camada al parto. En términos de productividad por coneja por periodo experimental, conejas expuestas a machos por 4 y 8 h produjeron 2.3 y 1.8 más gazapos nacidos totales acumulados que las conejas del grupo testigo, lo que sugiere realizar nuevas investigaciones con mayor número de animales por periodos productivos de un año.

3.8 Literatura citada

- Alvariño, J. M. R., A. J. Del Arco, and A. Bueno. 1998. Effect of mother-litter separation on reproductive performance of lactating rabbit females inseminated on day 4 or 11 post partum. *World Rabbit Science* 6 (1): 191-194.
- Bonanno, A., M. Alabiso, A. Di-Grigoli, M. L. Alicata, and G. Leto. 1999. Effect of a 48 h delayed insemination with or without a 48 h does litter separation on performance of non-receptive rabbits does. *World Rabbit Science* 7 (3): 171-175.
- Castellini, C., C. Canali, and C. Boiti. 1998. Effect of mother-litter separation for 24 hours, by closing the nestbox or change of cage, on rabbit doe reproduction performance. *World Rabbit Science* 6 (1): 199-203.
- Docke, V. F., and H. Worch. 1963. Investigations into uterine motility and mating reactions of sows. *Zuchthygiene* 7: 169-178.
- Eiben, C., K. Kustos., Z. Szendrő, M. Theau-Clement, and K. Gordor-Surmann. 2001. Effect of male presence before artificial insemination on receptivity and prolificacy in lactating rabbit does. *World Rabbit Science* 9 (3) 123-133.
- Kustos, K., Eiben, Cs., Szendro, Zs., Theau-Clément, M., Gódor, S-Né., and Jovánczai, Zs. 2000. Effect on reproductive traits of male presence among rabbit does before artificial insemination. *In: Proceedings 7th World Rabbit Congress. 4-7 July, Valencia, pp. 161-166.*
- Hawken, P. A. R., A. C. O. Evans, and A. P. Beard. 2008. Prior exposure of maiden ewes to rams enhances their behavioural interactions with rams but is not a pre-requisite to their endocrine response to the ram effect. *Animal Reproduction Science* 108: 13-21.

- Lindsay, D. R., Y. Cognié, J. Pelletier, and J. P. Signoret. 1975. Influence of the presence of rams on the timing of ovulation and discharge of LH in ewes. *Physiology Behavior* 15: 423-426.
- Luzi, F., and C. Crimella. 1998. Effect of change of cage 2 days before artificial insemination on reproductive performance of rabbit does. *World Rabbit Science* 6 (1): 195-198.
- Mauléon, P., and Dauzier, L. 1965. Variations de durée de l'anoestrus de lactation chez les brebis de race Ile-de-France. *Annales de Biologie Animale, Biochimie, Biophysique* 5: 131-143.
- Mocé E., R. Lavara, and J. Vicente S. 2003. Effect of an asynchrony between ovulation and insemination on the results obtained after insemination with fresh or frozen sperm in rabbits. *Animal Reproduction Science* 75: 107-118.
- Ola, S.I., and O. M. Oyegbade. 2012. Buck effect on rabbit oestrous: vulva colour, vaginal lumen cells and ovarian follicle populations. *World Rabbit Science* 20: 71-79.
- Pitkjanen, I.G., 1964. Investigations on reproductive biology and A.I. in swine. *In: Proceedings of the Fifth International Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination. Trento*, pp. 25-30.
- Poindron, P., Cognié, Y., Gayerie, F., Orgeur, P., Oldham, C. M., and Ravault, J. P. 1980. Changes in gonadotrophin and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiology Behavior* 25: 227-236.
- Perrier, G., M. Theau-Clément, M. Jouanno, and J. P. Drouet. 2000. Reduction of the GnRH dose and inseminated rabbit doe reproductive performance. *World Rabbit Science* 1 (8): 225-230.

