

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**SINCRONIZACIÓN DE ESTROS Y COMPORTAMIENTO
REPRODUCTIVO EN CONEJAS NULÍPARAS
INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE BAJO
DIFERENTES MÉTODOS DE BIOESTIMULACIÓN**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCIÓN ANIMAL**

PRESENTA:

OSCAR DOMÍNGUEZ SEPÚLVEDA



Octubre del 2002



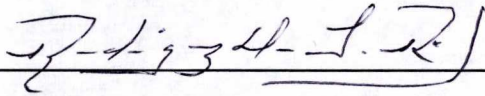
**DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

BIB 98113

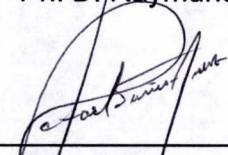
SINCRONIZACIÓN DE ESTROS Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO EN CONEJAS NULÍPARAS INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE BIOESTIMULACIÓN

Tesis realizada por **Oscar Domínguez Sepúlveda** bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como
requisito parcial para obtener el grado de:

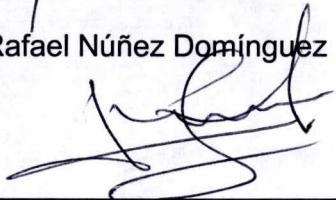
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR: 

Ph. D. Raymundo Rodríguez De Lara

ASESOR: 

Ph. D. Rafael Núñez Domínguez

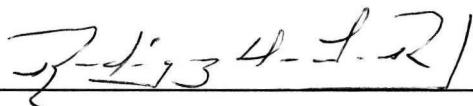
ASESOR: 

Ph. D. Maximino Huerta Bravo

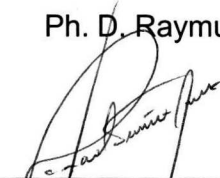
BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH

SINCRONIZACIÓN DE ESTROS Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO EN CONEJAS NULÍPARAS INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE BIOESTIMULACIÓN

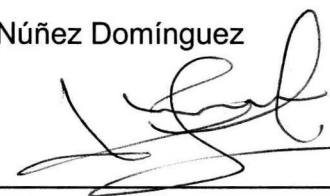
El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Oscar Domínguez Sepúlveda**, autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Producción Animal, estuvo constituido por:

PRESIDENTE: 

Ph. D. Raymundo Rodríguez De Lara

ASESOR: 

Ph. D. Rafael Núñez Domínguez

ASESOR: 

Ph. D. Maximino Huerta Bravo

DEDICATORIA

A

Beatriz Garrido Díaz

y

Karen Nayeli Domínguez Garrido

Sigan pidiendo y se les dará; sigan buscando, y hallarán; sigan tocando, y se les abrirá. Porque todo el que pide recibe, y todo el que busca halla, y a todo el que toca se le abrirá. Mateo 7:7-8

AGRADECIMIENTOS

- Al Rey de reyes y Señor de señores: Jesús, por su gran AMOR.
- A México, especialmente por la Universidad Autónoma Chapingo y el Posgrado en Producción Animal del Departamento de Zootecnia, que me da una oportunidad para la vida.
- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo brindado para la realización de esta Maestría en Ciencias.
- A cada uno de los integrantes de la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero, por su colaboración en mi formación.
- Al *Ph. D.* Raymundo Rodríguez De Lara y la Ing. Marianela Fallas López, por su confianza y apoyo para la realización de este trabajo en COCICEMAC.
- Al *Ph. D.* Rafael Núñez Domínguez por su ejemplo profesional.
- Al *Ph. D.* Maximino Huerta Bravo por su apoyo incondicional.
- A los *Ph. D.* Rodolfo Ramírez Valverde y Mariano González Alcorta, por su amistad y valiosas enseñanzas que han influido en mi vida.
- A mis amigos, por su disposición para cultivar nuestra amistad.

DATOS BIOGRÁFICOS

Originario de Loma Bonita, Oaxaca, nació el 2 de febrero de 1968. Egresó del Departamento de Zootecnia, de la Universidad Autónoma Chapingo y defendió la tesis “Heterosis y Efectos Genéticos Individuales y Maternos para Características Predestete en un Cruzamiento entre Bovinos Angus y Suizo Pardo” en diciembre de 1990 y recibió el título de Ingeniero Agrónomo especialista en Zootecnia. Obtuvo el primer lugar individual y por equipo en Chihuahua (Sociedad de Manejo de Pastizales, 1989) y tercero por equipo en Reno, Nevada, EE.UU. (Society for Range Management, 1990) en identificación de plantas de pastizal. Durante 1991 prestó sus servicios a productores agropecuarios en Amecameca, Estado de México, a través del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias y la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado. De 1992 a 2001 contribuyó en la elaboración de la obra “Las Gramíneas de México” y el trabajo “Diagnóstico de los Agostaderos en la República Mexicana” en la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero, dependiente de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, delegación Distrito Federal. Ha participado en proyectos productivos de plantas de ornato en una empresa familiar y se ha encargado de la comercialización en el Fideicomiso Central de Abastos del Distrito Federal, desde julio del 2001 a la fecha.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DATOS BIOGRÁFICOS.....	vi
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE APÉNDICES.....	x
CAPITULO I. REVISIÓN DE LITERATURA.....	1
1. Importancia de la cunicultura.....	2
2. Factores que afectan la productividad.....	3
3. Métodos de sincronización de la receptividad sexual.....	13
4. Interacción nutrición-reproducción en conejas.....	24
CAPITULO II. SINCRONIZACIÓN DE ESTROS Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO EN CONEJAS NULÍPARAS INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE BIOESTIMULACIÓN.....	41

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Comparación del crecimiento productivo de diferentes especies de interés zootécnico utilizando líneas genéticas especializadas.....	3
Cuadro 2.	Comportamiento productivo de diferentes líneas genéticas de conejos.....	4
Cuadro 3.	Conversión alimenticia global para diferentes pesos de sacrificio y número de conejos producido por coneja por año.	4
Cuadro 4.	Parámetros productivos y reproductivos de conejos altamente productivos.....	5
Cuadro 5.	Efecto de la especie animal sobre la conversión alimenticia... ..	6
Cuadro 6.	Características productivas promedio en animales de carne..	6
Cuadro 7.	Influencia del ritmo reproductivo en el comportamiento productivo-reproductivo de conejos.....	7
Cuadro 8.	Efecto del programa de reproducción sobre el comportamiento reproductivo y productividad anual de conejas Nueva Zelanda Blanco.....	10
Cuadro 9.	Resultados de fertilidad y prolificidad bajo monta natural (M. N.) e inseminación artificial (I.A.) reportados por diversos autores.....	10

Continuación

LISTA DE CUADROS

Cuadro 10. Efecto del ritmo de colección sobre las características del semen en conejos.....	12
Cuadro 11. Tasa de partos y medias de cuadrados mínimos $\pm$ errores estándar para prolificidad en relación con el cambio de lugar y jaula en conejas nulíparas.....	18
Cuadro 12. Efecto de cambio de lugar sobre tasa de partos y prolificidad en relación con receptividad sexual.....	19
Cuadro 13 Tasa de receptividad y comportamiento reproductivo en los tratamientos experimentados en relación con orden de inseminación en conejas nulíparas.....	50
Cuadro 14 Efecto de cambio de lugar y nivel nutricional sobre receptividad sexual en conejas nulíparas inseminadas artificialmente.....	54
Cuadro 15 Efecto de cambio de lugar sobre la tasa de receptividad en relación con nivel nutricional en conejas nulíparas inseminadas artificialmente.....	55
Cuadro 16 Efecto de cambio de lugar y nivel nutricional sobre tasa de partos, prolificidad y peso de la camada al nacimiento en conejas nulíparas inseminadas artificialmente.....	57
Cuadro 17 Efecto de cambio de lugar sobre la tasa de partos, prolificidad y peso de la camada en relación con nivel nutricional en conejas nulíparas inseminadas artificialmente..	61

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Efecto de orden de inseminación sobre tasa de receptividad.....	69
Apéndice 2. Efecto de orden de inseminación sobre tasa de partos.....	69
Apéndice 3. Análisis de varianza para prolificidad en conejas nulíparas sin cambio de lugar y jaula.....	69
Apéndice 4. Análisis de varianza para peso de la camada en conejas nulíparas sin cambio de lugar y jaula.....	69
Apéndice 5. Efecto de cambio, dieta y la interacción entre ellos sobre tasa de receptividad en conejas nulíparas.....	70
Apéndice 6. Efecto de cambio, dieta y la interacción entre ellos sobre tasa de partos en conejas nulíparas.....	70
Apéndice 7. Análisis de varianza para prolificidad en conejas nulíparas.....	70
Apéndice 8. Análisis de varianza para peso de la camada en conejas nulíparas.....	70

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1. IMPORTANCIA DE LA CUNICULTURA

El gran potencial del sistema de producción de carne de conejo para convertirse en un proveedor de carne para la población mexicana está sustentado en la alta calidad nutricional y excelentes propiedades organolépticas de la carne, el ciclo productivo corto, alta eficiencia reproductiva y tasa de crecimiento, la alta eficiencia en el uso del alimento, poca superficie requerida para el establecimiento de una granja, y el pequeño tamaño de la canal; las dos últimas características permiten la crianza por productores de bajos ingresos y proveer de proteína a una familia en un día sin necesidad de refrigeración (Ortiz y Rubio, 2001; Cheeke, 2002). Además, esta especie ha demostrado su capacidad para adaptarse a la explotación intensiva practicada en los países productores líderes (Italia, España, Francia); en España de 15,000 unidades de producción, el 30% corresponde a granjas intensivas de 300 vientres hasta varios miles (Ruiz y Camps, 2002).

La producción de carne es el resultado de la integración de factores del animal, del ambiente y del manejo del sistema de producción, y es compuesta por dos fases: 1) Fase de cría, en el que la reproducción o incremento del número de individuos es de gran importancia, y 2) Fase de desarrollo y engorda, donde el incremento de peso es lo más importante. La tasa de destete y la ganancia diaria promedio (GDP) predestete, son los componentes de los que depende la productividad de la unidad de maternidad. El grado de sobrevivencia de las crías desde el nacimiento hasta el destete, junto con la tasa de partos determinan la tasa de destete.

La rentabilidad del sistema cunícola de producción de carne está en función de la integración del proceso productivo, que influye sobre el costo de producción de kilogramo de producto, y del precio al mercado. Dependiendo de los costos de inversión inicial, el costo en alimentación puede llegar hasta 70% del costo de producción. El costo de producción de carne de pollo y de cerdo equivalen al 50 y 70% del de conejo, respectivamente. Para poder competir con estas especies se

requiere un incremento de la eficiencia alimenticia global. Las características productivas de los conejos no han incrementado en los últimos años como en otras especies (Maertens, 1999; Cuadro 1). La eficiencia de uso del alimento para convertirlo en carne en las unidades de maternidad y engorda de una granja depende en gran medida del potencial genético de los progenitores y crías y de la eficiencia reproductiva.

Cuadro 1. Comparación del crecimiento productivo de diferentes especies de interés zootécnico utilizando líneas genéticas especializadas.

Especie	Característica	Año		
		1960	1980	1998
Gallinas de postura	Huevos gallina ⁻¹ año ⁻¹	200	270	300
Pollos de engorda	Edad a 1.5 kg (semanas)	11-12	6	4-5
	Conversión alimenticia	>3.0	1.9	1.5
Vaca lechera	Litros vaca ⁻¹ año ⁻¹	4,000	6,000	8,500
Cerdas	Lechones destetados cerda ⁻¹ año ⁻¹	12-13	16-17	21-22
Conejos	Nacidos vivos camada ⁻¹	8.0	8.5	9.5
	Edad a 2.5 kg (semanas)	12	11	10
	Gazapos destetados coneja ⁻¹ año ⁻¹	35	40	48
	Conversión alimenticia (postdestete)	3.5	3.3	3.1

(Maertens, 1999).

2. FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD

Genotipo

Desde los años noventa se ha iniciado el uso de líneas genéticas de machos de alto potencial genético para incrementar la GDP y para mejorar la eficiencia alimenticia. En Bélgica el criterio de selección ha sido sólo para GDP y conversión alimenticia, los machos superiores muestran una GDP de alrededor de 60 g y una conversión alimenticia durante la engorda (de 4 a 10 semanas de edad) menor de 2.4 (Maertens, 1992). Mientras que en España, Feki *et al.* (1996) han seleccionado con una GDP de 48 g y una conversión alimenticia de 2.63 (Cuadro 2). Ambos

ejemplos muestran que el potencial genético del conejo todavía no ha sido bien utilizado.

Cuadro 2. Comportamiento productivo de diferentes líneas genéticas de conejos.

Característica	Propósito de la línea genética		
	Prolificidad	Tasa de crecimiento	Doble propósito
Peso a 63 d (g)	2,116	2,598	2,251
GDP (g d ⁻¹)	37.9	48.0	39.2
Conversión alimenticia	3.04	2.63	3.07

(Feki *et al.*, 1996).

Eficiencia de utilización del alimento

La conversión alimenticia global expresa la eficiencia de utilización del alimento de toda la unidad cunícola. La conversión alimenticia puede ser definida como el consumo de alimento total (comprado) en la unidad cunícola (maternidad y crecimiento) dividido por el peso de los conejos vendidos. Esto implica que una tasa alta de mortalidad produce los peores resultados en la tasa de conversión alimenticia (Maertens, 1998). El manejo reproductivo a que estén sujetas las hembras, que influencia la productividad numérica anual, y el peso al sacrificio afectan la conversión alimenticia global (Cuadro 3). Para mejorar la eficiencia alimenticia global de una explotación es conveniente: 1) Aumentar el número de partos por hembra al año, 2) Aumentar prolificidad, 3) Disminuir mortalidad; y 4) Utilizar dietas adecuadas a la edad y estado fisiológico de los animales (Huerta, 2000).

Cuadro 3. Conversión alimenticia global para diferentes pesos de sacrificio y número de conejos producido por coneja por año.

Peso al sacrificio (kg)	Número de conejos producidos por coneja por año			
	35	40	45	50
2.00	3.6	3.4	3.2	3.1
2.25	3.9	3.7	3.5	3.3
2.50	4.2	4.0	3.8	3.6

(Maertens, 1998).

Durante los últimos años, la tasa de conversión alimenticia global de los conejares fue de 3.8 a 3.9 kg de alimento kg^{-1} de peso vivo en diferentes países europeos (Rafel, 1996). Por lo que es necesario reducir este promedio a 3.25 para producir carne competitivamente con las granjas de aves y cerdos. Promedio que ya es alcanzado por las granjas de conejos más productivas de Francia y Bélgica. Para lograr este nivel de productividad se requiere cumplir con los objetivos indicados en el Cuadro 4 para los promedios de características del área de cría y engorda de la granja (Maertens, 1999).

Cuadro 4. Promedios de características productivas y reproductivas de conejos altamente eficientes.

Area reproductiva	Prolificidad: 10-11 gazapos Destetados camada ⁻¹ : 9-10 gazapos Camadas coneja ⁻¹ año ⁻¹ : 7 Producción de leche de 0-3 semanas >5 kg Consumo: >150 g $\text{kg}^{-0.75}$ o >450 gd^{-1} o >10% peso vivo
Area de engorda	GDP: 50 g d^{-1} y peso vivo a 9 semanas de 2.4 kg Conversión alimenticia: <3.0
Conversión alimenticia en la granja: <3.25	

(Maertens, 1999).

Diferencias entre especies que afectan la eficiencia alimenticia

La conversión alimenticia de diferentes especies determinada de acuerdo con las recomendaciones del National Research Council (1984;1985;1988;1989) muestra que las diferencias entre especies se deben a la intensidad de selección aplicada y al tipo de producto (Cuadro 5; Huerta, 2000).

Dickerson (1983; Cuadro 6) señala que las diferencias del comportamiento de eficiencia alimenticia entre especies están en función de las diferencias en los comportamientos de los componentes del rendimiento. El ganado bovino y ovino requieren mayor energía por unidad de proteína en la carne que el cerdo o pollos de engorda, principalmente debido a los costos más altos de reposición de hembras y mantenimiento anual, causados por su baja tasa de reproducción, pero parcialmente también por su mayor deposición de grasa (Dickerson, 1988).

Cuadro 5. Efecto de la especie animal sobre la conversión alimenticia.

Especie	Consumo de alimento (kg)	Producto animal (kg)			Conversión Alimenticia
		Incremento de peso	Leche	Huevo	
Pollos ^a	5.95	2.75			2.16
Gallinas ^b	39.46	0.48		15.54	2.46
Patos ^c	9.74	3.41			2.86
Guajolotes ^d	31.55	10.45			3.02
Porcinos ^e	344	109.00			3.16
Bovinos					
Leche ^f	5,000		5,000		1.00
Carne ^g	760	100			7.60
Ovinos ^h	88.7	20			4.43

^a Periodo de engorda de 56 días. EM=3.2 Mcal kg⁻¹ (90% MS).

^b Primer ciclo de postura, duración de 52 semanas. EM=2.9 Mcal kg⁻¹ (90% MS).

^c Periodo de engorda de 56 días. EM=2.9 Mcal kg⁻¹ (90% MS).

^d Periodo de engorda de 20 semanas. EM=2.8-3.2 Mcal kg⁻¹ (90% MS).

^e Periodo de engorda de 178 días. EM=3,220-3,275 Kcal kg⁻¹ (90% MS).

^f Lactancia de 305 días, consumo de alimento para 365 días. EM=2.6 Mcal kg⁻¹ MS.

^g Periodo de engorda de 100 días. EM=3.0 Mcal kg⁻¹ MS. Novillo de compleción media, peso inicial de 275 kg y 425 kg de peso final.

^h Periodo de engorda de 80 días. EM=3.1 Mcal kg⁻¹ MS. Borrego castrado, peso inicial de 20 kg y 40 kg de peso final.

(Huerta, 2000).

Cuadro 6. Características productivas promedio en animales de carne.

Especie	Progenie año ⁻¹	Peso (kg) al apareamiento	Peso (kg) al mercado	GDP		Grasa de la carne (%)
				(g)	g kg ^{-0.75}	
Pollos	100	3.0	2.0	31	30.5	13.0
Pavos	60	10	10	65	19.2	13.0
Conejos	40	4.5	3.2	32	22.3	6.8
Cerdos	12	170	100	540	28.4	32.0
Ovino	1.4	70	50	220	18.2	36.0
Bovino	0.8	500	475	950	14.8	32.0

Dickerson (1983).

Ritmo reproductivo

El manejo del ciclo reproductivo de las conejas reproductoras es un factor que depende de la decisión del granjero e influye sobre los rendimientos productivos del sistema de producción. En todas las especies domésticas, el incremento en nivel de producción significa la dilución relativa de los costos de

mantenimiento. La cantidad de alimento requerido para mantenimiento de los animales puede fluctuar de un 30% en animales con producción elevada hasta un 70% para animales con producción moderada en relación con el total de alimento consumido (Huerta, 2000).

Una de las características de las explotaciones tradicionales de conejos es su bajo ritmo de reproducción. Los gazapos permanecen con la madre mientras ésta produce leche, alrededor de 45 días. La coneja se cubre después del destete, de modo que se pueden obtener como máximo 5 partos por año. En el Cuadro 7 se muestran los ritmos reproductivos a los que pueden ser sometidas las conejas y su comportamiento productivo-reproductivo, reportado por Méndez *et al.* (1986).

Cuadro 7. Influencia del ritmo reproductivo en el comportamiento productivo-reproductivo de conejos.

Característica	Ritmo Reproductivo			Sign.
	Intensivo	Semiintensivo	Extensivo	
Intervalo parto-cubrición (d)	1	9	25	
Tasa fertilidad (%)	63.6 ^b	73.6 ^a	80.3 ^a	**
Intervalo entre partos (d)	49.7 ^b	50.5 ^b	60.1 ^a	***
Nacidos vivos	7.1 ^{ab}	7.3 ^b	8.1 ^a	*
Tasa de destetes (%)	83.3	88.1	84.4	
Mortalidad predestete (%)	28.3 ^a	18.2 ^b	24.0 ^{ab}	*
Número de gazapos al destete	5.9 ^b	6.5 ^{ab}	6.7 ^a	*
Gazapos destetados jaula ⁻¹ año ⁻¹	36.0 ^{ab}	40.0 ^a	33.3 ^b	*
Peso al destete gazapo ⁻¹ (g)	543.3 ^c	609.1 ^b	1038.0 ^a	***
Peso vivo de la coneja (g)	3,999 ^b	4,219 ^a	4,235 ^a	***
Tasa de reemplazo (%)	192	175	167	
Conversión Alimenticia	4.01	3.80	3.98	

Sign. = Significancia (Méndez *et al.*, 1986).

* P<0.05 ** P<0.01 *** P<0.001 Hileras con diferente literal son diferentes.

Actualmente el ritmo reproductivo comercialmente más usado en las unidades cunícolas para carne es el semiintensivo, con inseminaciones o montas a los 11 días después del parto y destetes de los gazapos a los 35 días de edad. Los rendimientos que se obtienen son un máximo de 9 partos por año y un intervalo mínimo entre partos de 42 días (11 días parto-cubrición más 31 días de

gestación). En una granja con ciclo reproductivo de 42 días, típicamente se distribuye el consumo de alimento de la siguiente manera: 66% en la engorda, 27% en maternidad, 5 % en reemplazos y 2% en hembras vacías. La distribución del uso de alimento en la unidad de engorda es el 22% en las primeras 2 semanas, 36% en las siguientes 2 semanas y 42% en las últimas 2 semanas (Maertens, 1999). Cualquier falla en la sincronización de la producción de hembras de reemplazo y desecho de maternidad, o el exceso de hembras vacías tiene gran impacto en la rentabilidad de un sistema de producción para carne de conejo.

En los ritmos intensivos se cubre a la coneja de 0 a 3 días después del parto y se desteta a los gazapos a los 28 días, lo que implica un intervalo teórico entre partos de 32 días y un máximo de 11 partos al año. Durante varios años la adopción de ritmos intensivos fue una práctica común de manejo, por lo que varios autores han realizado estudios a largo plazo con la aplicación de ritmos reproductivos intensivos (Fraga *et al.*, 1989; Barreto y de Blas, 1993; Cervera *et al.*, 1993), y encontraron que el número de gazapos destetados por coneja por año es similar al ciclo de 42 días. Esto se debe fundamentalmente al déficit nutricional que se produce cuando se traslapa la gestación y la lactancia, y al corto periodo de recuperación que tiene la coneja desde que se efectúa el destete hasta que se produce el parto siguiente (aproximadamente 4 días). Debido a esto, las conejas sufren un considerable desgaste, ya que no llegan a cubrir sus elevadas necesidades nutritivas a pesar de movilizar parte de sus reservas corporales (Parigi *et al.*, 1992; 1996; Fortun-Lamothe y Bolet, 1995; Xiccato *et al.*, 1995; Xiccato, 1996; Milisits *et al.*, 1996; Fortun-Lamothe y Prunier, 1999), lo que da lugar a un descenso de la tasa de fertilidad (10%, Méndez *et al.*, 1986) y de la producción de leche (10%; Fraga *et al.*, 1989) que a su vez tiene como consecuencia un menor peso de la camada al destete (4%, Maertens y de Groote, 1988; 16%; Barreto y de Blas, 1993). En general, las bajas tasas de concepción, las disminuciones en la prolificidad, los incrementos en los niveles de mortalidad y las tasas elevadas de reemplazo han motivado que su uso en la actualidad sea poco difundido (Rodríguez de Lara, 1996).

Método de cubrición

El método de cubrición por monta natural es el más utilizado en las explotaciones, consiste en llevar a la coneja a la jaula de uno o de dos machos, con apareamiento único o doble; con un intervalo entre apareamientos de 10 a 15 minutos, con resultados satisfactorio en fertilidad, pero es muy exigente en tiempo y mano de obra.

La primera biotecnología aplicada para mejorar la reproducción y genética de animales domésticos fue la inseminación artificial (IA) y su aceptación ha impulsado el desarrollo de otras tecnologías como criopreservación y sexado del semen, sincronización de estros, transferencia de embriones y clonación (Foote, 2002). En las explotaciones cunícolas fue introducida hace aproximadamente 25 años (Paufler *et al.*, 1979), y ha probado su efecto benéfico en términos de difusión genética de alta calidad, disminución del riesgo de transmisión de enfermedades, incremento del número de hembras productivas de la explotación al reducir o eliminar los machos (Nizza *et al.*, 2002), sincronización de partos contemporáneos de gran número de hembras posibilitando aplicar métodos de manejo poco consumidores de mano de obra, como el manejo en bandas o la banda única (Colin, 1998). La inseminación artificial no puede corregir los errores de manejo que se manifiestan en bajas fertilidades en monta natural (Foote, 1984). La influencia del programa de IA depende de factores debidos a la hembra, al macho y a la tecnología del semen (Theau-Clément y Roustan, 1980).

Existen trabajos comparativos entre los dos programas de reproducción, donde se ha encontrado que las tasas de fertilidad y los niveles de prolificidad son superiores en monta natural que en inseminación artificial (Rodríguez de Lara, 1984; Blocher y Franchet, 1990; Roustan y Maillot, 1990). El Cuadro 8 muestra el efecto del programa de reproducción sobre el comportamiento reproductivo y productividad anual de conejas Nueva Zelanda Blanco en México (Rodríguez de Lara, 1995). El Cuadro 9 muestra los resultados de fertilidad y prolificidad bajo monta natural e inseminación artificial reportados por diversos autores.

Cuadro 8. Efecto del programa de reproducción sobre el comportamiento reproductivo y productividad anual de conejas Nueva Zelanda Blanco.

Característica	Monta Natural	Inseminación Artificial	Probabilidad
Fertilidad, %	71.0	57.0	0.00
Receptividad sexual, %	100.0	46.3	0.00
Intervalo entre partos, d	47.3±1.3	52.7±1.4	0.01
Total de nacidos vivos	8.0±0.2	8.0±0.2	0.98
Total de destetados año ⁻¹	49.4±1.4	47.6±1.5	0.38
Peso al destete año ⁻¹	25.3±0.6	25.2±0.79	0.88

(Rodríguez de Lara, 1995).

Cuadro 9. Resultados de fertilidad y prolificidad bajo monta natural (M. N.) e inseminación artificial (I. A.) reportados por diversos autores.

Fertilidad (%)				Prolificidad		Autor y año
M. N.	(n)	I. A.	(n)	M. N.	I. A.	
63.0	(3,581)	70.0	(1,315)			Roca y Fanlo, 1983
71.9	(729)	56.7	(1,692)			Roustan y Maillot, 1990
76.8	(828)	61.2	(1,039)	10.9±1.0	9.5±1.1	Blocher y Franchet, 1990
71.0	(338)	57.0	(391)	8.0±0.2	8.0±0.2	Rodríguez de Lara, 1995

Influencia del macho en la IA

Como consecuencia del bajo número de machos utilizados para la IA, los machos son sujetos a una mayor intensidad de selección, en sus características genéticas y reproductivas (Castellini y dal Bosco, 1998). Cada conejo influye sobre la fertilidad y prolificidad de aproximadamente 100 hembras en IA y propaga su material genético en mayor proporción que éstas y en menor tiempo (Alvariño, 2000). El macho influye sobre la esterilidad aparente de las conejas, el número de gazapos nacidos vivos y muertos, el consumo de alimento, la tasa de crecimiento, el tamaño de la camada al destete y el rendimiento de la canal (Martin, 1979).