- Rebollar P., G., E. Ubilla, and J. M. Rodríguez. 1992. Influence of the parturition-insemination interval on the conception rate in rabbits artificially inseminated with fresh semen. *Journal of Applied Rabbit Research* 15: 407-411.
- Rebollar P., G., A. Millan., N. Pereda, P. Millan, P. Cano, A. I. Esquifino, M. Villarroel, G. Silvan, and P.L. Lorenzo. 2006. Oestrus synchronisation of rabbit does at early post-partum by doe–litter separation or eCG injection: Reproductive parameters and endocrine profiles. *Animal Reproduction Science* 93: 218-230.
- Rebollar P., G., M. A. Pérez-Cabal, N. Pereda, P. L. Lorenzo, M. Arias-Álvarez, and P. García-Rebollar. 2009. Effects of parity order and reproductive management on the efficiency of rabbit productive systems. *Livestock Science* 121: 227-233.
- Rekwot, P. I., D. Ogwub, E. O. Oyedipe, and V. O. Sekoni. 2001. The role of pheromones and biostimulation in animal reproduction. *Animal Reproduction Science* 65: 157-170.
- Rodríguez-De Lara, R., and M. L. Fallas. 1999. Environmental and physiological factors influencing kindling rates and litter size at birth in artificially inseminated doe rabbits. *World Rabbit Science* 7 (4): 191-196.
- Rodríguez-De Lara, R., M. Fallas-López, R. Rangel-Santos, y V. Mariscal-Aguayo. 2003. Influence of short-term relocation and male exposure on sexual receptivity and reproduction in artificially inseminated doe rabbits. *Animal Reproduction Science* 78: 111-121.
- SAS, 2011. *SAS User's Guide Statistics (Release 6.03)*. SAS Institute, Cary, NC, USA.

- Signoret, J. P. 1980. Effet de la présence du mâle sur les mécanismes de reproduction chez la femelle des mammifères. *Reproduction Nutrition Development* 20: 457-468.
- Squires, J. E. 2003. *Applied Animal Endocrinology*. CABI, Cambridge, USA. 234 p.
- Szendrő, Zs., Jovanczai Zs., Theau-Clément M., Radnai I., Biro-Nemeth E., and Milisits G. 1999. The effect of doe-litter separation on production performance in rabbit does and their kits. *World Rabbit Science* 7: 165-169.
- Theau-Clement, M., Bolet G., Roustan A., et Mercier P. 1990. Comparaison de différents modes d'induction de l'ovulation chez les lapines multipares en relation avec leur stade physiologique et la réceptivité au moment de la mise à la reproduction. *In: Proceedings 5èmes Journées de la Recherche Cunicole*, 12-13 Décembre, Paris, France. Tome I, Comm. 6.
- Theau-Clement, M., and Lebas, F. 1996. Effect of a systematic PMSG treatment 48 hours before artificial insemination on the productive performance of rabbit does. *World Rabbit Science* 4: 47-56.
- Theau-Clement, M., F. Lebas, J. F. Beckers, and P.V. Drion. 2008. Evolution of anti-eCG antibodies in response to eCG doses and number of injections. Relationship with productivity of rabbit does. *Animal* 2 (5): 746-751.
- Ungerfeld, R., M. A. Ramos, and S. P. González-Pensado. 2008. Ram effect: adult rams induce a greater reproductive response in anestrus ewes than yearling rams. *Animal Reproduction Science* 103: 271-277.
- Uzcategui, M. E., and N. P. Johnston. 1992. The effect of 10, 12 and 14 hour continuous and intermittent photoperiods on the reproductive performance of female rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research* 15: 553-559.

Walton, A., 1945. Notes on the Technique of Artificial Insemination. The Holborn Surgical Instrument Co. Ltd, London.

Zarco-Quintero, L. A., y L. Álvarez-Ramírez. 2001. Los fenómenos de bioestimulación en ovejas y cabras. Veterinaria México 32 (2): 117-129.