Las primeras eyaculaciones en conejos de raza Nueva Zelanda Blanco se manifiestan a los 120 días, presentando un alto porcentaje de espermatozoides incompletos, inmaduros, con malformaciones y motilidad baja. A partir de esta edad, aumenta progresivamente el porcentaje de machos que intentan la monta,

dependiendo de las características de la raza, así como de las condiciones ambientales, particularmente del fotoperiodo (Berger *et al.*, 1982). En la práctica, los machos no deberán ser utilizados antes de los cinco meses, pero sí pueden comenzar el entrenamiento y la adaptación al método de recogida con vagina artificial. La maduración sexual definida cuando el nivel de producción diaria de espermatozoides se estabiliza, sucede a los siete meses de vida (Viudes *et al.*, 1997). En general, las características concentración y motilidad de espermatozoides, volumen de semen, libido, fertilidad, y prolificidad incrementan al aumentar la edad de conejos entre 5 y 24 meses, y son mayores a los de conejos de edades superiores a 24 meses (Luzi *et al.*, 1996).

Varios autores han estudiado ritmos de colección de semen que varían de uno a cuatro eyaculados por día (Bodnar *et al.*, 1996; Bunaciu *et al.*, 1996; López *et al.*, 1996), en esquemas de una vez por semana (Bunaciu *et al.*, 1996) a cinco veces por semana (Bodnar *et al.*, 1996). La intensificación del ritmo de colección incrementa la cantidad semanal de semen pero incrementa la proporción de espermatozoides inmaduros y resultados bajos en fertilidad. El ritmo óptimo de recogida es de dos saltos dos veces por semana para mantener la libido y exacerbar la producción espermática tanto en calidad como en cantidad (Theau-Clément y Roustan, 1982). Si la frecuencia de emisión seminal es muy intensa, es necesario dejar transcurrir tres semanas para volver a obtener un semen con las características deseadas (Viudes *et al.*, 1997). Nizza *et al.* (2002), colectaron semen de conejos sujetos a dos ritmos de colección (extensivo: dos eyaculados una vez a la semana; semiintensivo, dos eyaculados dos días consecutivos a la semana), con un intervalo entre eyaculados de alrededor de 15 minutos, durante 17 semanas, y sólo el volumen del eyaculado fue diferente ($P < 0.01$) entre ritmos (Cuadro 10). El número de dosis (20 millones de espermatozoides) obtenida por eyaculado disminuyó en el ritmo semiintensivo, pero el número de dosis producida por semana fue mayor en el ritmo semiintensivo (28.8 ± 1.5) que en el extensivo (23.3 ± 2.0).

Cuadro 10. Efecto del ritmo de colección sobre las características del semen en conejos.

Característica	Ritmo semiintensivo	Ritmo extensivo
Eyaculaciones efectuadas	340	170
Eyaculados obtenidos	221	142
Eyaculados útiles	199	128
Volumen (ml)	0.57±0.01 ^a	0.68±0.06 ^b
Espermatozoides (x 10 ⁶ ml ⁻¹)	397.7±11.4	409.0±14.6
Motilidad (%)	69.5±0.9	69.8±1.2
Espermatozoides vivos (%)	79.9±0.7	79.5±0.8
Líbido (segundos)	26.4 ^a	23.5 ^b
Dosis por eyaculado	11.2±0.4 ^b	13.7±0.6 ^a
Dosis por semana	28.8±1.5 ^a	23.3±2.0 ^b

Medias con diferente literal en la línea son diferentes (P<0.05). Nizza *et al.* (2002).

Se observan variaciones de las características del semen en función de la estación. El volumen y la concentración de los eyaculados son máximos de marzo a junio y mínimos a principios del otoño, lo que está relacionado con el fotoperiodo y la temperatura (Alvariño, 2000). Bagliacci *et al.* (1987) reportaron que cuando la temperatura ambiental supera 27°C, la motilidad y la concentración espermáticas disminuyen significativamente, y las concentraciones de testosterona y dihidrotestosterona en plasma se reducen significativamente respecto a niveles hormonales de machos sometidos a 20°C; una de las explicaciones que sugieren para este fenómeno es que el aumento de temperatura corporal altera el metabolismo basal de la espermatogénesis.

Tecnología del semen

La IA en conejos, a diferencia de otras especies, se lleva a cabo con mezclas heterospermáticas, probablemente por el tradicional bajo número de dosis obtenidas a partir de la producción espermática de un solo macho o por la no utilización de machos de alto valor genético. Son escasos por tanto los estudios sobre las ventajas o desventajas de la utilización de las mezclas heterospermáticas frente a la utilización de machos individualizados. Beatty (1960)

encontró que el 76% de la descendencia pertenecía a uno de los 3 machos utilizados en la mezcla heterospermática.

El objetivo de las pruebas de laboratorio es evaluar la calidad del semen y predecir a través de la misma, la capacidad de fertilización de los espermatozoides. Para conocer la calidad del semen se considera el volumen, motilidad, apariencia, color, concentración y viabilidad (Sorensen, 1982). El volumen, la viabilidad y la concentración son pruebas cuantitativas. Se considera la concentración de espermatozoides la característica más importante (Foote, 1984). Sin embargo, la producción de espermatozoides viables no garantiza la reproducción, si el macho no es capaz del apareamiento, para lo cual es necesario el desarrollo adecuado de los órganos sexuales y el deseo sexual o libido (De Alba, 1985). Para mantener un nivel óptimo en la calidad de las muestras recogidas, los sementales sometidos al método de la vagina artificial deben ser entrenados desde una edad temprana, manteniendo un ritmo de recogida constante y regular a lo largo de todo el año (Viudes *et al.*, 1997).

3. MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE LA RECEPTIVIDAD SEXUAL

Fisiología reproductiva de la coneja

La coneja se caracteriza por la ausencia de un ciclo estral definido y regular, así como por la necesidad de determinados mecanismos reflejos que den lugar a la ovulación. No obstante, la receptividad sexual determinada mediante la aceptación a la monta es máxima inmediatamente después del parto. Parece probable que existan oleadas de maduración folicular con una duración estimada de 10 a 12 días y con una superposición de 6 días entre un ciclo y el precedente (Díaz *et al.*, 1987). Este comportamiento ovárico favorece el descenso de la receptividad hasta el día 5 y 6 postparto para volver a aumentar progresivamente (Fortun-Lamothe y Bolet, 1995).

La reproducción es regulada por un sistema hormonal complejo coordinado por el hipotálamo y la glándula pituitaria. El hipotálamo secreta el factor liberador de gonadotropinas (GnRH). La GnRH es una hormona deca péptido que estimula la síntesis y liberación a nivel de adenohipófisis de las gonadotropinas: hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH). La FSH y LH son hormonas proteínicas que actúan sobre el ovario. La FSH es responsable del desarrollo folicular y LH controla la maduración folicular e induce la ovulación de folículos preovulatorios. Además, la adenohipófisis sintetiza prolactina, que actúa sobre las células mamarias para inducir la producción de leche, pero antagoniza la secreción de gonadotropinas (Castellini, 1996).

Las hormonas esteroideas del ovario (estrógeno y progesterona) ejercen alternadamente una retroalimentación positiva y negativa, para estrógeno y progesterona respectivamente, sobre la secreción de GnRH, FSH y LH en el eje hipotálamo-pituitario. Mecanismos complejos interfieren con la actividad del eje hipotálamo-pituitaria-ovario, con la participación de péptidos opioides endógenos como las endorfinas, catecolaminas (DOPA, norepinefrina, epinefrina), hormona liberadora de corticotropinas (CRH), hormona adrenocorticotrópica (ACTH) y cortisol (Gilmore y Cook, 1981).

La receptividad y la fertilidad de la coneja son índices que caracterizan el comportamiento reproductivo. Su mejora provoca una reducción del intervalo entre partos y un aumento directo de la productividad. Varios autores (Theau-Clément y Roustan, 1980; 1992; Theau-Clément *et al.*, 1990; 1996) han reportado mayor fertilidad y prolificidad en hembras con receptividad sexual al momento de ser inseminadas artificialmente e inducidas ovulatoriamente mediante factores liberadores de las hormonas gonadotropinas (Gn-RH), que en las no receptivas.

La utilización de la hormona de la yegua preñada (PMSG) para sincronizar conejas ha mostrado receptividades medias superiores al 90% frente al 80% que se obtienen normalmente en las explotaciones industriales (Roca, 1998). Sin

embargo, su uso sistémico puede dar lugar a la formación de anticuerpos Anti-PMSG y una disminución en el comportamiento reproductivo a largo plazo, además de que su empleo es costoso (Rodríguez de Lara y Fallas, 1998). Muchos estudios se han hechos sobre tratamientos con hormonas (Maertens *et al.*, 1995; Castellini, 1996) pero pocos sobre bioestimulación (Theau-Clément, 2000). Los métodos por bioestimulación discutidos serán el fotoperiodo, programas de alimentación a largo y corto plazo (“flushing”), lactancia controlada, y cambio de lugar y jaula.

Programas de iluminación

En la mayoría de las especies animales, el fotoperiodo es el factor controlador de la actividad reproductiva. Los nacimientos ocurridos en una época favorable aseguran la sobrevivencia de las crías (Malpaux *et al.*, 1997). La duración de la iluminación del día es traducida a una señal endocrina por la melatonina, vía glándula pineal (Reiter, 1980). Las conejas muestran mayor receptividad sexual y prolificidad durante los meses de primavera, mientras que en los de otoño e invierno este comportamiento es menor (Sittmann *et al.*, 1964; Reed, 1979). Walter *et al.* (1968) reportaron que una iluminación de 16 h d⁻¹ durante todo el año reduce los problemas reproductivos asociados con fotoperiodo corto. Theau-Clément *et al.* (1990) encontraron que una modificación del fotoperiodo de 8 h continuas a 16 h d⁻¹, 8 días antes de la IA, mejoraron significativamente la receptividad sexual de las conejas (71.4% vs. 54.3% en el control de 16 h d⁻¹ constantes).

Programas de iluminación interrumpidos también han sido estudiados en conejos. Uzcategui y Johnston (1992) trabajando con conejas de la raza Rex, concluyeron que necesitan al menos 14 h de luz continua para manifestar su potencial reproductivo y que esquemas de iluminación intermitente de 10, 12 y 14 h son igualmente efectivos para promover la reproducción que el de 14 h continuas.

Arveux y Troislouches (1994) sometieron conejas híbridas comerciales a diferentes programas de iluminación (continuo: 16 h d⁻¹ o discontinuo: 8: 4: 8: 4: h luz: oscuridad), lo que resultó en incrementos de fertilidad (82.6 vs. 67.6% para monta natural) sin reducción del peso de la camada al destete.

Lactancia controlada

Consiste en la separación temporal de la coneja de su camada o cierre del nido; para este tipo de bioestimulación, los autores han usado diferentes protocolos, por lo que serán presentados los de 24 horas, 3 días antes de la IA, y de 24 a 48 horas de cierre e inmediatamente después la IA.

24 horas, 3 días antes de la IA

Castellini *et al.* (1998) compararon 2 diferentes técnicas en la separación madre-camada por 24 h. La separación fue efectuada 3 días antes de IA cerrando el nido o por cambio de jaula (la cual implica una separación madre-camada adicional a una modificación de las condiciones microambientales de la coneja). Conejas nulíparas y multíparas no lactantes mostraron mayor ($P<0.05$) fertilidad en +12.9 y 14.0%, respectivamente, comparadas con el control.

24 a 48 horas de cierre e inmediatamente después la IA

Maertens (1998a), inseminando conejas lactantes inmediatamente después del amamantamiento de su camada, con separación de 40 h, encontró mejor ($P<0.05$) comportamiento que en el control para receptividad sexual (+38.0%), fertilidad (+11.1%) y prolificidad (+1.1 gazapos). Además, las conejas fueron tan fértiles como las tratadas con 20 U.I. de PMSG. Los efectos fueron mayores para conejas primíparas (+30.3%), y conejas en su segunda lactancia (+12.3%). Sin embargo, la separación redujo el crecimiento de los gazapos desde el día 11 al 30 postparto (-47g, correspondiente a 5% de peso al destete).

Alvariño *et al.* (1998) utilizaron 2,995 conejas multíparas inseminadas inmediatamente después de amamantar a su camada en el día 4 u 11 postparto. Las conejas fueron separadas de sus camadas por una malla metálica, a 0, 24, 36 o 48 h antes de la IA. En conejas de 4 días de lactancia, la fertilidad fue mejorada después de 24 h (+16.8%), 36 h (+32.4%) y 48 h (+34.4%). La prolificidad sólo incrementó después de la separación madre-camada de 48 h. En conejas de 11 días de lactancia, un mínimo de 36 h fue necesario para mejorar la fertilidad (+10,5%). Sin embargo, el peso al destete disminuyó gradualmente de una separación madre-camada de 24 h a 48 h (-9.0% comparado con el peso al destete del control). Esta separación madre-camada no afectó la sobrevivencia predestete de los gazapos. Además, la separación madre-camada de 36 h resultó en una tasa de fertilidad similar o mayor que en las conejas tratadas con PMSG.

Los resultados de los experimentos de Maertens (1998a) y Alvariño *et al.* (1998), están de acuerdo con los publicados por Pavois *et al.* (1994) y Duperray (1999). Esto demuestra que una separación madre-camada efectuada en conejas saludables durante 36 a 40 h antes de la inseminación al día 11 postparto, lleva a una ganancia en tasa de fertilidad de al menos 10%, sin afectar la tasa de sobrevivencia.

Theau-Clément (2000) propuso diferentes hipótesis para explicar el efecto positivo de la separación madre-camada en términos fisiológicos: 1) La secreción de prolactina es reducida y retrasada, lo que puede reducir su efecto antagónico sobre la liberación de gonadotropinas; 2) La oxitocina necesaria para la eyección de la leche, también afecta las contracciones uterinas y por lo tanto, puede contribuir al transporte de espermatozoides al sitio de fertilización, si la inseminación ocurre inmediatamente después del amamantamiento; 3) La separación madre-camada puede actuar como un estrés positivo e influenciar el balance hormonal; y 4) Puede haber interacción de los tres fenómenos anteriores.

Cambio de lugar y jaula

Lefèvre y Moret (1978) y Rebollar *et al.* (1995), concluyeron que un cambio de jaula mejora la fertilidad de conejas nulíparas. Rebollar *et al.* (1994) encontraron que un cambio de jaula 48 h antes de la IA en conejas nulíparas mejoró la fertilidad al mismo nivel que la aplicación de 25 U.I. de PMSG (81.8 vs. 79.6%, respectivamente).

En conejas nulíparas, Luzi y Crimella (1998) no encontraron diferencia significativa en tasa de fertilidad, prolificidad y peso de la camada al parto, entre el control (66.2%, 7.6 ± 0.4 y 600 ± 42 g) y las hembras con cambio de jaula ($66.70 \pm 0.1\%$, 7.27 ± 0.52 , 574 ± 45 g). Los autores consideran este método de bioestimulación consumidor de tiempo y difícil para aplicarlo en granjas grandes.

Rodríguez de Lara y Fallas (1998), trabajando con conejas Nueva Zelanda Blanco inseminadas artificialmente, encontraron que las conejas con cambio de lugar y jaula presentaron 4.4% más en tasa de partos con respecto a conejas sin cambio, pero sin diferencias entre ellas ($P > 0.43$). La prolificidad en conejas con cambio fue significativamente más alta ($P < 0.002$) que en las hembras sin cambio (Cuadro 11).

Cuadro 11. Tasa de partos y medias de cuadrados mínimos $\pm$ errores estándar para prolificidad en relación con el cambio de lugar y jaula en conejas nulíparas.

Cambio de lugar y jaula	n	Tasa de partos (%)	Prolificidad
Sin	64	82.8	7.00 ± 0.31
Con	94	87.2	8.23 ± 0.25
Probabilidad		0.439	0.002

Rodríguez de Lara y Fallas (1998).

En general, el comportamiento reproductivo en conejas con cambio de lugar y jaula fueron mayores. Las tasas de partos obtenidas en conejas cambiadas de lugar son ligeramente superiores (+5.4%) a las tasas de partos de 81.8%

reportadas por Rebollar *et al.* (1995) quienes efectuaron cambios de jaula 48 h antes de la inseminación. Esto sugiere que el estrés de cambio de ambiente sobre la presentación de estro es de respuesta corta e inmediata. Esta técnica puede facilitar el manejo al efectuarse cambios de lugar durante pocas horas en un mismo día sin tener que tener ocupadas jaulas por 48 h. Asimismo es importante que los niveles de alimentación sean los adecuados para evitar que incrementos en comportamiento reproductivo en la primera camada sea una causa de desbalances nutricionales en la vida productiva-reproductiva futura de la coneja.

Las diferencias en tasas de partos y prolificidad entre tipos de manejo es explicada por la diferencia en receptividad sexual de la conejas de cada grupo de manejo (Cuadro 12). La mayor parte de las conejas en las que no se realizaron cambios de lugar y jaula no fueron receptivas (60.9%); sin embargo, en las conejas expuestas a cambios de lugar y jaula el 73.4% fueron receptivas (Rodríguez de Lara y Fallas, 1998).

Cuadro 12. Efecto de cambio de lugar sobre tasa de partos y prolificidad en relación con receptividad sexual.

Manejo	Receptividad	Inseminaciones	Tasa de partos (%)	Prolificidad
Sin cambio	Receptiva	25	92.0	6.74±0.49
	No Receptiva	39	76.9	7.20±0.42
Probabilidad			0.119	0.479
Con cambio	Receptiva	69	89.9	8.35±0.28
	No Receptiva	25	80.0	7.85±0.49
Probabilidad			0.206	0.378

Rodríguez de Lara y Fallas (1998).

Diferencias entre conejas receptivas y no receptivas en tasas de partos y prolificidad en los dos tipos de manejo no fueron significativas ($P>0.11$). Sin embargo, la tendencia a valores mayores reproductivos se observaron en conejas receptivas. Las altas tasas de partos de las conejas nulíparas en los dos ensayos se explica por las altas tasas de partos obtenidos por las conejas receptivas y debido a los buenos niveles alcanzados por las no receptivas. Al efectuar

comparaciones en prolificidad entre conejas receptivas de los dos tipos de manejo se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.003$) a favor de aquellas cambiadas de lugar y jaula (1.6 gazapos más en promedio). Conejas no receptivas cambiadas de lugar y jaula mostraron una superioridad de 0.6 gazapos más en promedio que las no receptivas no cambiadas, pero sin diferencias entre ellas ($P > 0.36$, Rodríguez de Lara y Fallas, 1998).

Efecto fisiológico del cambio de lugar

Ha sido reconocido que estímulos ambientales participan en la regulación de la función reproductiva, influyendo el sistema nervioso y el eje hipotálamo-pituitaria. Estímulos auditivos y/o olfatorios, pueden modificar positiva o negativamente el comportamiento reproductivo (Theau-Clément, 2000). Muchas prácticas de manejo convencional pueden ser estresantes para el ganado doméstico. El fenómeno del estrés, entendido como la respuesta autónoma no específica (liberación de hormonas adrenales) a estímulos externos o internos (agentes estresantes), con el propósito de adaptarse (huir; pelear) al ambiente, implica la activación de mecanismos neurofisiológicos que se esfuerzan en resistir y prevenir un daño mayor, como cambios en el ritmo cardíaco, diámetro pupilar, resistencia de la piel, y flujo sanguíneo periférico. Los sistemas endócrino, inmune y nervioso central, de manera coordinada responden a estímulos estresantes (Ewing *et al.*, 1999). El eje hipotálamo-pituitaria-adrenocortical es el principal componente de la respuesta neuroendócrina a eventos estresantes (Selye, 1973).

Si un agente estresante puede considerarse dañino o no, depende de la capacidad del animal para enfrentarlo y lograr un nuevo estado de homeostasis (Von Borel, 2001). La diferencia entre animales habituados o no a un manejo es la percepción neutral (no riesgosa) o amenazante (que le provoca una reacción de miedo) del evento (Grandin, 1997). Cuando el animal pierde el control ante el estímulo estresante, reduce su actividad, renuncia a su status social (se somete) y evita la defensa territorial, además suprime el comportamiento sexual y maternal. Algunas consecuencias patológicas de largo plazo del estrés son hipertrofia de

glándulas adrenales, atrofia del sistema timolinfático y ulceración estomacal (Von Borel, 2001). Estas modificaciones son dependientes de la secreción de la ACTH y corticosteroides (Selye, 1973). Altos niveles de corticosteroides en plasma de animales estresados afectan la función inmune (Napolitano *et al.*, 1995; Rhind *et al.*, 1998).

Hembras lactantes que manifiestan estrés pueden impedir la secreción de leche y el reflejo de eyección (Bruckmaier *et al.*, 1993), y aumentar incidencia de mastitis. La inhibición del reflejo de eyección de la leche es una consecuencia de la activación del sistema adrenal simpático (Goodman y Grosvenor, 1983), que reduce la liberación de oxitocina (Bruckmaier y Blum, 1992). La reducción en la síntesis de proteínas de la leche sucede debido a la utilización de aminoácidos para gluconeogénesis (Hart, 1983).

Programas de alimentación

Los programas de alimentación pueden considerarse a largo y a corto plazo. Los programas a largo plazo incluyen el de las conejas de reemplazo que las prepara para su carrera reproductiva y el aplicado continuamente a las conejas después de su primer parto. Los programas de corto plazo son aquellas en que la alimentación específica se aplica justo antes del ciclo reproductivo.

A corto plazo ("flushing")

El flushing consiste en incrementar los niveles de energía en la coneja antes de la inseminación. Varios autores han usado flushing con o sin una restricción alimenticia previa. Fortun-Lamothe (1998) estudiaron el efecto de flushing sin restricción alimenticia previa durante 4 ciclos reproductivos, y encontraron un efecto positivo sobre la tasa de fertilidad. Mientras que un inadecuado consumo de energía preparto tuvo un efecto negativo sobre la receptividad sexual y el peso de la camada al nacimiento.

Maertens (1998a), trabajando con conejas lactantes sujetas a un flushing de alta energía durante 4 días antes de la IA, no encontró mejoras en la receptividad sexual, fertilidad y prolificidad, en comparación con el grupo control (-1.2%, -12.2% y -0.5 gazapos, respectivamente). El autor atribuye esos resultados a la baja patabilidad de la dieta experimentada. La energía diaria consumida durante el periodo de flushing fue menor que en el grupo control (-0.03 Mcal EM d⁻¹).

Luzi *et al.* (1999) utilizaron un flushing con 2% de propilenglicol (alcohol precursor de glucosa con alto contenido energético -5.0 Mcal kg⁻¹-) en el agua de bebida, durante 4 días antes de la IA, y encontraron un incremento (P<0.05) en fertilidad (64% vs. 53% en el control), pero no hubo efecto sobre la prolificidad.

Butterstein *et al.* (1985) encontraron que la utilización de germinados de trigo estimula la actividad reproductiva en ratones de campo, sobre todo en épocas críticas, y lo atribuyeron a la presencia del compuesto 6-metoxibenzoxazolinona (6-MBOA). Grobner *et al.* (1988) encontraron que la administración inyectada de 6-MBOA en conejas promueve el desarrollo folicular. Herrera *et al.* (1998) encontraron diferencias (P<0.006) entre periodos de suplementación (0, 4, 6 y 8 días) con germinados de trigo sobre la tasa de receptividad (34.6, 48.3, 67.4 y 68.7%, respectivamente) de conejas Nueva Zelanda Blanco en ritmos pre-intensivos de reproducción, y concluyeron que la suplementación de germinados hidropónicos de trigo (como fuente de 6-MBOA) a conejas reproductoras durante épocas críticas estacionales, funciona como una alternativa dietética para sincronizar estros y mejora el comportamiento reproductivo en programas de inseminación artificial; señalaron que la utilización de esta alternativa de manejo durante 6 días tendió a dar la mejor respuesta reproductiva tanto en conejas nulíparas como en múltiparas y su consumo no mostró tener efectos negativos aparentes sobre la condición corporal a largo plazo. Aunque el mecanismo de acción exacto de 6-MBOA no ha sido determinado, Herrera *et al.* (1998) señalaron que esta molécula presenta una estructura química similar a la melatonina, por lo

que puede haber una interrelación entre los mecanismos de acción de 6-MBOA y melatonina.

En conejas nulíparas, Van den Broeck y Lampo (1977) encontraron que un flushing después de un periodo de restricción alimenticia, mejora el comportamiento reproductivo. Gosálvez *et al.* (1995) aplicaron un flushing después de 2 semanas de restricción alimenticia, y encontraron tendencias de un efecto positivo del flushing sobre la tasa de ovulación en conejas nulíparas de 17 semanas de edad.

A largo plazo

Cuando las conejas son alimentadas con dietas experimentales (de alto y bajo nivel energético) durante ciclos reproductivos sucesivos, se observa un efecto positivo del nivel nutricional alto sobre el comportamiento reproductivo (Hulot *et al.*, 1982; Maertens y de Groote, 1988; Castellini y Battaglini, 1991; Cervera *et al.*, 1993).

En conejas nulíparas y primíparas, Manchisi *et al.* (1988) compararon 2 niveles de alimentación (*ad libitum* vs. restringido, 50 días antes del experimento) y concluyeron que la alimentación *ad libitum* incrementa la tasa de ovulación. Hartmann y Petersen (1997) estudiaron el efecto de alimentación restringida o *ad libitum* durante el periodo de crianza de las conejas de reemplazo sobre el comportamiento reproductivo (hasta el tercer parto), y encontraron que las conejas en restricción alimenticia tuvieron una mayor prolificidad a partir del segundo parto (+1.4 gazapos). Sin embargo, Eiben *et al.* (1999), criando conejas de reemplazo con una dieta restringida a 130 g d⁻¹ o con un acceso al alimento de 9 h d⁻¹, no encontraron efecto sobre el comportamiento reproductivo de las hembras durante 3 partos sucesivos.

Durante un año, Nizza *et al.* (1997) alimentaron conejas de reemplazo (desde la edad de 50 días hasta el día 10 de la primer gestación) con una dieta alta en

fibra comparada con una dieta control, y encontraron un incremento en el número de gazapos destetados por camada (+5%) en la dieta alta en fibra. Mientras que Xiccato *et al.* (1999) no encontraron un incremento en el comportamiento reproductivo de conejas nulíparas que fueron alimentadas desde el destete hasta su primer parto con una dieta alta en fibra.

La aplicación de métodos por bioestimulación para incrementar la eficiencia reproductiva deben ser aplicados en sistemas de producción con animales saludables, y debe acompañarse por fundamentos sólidos en las técnicas reproductivas y de productividad. Esos métodos deben ser fáciles de aplicar, de bajo gasto en mano de obra extra, consistentes con el comportamiento animal y adaptados al ciclo de producción, sin pretender utilizarse para compensar deficiencias en manejo.

4. INTERACCIÓN NUTRICIÓN-REPRODUCCIÓN EN CONEJAS

La nutrición es el factor ambiental que tiene la mayor influencia sobre el proceso reproductivo, donde el balance energético juega un papel importante, sin embargo no se conocen los mecanismos fisiológicos del reconocimiento del estado nutricional por el sistema reproductivo (Houseknecht *et al.*, 1998). De acuerdo con Pettigrew y Tokach (1991) existen dos corrientes conceptuales acerca de cómo la nutrición afecta a la reproducción, la primera dice que la reproducción se ve afectada cuando el contenido graso o proteínico de la reproductora cae por debajo de un determinado nivel, y la segunda, indica que el eje hipotálamo-hipofisario-utero-gonadal responde (cambios en sensibilidad de receptores, estímulo o inhibición de secreciones, homeostasis) a determinados metabolitos y hormonas que reflejan el estado metabólico de la reproductora (insulina, factores de crecimiento parecidos a insulina, glucosa, ácidos grasos, leptina y el neuropéptido Y). Algunos de los procesos en los que intervienen la sincronía entre nutrición y reproducción son la integración estímulo coital-hipotálamo, acción de los factores hipotalámicos liberadores sobre la hipófisis,

acción de las gonadotropinas sobre el ovario, ovulación, retroactividad del ovario sobre el eje hipotálamo-hipófisis, fecundación, implantación y placentación, y mecanismos del parto (Alvariño, 1993).

Alteraciones en el manejo nutricional causan alteraciones en la edad a la pubertad, ésta ocurre cuando la hembra aún se encuentra creciendo, alrededor de las diez semanas de vida, por lo que el inicio de la vida reproductiva debe iniciar hasta un período más avanzado, con objeto de alcanzar un desarrollo óptimo de la población folicular y alcanzar de 75 a 80% del peso adulto, lo cual ocurre entre 14 y 16 semanas de edad, de modo que la gestación no interfiera en su desarrollo corporal y su fertilidad en partos sucesivos (Lebas *et al.*, 1986).

En ciertos momentos y con ciertas condiciones de explotación la capacidad de ingestión de la coneja lactante está seriamente limitada y existe el riesgo de que la coneja quede demasiado delgada, lo que dificultará su futura capacidad reproductora y descenderá su producción. Las condiciones más desfavorables son las siguientes: 1) Conejas primíparas, con una menor capacidad de ingestión que las multíparas (Parigi *et al.*, 1990); 2) Conejas con un alto potencial de producción, cuyas necesidades son mucho mayores que las proporcionadas por el alimento y su capacidad de consumo (Partridge *et al.*, 1986; Maertens, 1992); 3) Conejas sometidas a ritmos reproductivos muy intensivos, cuyas posibilidades de recuperación de reservas están muy reducidas en el tiempo (Fraga *et al.*, 1989; Barreto y de Blas, 1993; Cervera *et al.*, 1993); y 4) Conejas sometidas a altas temperaturas ambientales, cuya capacidad de ingestión está limitada por el estrés térmico (Fernández-Carmona *et al.*, 1995). En tales situaciones, el consumo voluntario de alimento es el factor limitante en el balance nutritivo y energético, y para ello las opciones son aumentar el consumo voluntario de materia seca o la energía digestible (ED) en la dieta (Xiccato, 1996).

Concentración energética de la dieta

La regulación quimiostática del consumo de alimento permite un consumo de energía constante entre grupos de animales sometidos a dietas con diferente concentración energética, y se logra en concentraciones de ED de la dieta mayores a 2.2 Mcal kg⁻¹ MS. En dietas con niveles de energía menores, sucede una regulación de tipo físico dependiente del llenado del tracto digestivo (Santomá *et al.*, 1989).

Los alimentos comerciales de conejos normalmente incluyen alrededor de 2.5% de grasa, debido al escaso contenido en grasa que contienen las materias primas generalmente utilizadas en la formulación de este tipo de alimentos (alfalfa, cereales y sus subproductos, y pastas de oleaginosas) y al efecto tecnológico negativo (rancidez) que ejerce la adición de grasa sobre la calidad del gránulo (Thomas *et al.*, 1998). Sin embargo, varios estudios de mediano a largo plazo (Maertens y de Groote, 1988; Fraga *et al.*, 1989; Barreto y de Blas, 1993; Cervera *et al.*, 1993) han demostrado que la adición de cantidades moderadas de grasa animal o vegetal (3 a 5%), mejora los rendimientos de las conejas reproductoras. Este efecto se debe a que la suplementación con grasa permite incrementar la concentración energética de la dieta hasta 2.62-2.75 Mcal ED kg⁻¹ (Xiccato, 1996), sin tener que aumentar su contenido en almidón, el cual puede causar problemas digestivos (Blas y Gidenne, 1998).

Hay varios estudios del efecto de la suplementación con grasa sobre la prolificidad de las conejas. En la mayoría de ellos (Maertens y de Groote, 1988; Fraga *et al.*, 1989; Barreto y de Blas, 1993; Cervera *et al.*, 1993; Fortun-Lamothe y Lebas, 1994; 1995) no se encontró efecto alguno de la adición de grasa sobre la prolificidad. En pocos trabajos (Barge y Masoero, 1986; Christ *et al.*, 1996) se observó una mejora de la prolificidad con la adición de grasa, y en otros (Viudes de Castro *et al.*, 1991; Parigi *et al.*, 1996) se encontró un efecto negativo de la adición de grasa sobre prolificidad (-2.7 y -1.8 gazapos nacidos vivos, respectivamente).

De acuerdo con Fernández-Carmona *et al.* (2000), la incorporación de grasa al alimento no produce una mejora en la fertilidad de las conejas reproductoras. Sin embargo, Castellini y Battaglini (1991) encontraron una mayor fertilidad (+9%) en las conejas que consumieron una dieta con un 2% de grasa, comparada con las que ingirieron un alimento que contenía un 0.5%, con un ritmo de reproducción intensivo (IA 2 días postparto) durante un año, pero no encontraron repuesta cuando siguieron un ritmo semiintensivo (IA 12 a 14 días postparto). Maertens y de Groote (1988) también encontraron un efecto positivo de la adición de grasa sobre la fertilidad (+10%) de las conejas criadas intensivamente (IA un día postparto) durante un periodo de cinco meses; sin embargo, esta diferencia fue menor (2.5%) después de nueve meses. Otros autores (Barreto y de Blas, 1993; Christ *et al.*, 1996) también observaron que la tasa de fertilidad mejoró un 7% con la inclusión de grasa.

Cuando la adición de grasa se realiza en alimentos isoenergéticos (De Blas *et al.*, 1995), se produce un incremento del contenido en fibra y como consecuencia, un descenso del contenido en almidón de los mismos; estos autores no encontraron aumento en el consumo de ED ni en los rendimientos de las conejas en lactancia, probablemente debido a un déficit de almidón en la dieta que contenía un 3% de grasa. Cuando en este tipo de dietas se incluyen niveles elevados de grasa y, por lo tanto de fibra, se puede producir un déficit nutricional de glucosa. La glucosa es necesaria para la síntesis de lactosa de la leche y para la supervivencia y el crecimiento fetal (Fortun-Lamothe *et al.*, 1993). Si no están cubiertas las necesidades de glucosa se puede provocar una caída en los rendimientos de las reproductoras y de los gazapos en lactancia, además, de dar lugar a una mayor mortalidad embrionaria, sobre todo cuando se alcanza el pico de lactancia, que es cuando las necesidades son más elevadas (Fortun-Lamothe y Lebas, 1995).

En varios estudios (Fortun-Lamothe y Lebas, 1994; 1995; Xiccato *et al.*, 1995; Pascual *et al.*, 1999) se ha incrementado la ED del alimento mediante al

incorporación de almidón. Los resultados obtenidos en estos trabajos se han comparado con los de otros alimentos isoenergéticos a los que se les añadió grasa. En ellos, se puede observar que con la inclusión de almidón, el consumo de ED de las conejas lactantes se mantiene prácticamente constante, o bien aumenta ligeramente, pero en general este efecto no se traduce en una mayor producción de leche como ocurre cuando se adiciona grasa. Este hecho hace que cuando se incorpora almidón a la dieta se obtengan mayores incrementos de peso y mejor condición corporal de las conejas en lactancia, lo que según estos autores reduciría la movilización de las reservas corporales de las reproductoras cuando sus necesidades son máximas.

Proteína digestible

El efecto del nivel de proteína de la dieta sobre los rendimientos reproductivos en conejas ha sido revisado por Santomá *et al.* (1989) y Xiccato (1996). Dado que la concentración energética de la dieta puede variar considerablemente en las dietas de conejas reproductoras, los resultados están expresados sobre la relación óptima proteína digestible: energía digestible. Los resultados indican que en el caso de explotaciones que sigan ritmos reproductivos intensivos, se requiere una relación mínima de 44 g PD Mcal⁻¹. Valores inferiores dan lugar a una disminución del peso de los gazapos, del peso de las conejas y del nivel de fertilidad. Sin embargo, para obtener valores máximos de producción de leche, supervivencia y crecimiento de los gazapos durante la lactancia, es necesario incrementar la relación hasta 52 g PD Mcal⁻¹. Por otra parte, niveles superiores (60 g PD Mcal⁻¹) conducen a una disminución del consumo y a una pérdida de la condición corporal (Barge *et al.*, 1991).

Nivel y tipo de fibra

Los conejos son capaces de consumir altas cantidades de alimento con un elevado contenido en fibra, debido a las particularidades de su sistema digestivo. Tres trabajos realizados con conejas reproductoras a largo plazo (>1 año),

comparando 7 dietas con un rango de contenido en fibra ácido detergente (FAD) entre 16.2 y 21.6% y sin grasa adicionada (Méndez *et al.*, 1986; Barreto y de Blas, 1993; Cervera *et al.*, 1993), muestran que las conejas son capaces de incrementar su consumo de alimento al incrementarse el nivel de fibra, pero el consumo de energía disminuye cuando el contenido en fibra aumenta por encima de alrededor de un 20% FAD. Como consecuencia, el tipo de dieta tiene poco efecto, en este rango de comparación, sobre el peso de las conejas, el intervalo entre partos, o el número de gazapos destetados por jaula y año, pero niveles altos de fibra tienden a reducir la producción de leche y el peso de la camada al destete.

Una de las características más importantes de la fibra para su utilización en conejos es su tamaño de partícula (García *et al.*, 1999; 2000). El trabajo de Nicodemus *et al.* (1997) demuestran que un déficit de partículas largas (>0.315 mm), independientemente de la composición de la fibra, da lugar a una acumulación de la digesta en el ciego y una disminución del reciclado de cecótrofos, del consumo de alimento y de los rendimientos productivos de las conejas en lactancia. Como consecuencia, se recomienda una proporción mínima de un 20% de partículas largas (>0.315 mm) en el alimento, para maximizar el consumo y la producción total de leche de las conejas. Otra variable que ayuda a caracterizar la fuente de fibra es su grado de lignificación (%Lignina ácido detergente –LAD- o %LAD por unidad de fibra detergente neutro). Al igual que en otras especies (Van Soest, 1994), un alto contenido en lignina disminuye la degradación de la fibra (García *et al.*, 1999). La inclusión de lignina purificada en la dieta, en sustitución de heno de alfalfa, produce una reducción en el peso de las vellosidades intestinales a nivel yeyuno e íleon (Chiou *et al.*, 1994), lo que puede afectar la actividad enzimática y la absorción de nutrientes (Gidenne *et al.*, 1998). El heno de alfalfa contiene una proporción adecuada de partículas finas (<0.315 mm), lo que favorece su entrada en el ciego y el desarrollo de la flora microbiana, la proporción de partículas largas también es adecuada, lo que evita un excesivo tiempo de retención, con lo que se favorece el consumo de alimento y el reciclaje de nitrógeno microbiano a través de la cecotrofia (García *et al.*, 1999; 2000).

LITERATURA CITADA

- Alvariño, R. 1993. Control de la reproducción en el conejo. Editorial Mundi-Prensa. España. 137 p.
- Alvariño, J., 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.
- Alvariño, J. 2000. Reproductive performance of male rabbits. *In: Proceedings of the 7th World Rabbit Science Congress*. Vol. 8:13-35. July 4-7. Valencia, Spain.
- Arveux, P. and G. Troislouches. 1994. Influence d'un programme lumineux discontinu sur la reproduction des lapines. 6èmes Journées de la Recherche Cunicole. La Rochelle. France. 1:121-126.
- Bagliacci, M., F. Camilo, and P. Paci. 1987. The effect of temperature on the reproductive performance of male rabbits. *Revista di Coniglicolture* 10:61-65.
- Barge, T. and G. Masoero. 1986. Impiego di grasso animale o vegetale in diete per coniglie appartenenti a due gruppi etnici e sua influenza sulla carriera riproduttiva. *Zootecnica e Nutrizione Animale* 12:367-378.
- Barge, T., G. Masoero, and G. Bergoglio. 1991. Disponibilit  energética e proteica nella dieta di conigli bianchi di Nuova Zelanda. I. Effetti sulle performances delle fattrici. IX Congresso Nazionale A.S.P.A. 3-7 giugno. Rome. Vol. 1:489-499.
- Barreto, G. and C. de Blas. 1993. Effect of dietary fibre and fat content on the reproductive performance of rabbit does bred at two remating times during two seasons. *World Rabbit Science* 1(2):77-81.
- Beatty, B.A. 1960. Fertility of mixed semen from different rabbits. *Journal of Reproduction and Fertility* 1:52-60.
- Berger, M., J. Faucher, M de Turckheim, G. Veyssiere, and C. Jean. 1982. La maturation sexuelle Du lapin male. 3emes Jornees de la Recherche Cunicole. Communication 11. Paris. pp. 1-10.
- Blas, E. and T. Gidenne. 1998. Digestion of starch and sugars. *In: The Nutrition of the Rabbit*. De Blas, C. and J. Wiseman (Eds.). Commonwealth Agricultural Bureau International Publishing. Wallingford, U.K. pp. 17-38.

- Blocher, F. and A. Franchet. 1990. Fertilité, prolificité et productivité au sevrage en insemination artificielle et en saillie naturelle; influence de l'intervalle mise-bas/saillie sur le taux de fertilité. 5èmes Journées de la Recherche Cunicole. Paris. Com. 2.
- Bodnar, K., I. Torok, P. Hejel, and E. Bodnar. 1996. Preliminary study on the effect of ejaculation frequency on some characteristics of rabbit semen. 6th World Rabbit Congress. Toulouse. Vol. 2:41-44.
- Bruckmaier, R. and J. Blum. 1992. Disturbed milk removal in dairy cows. In: Proceedings of 8th International Conference of Production Diseases in Farm Animals. Berna, Switzerland. pp. 215-230.
- Bruckmaier, R., D. Schams, and J. Blum. 1993. Milk removal in familiar and unfamiliar surroundings: concentrations of oxytocin, prolactin, cortisol and β -endorphin. Journal of Dairy Research 60:449-456.
- Bunaciu, P., I. Cimpeau, and M. Bunaciu. 1996. Mating frequency effect on spermatogenesis and performance of breeding rabbits. 6th World Rabbit Congress. Toulouse. Vol. 2:51-54.
- Butterstein, G., M. Schadler, E. Lysogorski, L. Robin, and S. Sipperly. 1985. A naturally occurring plant compound, 6-methoxybenzoxazolinone, stimulates reproductive responses in rats. Biology and Reproduction 32:1018-1023.
- Castellini, C. 1996. Recents advances in rabbit artificial insemination. In: Proceedings of the 6th World Rabbit Congress. Toulouse, France. Vol. 2:13-26.
- Castellini, C. and A. dal Bosco. 1998. Inzeminazione artificiale nel coniglio: fisiologia del maschio, produzione e conservazione del seme. Large Animals Review 4(3):87-94.
- Castellini, C. and M. Battaglini. 1991. Influenza della concentrazione energetica della razione e del ritmo riproduttivo sulle performance delle coniglie. IX Congresso Nazionale A.S.P.A. 3-7 giugno. Rome. Vol I:477-488.
- 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 reproductive performance. World Rabbit Science 6(1):199-203.
- Cervera, C., J. Fernández-Carmona, P. Viudes, and E. Blas. 1993. Effect of remating interval and diet on the performance of female rabbits and their litter. Animal Production 56:399-405.

- Chiou, P., B. Yu, and C. Lin. 1994. Effect of different components of dietary fiber on the intestinal morphology of domestic rabbits. *Comparative Biochemistry and Physiology* 108:629-638.
- Colin, M. 1998. Los nuevos métodos de manejo de la reproducción de los conejos. *In: Primer Congreso de Cunicultura de las Américas*. 7-9 septiembre. Montecillo, México. pp. 1-24.
- Cheeke, P. R. 2002. Industrialization and globalization of animal agriculture: implications for rabbit production. *In: Memorias del Segundo Congreso de Cunicultura de las Américas*. La Habana, Cuba. 19-22 Junio. pp. 19-26.
- Christ, B., K. Lange, and H. Jeroch. 1996. Effect of dietary fat on fat content and fatty acid composition of does milk. *Proceedings of 6th World Rabbit Congress*. 9-12 July. Toulouse, France. Vol. 1:135-138.
- De Alba, J. 1985. Reproducción animal. Ediciones científicas Prensa médica mexicana. México. 538 p.
- De Blas, C., E. Taboada, G. Mateos, N. Nicodemus, and J. Méndez. 1995. Effect of substitution of starch for fiber and fat in isoenergetic diets on nutrient digestibility and reproductive performance of rabbits. *Journal of Animal Science* 73:1131-1137.
- Díaz, P., L. Gosálvez, and J. Rodríguez. 1987. Cyclic ovarian activity in postpartum rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research* 10(3):122-125.
- Dickerson, G. E. 1983. Potential genetic improvements in the efficiency of beef production. *In: Strategies for most efficient beef production*. Proceedings. Kyoto University. Japan.
- Dickerson, G. E. 1988. Componentes de eficiencia en la producción de carne y leche. Universidad de San Carlos. Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica. Guatemala. 24 p.
- Duperray, J., B. Eckenfelder, T. Thebault, and J. Provost. 1999. Effet du regroupement des lapines avant l'insémination sur leurs performances de reproduction. 8^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole. Paris, France. Vol. 1:167-170.
- Eiben, C., K. Kustos, A. Kenessey, G. Virag, and Z. Szendrő. 1999. Effect of different feed restrictions during rearing on reproduction performance in rabbit does. 11th Symposium on housing and diseases of rabbits, furbearing animals and pet animals. 19-20 May. Celle, Germany.

- Ewing, S., D. Lay, and E. Von Borell. 1999. Farm animal well-being. Stress physiology, animal behavior, and environmental design. Prentice Hall. New Jersey, USA. pp 27-77.
- Feki, S., M. Baselga, E. Blas, C. Cervera, and E. Gómez. 1996. Comparison of growth and feed efficiency among rabbit lines selected for different objectives. *Livestock Production Science* 45:87-92.
- Fernández-Carmona, J., C. Cervera, C. Sabater, and E. Blas. 1995. Effect of diet composition on the production of rabbit breeding does housed in a traditional building and at 30°C. *Animal Feed Science and Technology* 52:289-297.
- Fernández-Carmona, J., J. Pascual, and C. Cervera. 2000. The use of fat in rabbit diets. *In: Proceedings of the 7th World Rabbit Congress*. Valencia, Spain. Vol. 8:29-59.
- Foote, R. H. 1984. Inseminación Artificial. *In: Reproducción e inseminación artificial en animales*. Hafez, E. (Editor). Cuarta Edición. Editorial Interamericana. México. pp. 497-520.
- Foote, R.H. 2002. The history of artificial insemination: selected notes and notables. American Society of Animal Science. 10 p.
- Fortun-Lamothe, L. 1998. Effects of pre-mating energy intake on reproductive performance of rabbit does. *Animal Science* 66:263-269.
- Fortun-Lamothe, L. and A. Prunier. 1999. Effects of lactation, energetic deficit and remating interval on reproductive performance of primiparous rabbit does. *Animal Reproduction Science* 55(3-4):289-298.
- Fortun-Lamothe, L. and F. Lebas. 1994. Effets de l'origine et de la teneur en énergie de l'aliment sur les performances de reproduction de lapines primipares saillies post-partum. *Primiers résultats*. 6^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole. La Rochelle. France. 2:285-292.
- Fortun-Lamothe, L. and F. Lebas. 1995. Effects of dietary energy level and source on foetal development and energy balance in concurrently pregnant and lactating primiparous rabbit does. *Animal Science* 62:615-620.
- Fortun-Lamothe, L. and G. Bolet. 1995. Les effets de la lactation sur les performances de reproduction chez la lapine. *INRA. Production Animale* 8(1):49-56.
- Fortun-Lamothe, L., A. Prunier, and F. Lebas. 1993. Effects of lactation on fetal survival and development in rabbit does mated shortly after parturition. *Journal of Animal Science* 71:1882-1886.

- Fraga, M., M. Lorente, R. Carabaño, and C. de Blas. 1989. Effect of diet and of remating interval on milk production and milk composition of the doe rabbit. *Animal Production* 48:459-466.
- García, J., R. Carabaño, and C. de Blas. 1999. Effect of fiber source on cell wall digestibility and rate of passage in rabbits. *Journal of Animal Science* 77:898-905.
- García, J., R. Carabaño, L. Pérez-Alba, and C. de Blas. 2000. Effect of fiber source on cecal fermentation and nitrogen recycled through cecotrophy in rabbits. *Journal of Animal Science* 78:638-646.
- Gidenne, T., R. Carabaño, J. García, and C. de Blas. 1998. Fibre digestión. In: *The Nutrition of the Rabbit*. De Blas, C. and J. Wiseman (Eds.). Commonwealth Agricultural Bureau International Publishing. Wallingford, U.K. pp. 69-88.
- Gilmore, T. and H. Cook. 1981. Environmental factors in mammal reproduction. Macmillan Publishers. NY. 697 p.
- Goodman, G. and C. Grosvenor. 1983. Neuroendocrine control of milk ejection reflex. *Journal of Dairy Science* 66:2226-2235.
- Gosálvez, F., J. Avariño, P. Díaz, and M. Tor. 1995. 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.
- Grandin, T. 1997. Assessment of stress during handling and transport. *Journal of Animal Science* 75:249-257.
- Grobner, A., P. Cheeke, N. Patton, and R. Nachman. 1988. The effect of 6-methoxybenzoxazolinone (6-MBOA) on ovarian and uterine weights in non-parous rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research* 3:222-226.
- Hart, I.C. 1983. Endocrine control of nutrient partition in lactating ruminants. *Proceedings of Nutrition Society* 42:181-194.
- Hartmann, J. and J. Petersen. 1997. Comparison of reproduction performance of does fed restrictive and *ad libitum* during the rearing period. 10th Symposium on housing and diseases of rabbits, furbearing animals and pet animals. 14-15 May. Celle, Germany.
- Herrera, A., R. Rodríguez de Lara, y R. Rangel. 1998. Efecto de períodos de suplementación con germinados de trigo sobre sincronización de estros y comportamiento reproductivo en conejas inseminadas artificialmente. In: *Primer Congreso de Cunicultura de las Américas*. Montecillo, México. pp. 31-37.

- Houseknecht, K., C. Baile, R. Matteri, and M. Spurlock. 1998. The biology of leptin: A review. *Journal of Animal Science* 76:1405-1420.
- Huerta, M. 2000. Eficiencia. Universidad Autónoma Chapingo. Postgrado en producción Animal. Chapingo, Estado de México. 16 p.
- Hulot, F., J. Mariana, and F. Lebas. 1982. L'établissement de la puberté chez la lapine (folliculogénèse et ovulation). Effet du rationnement alimentaire. *Reproduction, Nutrition and Development* 22(3):439-453.
- Lebas, F., P. Coudert, R. Rouvier, and H. de Rochambeau. 1986. The rabbit. Husbandry, health and production. FAO Animal Production and Health Series 21. Rome.
- Lefèvre, B., L. Martinet, and B. Moret. 1976. Environnement et comportement d'oestrus chez la lapine. *In: Proceeding of the first World Rabbit Congress*. Dijon, France. Communicate 61.
- López, J., J. Alvaríño, J. del Arco, A. Bueno, and C. Sanz. 1996. Effect of male rabbit management on semen production. 6th World Rabbit Congress. Toulouse. Vol. 2:83-86.
- Luzi, F., L. Maertens, P. Mijten, and F. Pizzi. 1996. Effect of feeding level and dietary protein content on libido and semen characteristics of bucks. 6th World Rabbit Congress. Toulouse, France. 2:87-92.
- 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.
- Luzi, F., S. Barbieri, C. Lazzaroni, C. Cavani, M. Zecchini, and C. Crimella. 1999. Amélioration des performances reproductives chez la lapin par "flushing" alimentaire. 50th E.A.A.P Meeting. Zurich, Germany. 22-26 august. pp. 1-4.
- Maertens, L. 1992. Rabbit nutrition and feeding: a review of some recent developments. *Journal of Applied Rabbit Research* 15:889-913.
- Maertens, L. 1998. Nutrición Cunicola: Necesidades y Estrategias de Alimentación. *In: Primer Congreso de Cunicultura de las Américas*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. México. pp. 1-33.
- Maertens, L. 1998a. Effect of flushing, mother-litter separation and PMSG on the fertility of lactating does and the performance of their litter. *World Rabbit Science* 6(1):185-190.

- Maertens, L. 1999. Towards reduced feeding costs, dietary safety and minimal mineral excretion in rabbits: A review. *World Rabbit Science* 7(2):65-74.
- Maertens, L. and G. de Groote. 1988. The influence of dietary energy content on the performances of post partum breeding does. *Proceedings of the 4th Congress of the World Rabbit Science Association*. Budapest. Vol. 3:42-53.
- Maertens, L., F. Luzi, and G. Grilli. 1995. Effects of PMSG induced oestrus on the performance of rabbit does: A review. *World Rabbit Science* 3(4):191-199.
- Malpaux, B., J. Delgadillo, y P. Chemineau. 1997. Neuroendocrinología del fotoperiodo en el control de la actividad reproductiva. *Seminario Internacional: Tópicos avanzados en reproducción animal*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp. 23-41.
- Manchisi, A., M. Gambacorta, F. Totada, and G. Martemuci. 1988. The effect of age and nutritional level on the ovulatory response of rabbits to GnRH, PMSG and PMSG+hCG. *Coniglicoltura* 25(2):45-47.
- Martin, S. 1979. Importance du male dans un élevage cunicole. *Cuniculture* 28:161-173.
- Méndez, J., C. de Blas, and M. Fraga. 1986. The effects of diet and remating interval after parturition on the reproductive performance of the commercial doe rabbits. *Journal of Animal Science* 62:1624-1634.
- Milisits, G., R. Romvary, A. Dalle, G. Xiccato, and Z. Szendro. 1996. Determination of body composition changes of pregnant does by X-ray computerised tomography. *Proceedings of 6th World Rabbit Congress*. Toulouse. France. Vol. 3:207-212.
- Napolitano, F., V. Marino, G. de Rosa, R. Capparelli, and A. Bordi. 1995. Influence of artificial rearing on behavioural and immune response of lambs. *Applied Animal Behaviour Science* 45:245-253.
- Nicodemus, N., J. García, R. Carabaño, J. Méndez, and C. De Blas. 1997. Efecto del tamaño de partícula sobre la productividad en conejos. *Séptima Jornada sobre Producción Animal*. Información Tecnológica, Económica y Agraria 18:181-183.
- Nizza, A., C. di Meo, and L. Esposito. 1997. Influence of the diet used before and after the first mating on reproductive performance of rabbit does. *World Rabbit Science* 2(3):107-110.
- Nizza, A., C. di Meo, S. Taranto, and G. Stanco. 2002. Effect of collection frequency on rabbit semen production. *World Rabbit Science* 10(2):49-52.

- Ortiz, J. and M. Rubio. 2001. Effect of breed and sex on rabbit carcass yield and meat quality. *World Rabbit Science* 9(2):51-56.
- Parigi, R., G. Xiccato, and M. Cinetto. 1990. Energy and protein retention and partition in rabbit does during the first pregnancy. *Cuni-Science* 6(1):19-30.
- Parigi, R., G. Xiccato, M. Cinetto, and A. Dalle. 1992. Energy and protein utilization and partition in rabbit does concurrently pregnant and lactating. *Animal Production* 55:153-162.
- Parigi, R., G. Xiccato, A. Dalle, A. Carazzolo, C. Castellini, and G. Stradaiolo. 1996. Effect of remating interval and diet on the performance and energy balance of rabbit does. *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress*. 9-12 July. Toulouse, France. Vol. 1:253-258.
- Partridge, G., E. Loble, and R. Fordyce. 1986. Energy and nitrogen metabolism of lactating rabbits. *British Journal of Nutrition* 49:507-516.
- Pascual, J., C. Tolosa, E. Blas, and J. Fernández-Carmona. 1999. Effect of diets with different digestible energy content on the performance of rabbit does. *Animal Feed Science and Technology* 81(1-2):105-117.
- Paufler, S., W. Schlolaut, and K. Lange. 1979. Postpartale Insemination beim Kaninchen mit Ovulationsauslösung durch synth LH-Release hormone. *Zuchthygiene* 14(1):37-42.
- Pavois, V., J. Le Naour, O. Ducep, G. Perrin, and J. Duperray. 1994. Une méthode naturelle pur améliorer la réceptivité et la fertilité des lapines allaitantes en insémination artificielle. 6èmes Journées de la Recherche Cunicole. La Rochelle. Vol. II:528-535.
- Pettigrew, J. and M. Tokach. 1991. Nutrition and female reproduction. *Pig News Information* 12:559-562.
- Rafel, O. 1996. Technical and economic systems employed in rabbit farms management. *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress*. July 9-12. Toulouse, France. Vol. 3:285-299.
- Rebollar, G., J. Alvariño, and E. Ubilla. 1994. Grouping of rabbit reproduction management by means of artificial insemination. *World Rabbit Science* 2:87-91.
- Rebollar, G., J. Alvariño, J. del Arco, and A. Bueno. 1995. Control de celo en conejas nulíparas: manejo y tratamiento con PMSG. *Sexta Jornada sobre Producción Animal. Información Tecnológica, Económica y Agraria* 16(1):455-457.

- Reed, T.E. 1979. Function of the female reproductive tract in domestic rabbits. American Rabbit Breeders Association Official 1:8-10.
- Reiter, R. 1980. The pineal and its hormones in the control of reproduction in mammals. *Endocrinology Review* 1:109-131.
- Rhind, S., H. Reid, S. R. McMillen, and G. Palmarini. 1998. The role of cortisol and β -endorphin in the response of the immune system to weaning in lambs. *Animal Science* 66:397-402.
- Roca, T. 1998. Sistemas, métodos y técnicas de manejo en la explotación cunícola industrial para carne. *In: Primer Congreso de Cunicultura de las Américas*. Montecillo, México. pp. 1-16.
- Roca, T. y R. Fanlo. 1983. Inseminación artificial aplicada en una granja cunícola de producción cárnica. VIII Simposium de Cunicultura. Toledo, España. pp. 151-159.
- Rodríguez de Lara, R. 1984. Productivity in rabbits in relation to breeding management. Ph.D. Thesis. University of Bristol, U.K.
- Rodríguez de Lara, R. 1995. Efecto del programa de reproducción sobre la fertilidad, prolificidad y productividad en conejos. XXV Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal. 28 y 29 de septiembre. Baja California Sur. pp. 67-71.
- Rodríguez de Lara, R. 1996. Requerimientos nutricionales en conejas reproductoras bajo sistemas de explotación intensivos. Memoria del Seminario Internacional "Nutrición de No Rumiantes". Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. pp. 1-39.
- Rodríguez de Lara, R. y M. Fallas L. 1998. Sincronización de estros en conejas nulíparas mediante cambios de lugar y jaula y su efecto sobre el comportamiento reproductivo en inseminación artificial. *Lagomorpha* 97:32-36.
- Roustan, A. and D. Maillot. 1990. Comparaison des résultats de fertilité et de productivité numérique à la naissance de deux groupes de lapines conduites en insémination artificielle et en saillie naturelle. Analyse de quelques facteurs de variation. 5èmes Journées de la Recherche Cunicole. Paris. Com. 3.
- Ruiz, J. y J. Camps. 2002. Evolución de la cunicultura en España. *In: Memorias del Segundo Congreso de Cunicultura de las Américas*. La Habana, Cuba. pp. 27-29.

- Santomá, G., C. de Blas, R. Carabaño, and M. Fraga. 1989. Nutrition of rabbits. *In*: Haresing, W. and Cole, D. (Eds.). Recent Advances in Animal Nutrition. Commonwealth Agricultural Bureau International Publishing. London. U.K. pp. 97-138.
- Selye, H. 1973. The evolution of the stress concept. *Animal Science* 61:692-699.
- Sittmann, D., W. Rollins, K. Sittmann, and R. Casady. 1964. Seasonal variation in reproductive traits of New Zealand White rabbits. *Journal of Reproduction and Fertility* 8:29-37.
- Sorensen, A. 1982. Reproducción Animal. Ed. McGraw-Hill. México. 539 p.
- Theau-Clément, M. 2000. Advances in biostimulation methods applied to rabbit reproduction. *In*: Proceedings of the 7th World Rabbit Science Congress. Vol. I:61-79. July 4-7. Valencia, Spain.
- Theau-Clément, M. and A. Roustan. 1980. L'insemination artificielle chez la lapin. Techniques utilisées, quelques résultats. *In*: Proceedings of the Second World Rabbit Congress. April 15-18. Barcelona. Vol. I:333-342.
- Theau-Clément, M. and A. Roustan. 1982. Etude des possibilités de dilution du sperme de lapin congelé pour l'insemination artificielle. III Journées de la Recherche Cunicole. Paris, France.
- Theau-Clément, M. and A. Roustan. 1992. A study on relationship between receptivity and lactation in the doe, and their influence on reproductive performance. *Journal of Applied Rabbit Research* 15:412-421.
- Theau-Clément, M., B. Poujardieu, and J. Bellereaud. 1990. Influence des traitements lumineux, modes de reproduction et états physiologiques sur la productivité de lapines multipares. 5^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole. 12-13 Décembre. Paris, France. Tome I: Comm. 7.
- Theau-Clément, M., N. Bencheikh, P. Mercier, and J. Bellereaud. 1996. Reproductive performance of does under artificial insemination. Use of deep frozen rabbit semen. *In*: Proceedings of the 6th World Rabbit Congress. Toulouse, July 9-12 Vol. 2:127-132.
- Thomas, M., T. Van Vliet, and A. Van der Poel. 1998. Physical quality of pelleted animal feed 3. Contribution of feedstuff components. *Animal Feed Science and Technology* 70(1-2):59-78.
- Uzcategui, M. and N. 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.

- Van den Broeck, L. and P. Lampo. 1977. L'influence du niveau d'alimentation sur la fertilité et l'ardeur sexuelle de la lapine nullipare. *Annales de Zootechnie* 26(4):565-574.
- Van-Soest, J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd Ed. Cornell University Press. Ithaca, NY. 476 p.
- Viudes, P., J. Vicente y R. Lavara. 1997. Incremento de la eficacia de utilización de los machos para inseminación artificial en explotaciones cunícolas. Séptima Jornada sobre Producción Animal. Información Tecnológica, Económica y Agraria 18:463-468.
- Viudes, P., M. Santacreu, and J. Vicente. 1991. Effet de la concentration énergétique de l'alimentation sur les pertes embryonnaires et foetales chez la lapine. *Reproduction, Nutrition and Development* 31:529-534.
- Von Borel, E.H. 2001. The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assesment. *Journal of Animal Science* 79(Supplement):260-267.
- Walter, M., L. Martinet, B. Moret, and C. Thibault. 1968. Regulation photopériodique de l'activité sexuelle chez le lapin male et femelle. *Archives d'Anatomie d'Histologie et d'Embryologie* 51:773-780.
- Xiccato, G. 1996. Nutrition of lactating does. *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress*. Toulouse, France. Vol. I:29-47.
- Xiccato, G., R. Parigi, A. Dalle, A. Carazzolo, and M. Cossu. 1995. Effect of dietary energy level, addition of fat and physiological state on performance and energy balance of lactating and pregnant rabbit does. *Animal Science* 61:387-398.
- Xiccato, G., M. Bernardini, C. Castellini, A. Dalle, P. Queaque, and A. Trocino. 1999. Effect of postweaning feeding on the performance and energy balance of female rabbits at different physiological states. *Journal of Animal Science* 77:416-426.

CAPÍTULO II

SINCRONIZACIÓN DE ESTROS Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO EN CONEJAS NULÍPARAS INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE BIOESTIMULACIÓN¹

¹ Artículo de Domínguez-Sepúlveda, O., R. Rodríguez de Lara, R. Núñez-Domínguez y M. Huerta-Bravo, para enviarse a la revista World Rabbit Science.

RESUMEN

Los objetivos del experimento fueron determinar la influencia del nivel nutricional y cambio de lugar, en la tasa de receptividad (TR), tasa de partos (TP), prolificidad (TN), y peso de la camada al nacimiento (PN) de conejas nulíparas inseminadas artificialmente (IA). Los niveles nutricionales fueron asignados en función de la densidad energética y contenido de proteína cruda en base seca de dos alimentos comerciales [Nivel bajo (NB): Conejina N[®]: 2,312 kcal energía digestible (ED) kg⁻¹ de materia seca (MS); 17.2% de proteína cruda (PC); y Nivel alto (NA): Conejina EF[®]: 2,608 kcal ED kg⁻¹ MS; 19.1% PC], y el cambio de lugar consideró cambiar (CC) o no (SC) a las conejas de sus jaulas habituales durante 8 a 10 h antes de la IA. Setenta y dos conejas de la raza Nueva Zelanda Blanco, de 18 meses de edad, fueron asignadas aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos: 1) CC + NB; 2) CC + NA; 3) SC + NB; y 4) SC + NA. La IA se realizó cuando las conejas alcanzaron 3500 g de peso vivo; la ovulación fue inducida con la aplicación intramuscular de 0.2 ml de GnRH ("Conceptal"[®]; Hoescht); inmediatamente después se determinó la receptividad con un macho provisto de un pañal, por no más de 5 minutos. El análisis estadístico para TR y TP se realizó utilizando el procedimiento LOGISTIC, y las características TN y PN se analizaron con el procedimiento GLM. Los resultados mostraron que para todas las variables no existió efecto de cambio de lugar ($P > 0.18$ a $P > 0.76$), dieta ($P > 0.40$ a $P > 0.55$), ni de la interacción cambio por dieta ($P > 0.34$ a $P > 0.98$). Las medias generales de cuadrados mínimos $\pm$ error estándar para TR y TP, TN y PN fueron 63.0 ± 6.6 y $68.5 \pm 6.4\%$, 7.2 ± 0.4 gazapos y 399.0 ± 18.8 g, respectivamente.

Palabras clave: Cambio de lugar, Nivel nutricional, Inseminación artificial, Conejas nulíparas, Receptividad.

ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate the effects of short-term relocation (RE) and nutritional level (NL), on receptivity rate (RR), kindling rate (KR), total kids born per litter (TB), and weight of TB (WTB) in nulliparous rabbit does under an artificial insemination programme. One commercial feed was used to each nutritional level [Low level (LL): Conejina N[®]: 2,312 kcal Digestible Energy (DE) kg⁻¹ Dry Matter (DM); 17.2% crude protein (CP); and High level (HL): Conejina EF[®]: 2,608 kcal DE kg⁻¹ DM; 19.1% CP]. RE was performed 8-10 h before insemination. Seventy-two, eighteen month old New Zealand White does were randomly allocated to one of four treatments: 1) RE with LL; 2) RE with HL; 3) no RE with LL; and 4) no RE with HL. Does were first inseminated when they reached 3500 g body weight; to induce ovulation, does were injected i.m. immediately after insemination with 0.2 ml Gn-RH (Conceptal; Hoechst); immediately after insemination and ovulation induction were completed, each doe was placed in a cage with one or two vigorous males fitted with nappies for no more than 5 minutes to determine receptivity. The LOGISTIC procedure was used for the statistical analysis of RR and KR, while TB and WTB were analyzed by least squares analysis using the GLM procedure. There were no significant effects of RE ($P>0.18$ to $P>0.76$), NL ($P>0.40$ to $P>0.55$), or their interaction ($P>0.34$ to $P>0.98$) on all the studied variables. The least squares means $\pm$ standard error of RR and KR, TB and WTB were 63.0 ± 6.6 and $68.5\pm6.4\%$, 7.2 ± 0.4 kids and 399.0 ± 18.8 g, respectively.

Keywords: Change of cage, Feeding, Artificial insemination, Nulliparous rabbit does, Receptivity.

INTRODUCCIÓN

Para mejorar la productividad de una explotación de conejos para carne se requiere del recurso genético apropiado y de las mejores tecnologías de manejo. La rentabilidad de una explotación depende directamente de los factores asociados con el comportamiento reproductivo de las hembras: edad temprana al primer servicio exitoso, alta prolificidad en cada parto, lactancia corta, y un intervalo entre partos reducido (Aumaître *et al.*, 1976). El intervalo entre partos se puede minimizar seleccionando el ritmo de reproducción adecuado, mejorando la tasa de aceptación del macho y la fertilidad. La fertilidad y prolificidad han mostrado ser menores en programas de inseminación artificial (IA) que en monta natural (Rodríguez de Lara, 1984;1995).

La nutrición es el factor ambiental que tiene la mayor influencia sobre el proceso reproductivo (Alvariño, 1993). La utilización de dietas de alta densidad energética en ritmos intensivos de reproducción en experimentos a largo plazo, ha mostrado incrementar significativamente los comportamientos productivo-reproductivos de las conejas (Maertens y De Groote, 1988; Castellini y Battaglini, 1991). En México, la alimentación de conejas con niveles nutricionales alto y bajo, y sujetas a un ritmo reproductivo semi-intensivo (IA 11 d postparto), resultó en mayor ($P<0.02$) tasa de receptividad en el nivel nutricional alto (50%) que en el bajo (25%) (Olivares, 2000).

La influencia del programa de IA depende de factores debidos a la hembra, al macho y a la tecnología del semen (Theau-Clément y Roustan, 1980). Bajo IA, varios autores (Theau-Clément *et al.*, 1990; 1996; Theau-Clément y Roustan, 1992) han reportado mayor fertilidad y prolificidad en hembras con receptividad sexual al macho al momento de la inseminación que en las no receptivas. En México, Rodríguez de Lara y Fallas (1999), trabajando con conejas Nueva Zelanda Blanco bajo ritmo reproductivo semi-intensivo durante un año, encontraron una mayor prevalencia de conejas no receptivas (56.7%) que de hembras receptivas (43.3%), las conejas receptivas mostraron mayor tasa de partos (87.0 vs. 46.2%; $P < 0.01$) que las no receptivas.

La maduración de los folículos del ovario y la consecuente sincronización de estros bajo IA, se ha logrado con la aplicación de gonadotropina coriónica equina (PMSG) dos días antes del servicio (Maertens *et al.*, 1995). En la actualidad se le está dando mayor importancia a los métodos de control de la reproducción por bioestimulación que a los hormonales (Rodríguez de Lara, 2002). Conejas nulíparas con cambios de lugar y jaula antes de la IA, han mejorado la tasa de sincronización de estros y el comportamiento reproductivo (Lefèvre y Moret, 1978; Castellini, 1996; Rodríguez de Lara *et al.*, 2000).

El objetivo del experimento fue determinar la influencia de niveles nutricionales y cambio de lugar y jaula, y la interacción entre ellos, en la tasa de receptividad y el comportamiento reproductivo de conejas nulíparas de la raza Nueva Zelanda Blanco inseminadas artificialmente.

HIPÓTESIS:

Conejas nulíparas de la raza Nueva Zelanda Blanco sujetas a cambio de lugar y jaula durante ocho horas previas a la inseminación artificial, incrementan las tasas de receptividad y partos, la prolificidad y el peso de la camada al nacimiento.

Conejas nulíparas de la raza Nueva Zelanda Blanco alimentadas en un nivel nutricional alto incrementan las tasas de receptividad y partos, la prolificidad y el peso de la camada al nacimiento.

Las tasas de receptividad y partos, la prolificidad y el peso de la camada al nacimiento de conejas nulíparas de la raza Nueva Zelanda Blanco presentan interacción entre el cambio o no de lugar y jaula durante ocho horas previas a la inseminación artificial y la alimentación con nivel nutricional alto o bajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El experimento se realizó en el Centro de Investigación Científica del Estado de México, A. C. ("Conejos"), ubicado en San Miguel Coatlinchán, municipio de Tezcoco de Mora, a los 19°27' de latitud norte y 98°53' de longitud oeste, a una altura de 2,300 m.s.n.m. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, C(w_o)(w)b(i')g, la temperatura promedio anual es de 15°C y la precipitación anual de 645 mm (García, 1981). El experimento se inició en octubre de 2000 y se finalizó en marzo de 2001.

Instalaciones

Las conejas fueron alojadas en una unidad de reproductoras de 10 x 25 m, provista de aislamiento térmico y ventilación natural con ventanas tipo guillotina, en jaulas individuales de 90 x 60 x 40 cm, dispuestas en batería de un piso, con bebederos automáticos en forma de teta y comederos tipo inglés ("j-feeders"). Se aplicó un régimen de luminosidad constante, 16 h luz: 8 h oscuridad durante todo el experimento, y un programa sanitario estricto en los animales, jaulas, pisos y equipo.

Diseño experimental

Setenta y dos conejas nulíparas de la raza Nueva Zelanda Blanco de 3.2 kg y 18 meses de edad fueron asignadas completamente al azar, a uno de cuatro tratamientos. Los factores fijos considerados para el diseño de los tratamientos fueron nivel nutricional y manipulación de las conejas antes de la inseminación. El factor nivel nutricional consideró dos tipos de alimento comercial peletizado de Purina®, por su disponibilidad en el mercado. El nivel nutricional se asignó en función de la concentración energética y contenido de proteína cruda del alimento en base seca. El alimento con menor [Conejina N®: 2,312 kcal ED/kg MS; 17.2% de proteína cruda (PC), 13.5% de fibra cruda (FC), 52.8% de extracto libre de nitrógeno (ELN), 3.6% de extracto etéreo (EE) y 12.8% de cenizas(CEN)] y mayor (Conejina EF®: 2,608 kcal ED/kg MS; 19.1% PC, 13.0% FC, 51.5% ELN, 5.3% EE y 11.0% CEN) comportamiento en estas características fue considerado nivel nutricional bajo (NB) y alto (NA), respectivamente. La manipulación animal

consistió en cambiar (CC) o no (SC) a las conejas de sus jaulas habituales (90 x 60 x 40 cm) de 8 a 10 h antes de la IA. Las conejas CC consideradas en el análisis fueron trasladadas a las 7:00 horas a otro cuarto, a menos de 20 m dentro de la misma unidad de maternidad y colocadas en otras jaulas (45 x 60 x 40 cm). Las conejas con cambio y sin cambio fueron inseminadas entre las 15:00 y 17:00 horas. Los tratamientos (T) diseñados fueron: T1) CC + NB; T2) CC + NA; T3) SC + NB; y T4) SC + NA. Cada tratamiento incluyó 18 conejas.

Manejo alimenticio y reproductivo

Antes de la asignación de los tratamientos, la alimentación fue *ad libitum*, posteriormente se restringió a 120 g d⁻¹, hasta la palpación positiva. En cada colección de semen, el primer y segundo eyaculado se obtuvieron siguiendo el método mejorado de Walton (1958). Los eyaculados mayores a 0.2 ml, con apariencia lechosa o cremosa y motilidad mayor a 75% fueron colocados en una tina eléctrica con agua a 31°C y utilizados para inseminación dentro de una hora después de la colección. El semen fresco de dos o tres machos se diluyó con una solución buffer salina fosfatada (Dulbecco A; Oxoid Inc., GB) a la que previamente se le agregaron 1,000 UI de penicilina ml⁻¹. De doce machos maduros disponibles, el número de donadores en cada inseminación fue variable. La inseminación artificial se realizó siguiendo la metodología descrita por Rodríguez de Lara (1996). Las hembras fueron manipuladas individualmente en posición supina e inseminadas con 0.8 ml de semen diluido, depositado a 6 cm dentro de la vagina con pipetas de cristal. Esta dosis asegura por lo menos 10 millones de espermatozoides vivos. La ovulación fue inducida con la aplicación intramuscular

de 0.2 ml de Gn-RH ("Conceptal"®; Hoescht). Inmediatamente después, las hembras fueron colocadas en una jaula circular con la presencia de un macho con alta libido provisto de un pañal por no más de 5 min, con el propósito de determinar el reflejo de lordosis. Conejas levantando el tren posterior o no, se identificaron como receptivas (RE) o no receptivas (NR), respectivamente; después de esto, se regresaron a sus jaulas originales. Todas las conejas fueron inseminadas en dos fechas, con un lapso entre ellas de cuatro días. El diagnóstico de gestación fue por palpación abdominal entre 12 y 14 d postinseminación. Las hembras determinadas vacías se inseminaron nuevamente en dos fechas, con un lapso entre ellas de cinco días. Los nidos (55 x 30 x 25 cm) y aserrín de madera fueron colocados dentro de la jaula cuatro días antes de la fecha probable de parto.

Análisis estadístico

Las variables de respuesta consideradas fueron: tasa de receptividad (TR), tasa de partos (TP), total de gazapos nacidos o prolificidad (TN), y peso de la camada al nacimiento (PN). El análisis estadístico para TR y TP, como variables categóricas, se realizó utilizando el procedimiento LOGISTIC y las características TN y PN se analizaron con el procedimiento GLM (SAS, 2002). Las medias de estas últimas variables fueron comparadas por el método de Tukey (Steel y Torrie, 1988). La tasa de receptividad y comportamiento reproductivo en los tratamientos experimentados en relación con orden de inseminación en conejas nulíparas se muestra en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Tasa de receptividad y comportamiento reproductivo en los tratamientos experimentados en relación con orden de inseminación en conejas nulíparas.

	Con cambio		Sin cambio	
	Nivel bajo	Nivel alto	Nivel bajo	Nivel alto
<i>Primera inseminación</i>				
Conejas inseminadas	18	18	18	18
Conejas receptivas	4	5	6	5
Conejas paridas	6	2	3	3
Tasa de receptividad (%)	22.2±11.1	27.7±11.1	33.3±11.1	27.7±11.1
Tasa de partos (%)	33.3±10.1	11.1±10.1	16.6±10.1	16.6±10.1
Prolificidad	5.6±1.0	4.5±1.8	7.6±1.4	4.6±1.4
Peso de la camada, g	331.6±50.3	370.0±87.2	395.0±71.2	293.3±71.2
<i>Segunda inseminación</i>				
Conejas inseminadas	12	14	14	14
Conejas receptivas	6	10	8	10
Conejas paridas	8	8	11	10
Tasa de receptividad (%)	50.0±13.6	71.4±12.6	57.1±12.6	71.4±12.6
Tasa de partos (%)	66.6±12.4	57.1±11.5	78.5±11.5	71.4±11.5
Prolificidad	7.0±0.9	6.0±0.9	7.7±0.7	8.3±0.8
Peso de la camada, g	422.5±43.6	360.6±43.6	396.8±37.2	446.0±39.0

Los cambios de las conejas en la primera inseminación se realizaron a una unidad sin aislamiento térmico. Los bajos comportamientos en tasa de receptividad y tasa de concepción determinada por palpación abdominal de las 36 conejas con cambio en la primera inseminación, sugirieron que la variación en temperatura influyó negativamente sobre el comportamiento reproductivo. Por lo anterior, la segunda inseminación de las conejas con cambio se realizó en otro cuarto dentro de la misma unidad de maternidad (con aislamiento térmico); esta diferencia en

condiciones ambientales determinó no utilizar los registros de todas las variables estudiadas de la primera inseminación en conejas con cambio. En las conejas sin cambio, el criterio para incluir los registros de la primera inseminación en el análisis de las características estudiadas, fue determinando el efecto del orden de inseminación sobre TR, TP, TN y PN (Apéndices 1 al 4). El periodo promedio entre inseminaciones fue de 18.4 d; de acuerdo con la recomendación de Theau-Clément y Roustan (1980) de realizar una nueva inseminación después de 18 a 20 d, tiempo necesario para la maduración de nuevos folículos. Las características TR y TP de las hembras sin cambio fueron diferentes ($P < 0.0001$; Apéndices 1 y 2) entre la primera (30.5 ± 11.1 y $16.6 \pm 10.1\%$, respectivamente) y la segunda (64.2 ± 12.6 y $75.0 \pm 11.5\%$) inseminación (Cuadro 13). Debido a lo anterior y a la diferencia en condiciones ambientales sucedida en las conejas con cambio entre la primera y segunda inseminación, el análisis de TR y TP consideró sólo los registros de la segunda inseminación (Cuadro 13).

Las variables TN y PN de las conejas sin cambio fueron estadísticamente iguales ($P > 0.08$; Apéndices 3 y 4) entre la primera (6.1 ± 0.8 gazapos y 344.1 ± 48.2 g, respectivamente) y la segunda (8.0 ± 0.4 gazapos y 420.2 ± 25.7 g) inseminación (Cuadro 13). Considerando lo anterior y con el propósito de contar con la mayor información posible, todos los registros de las conejas sin cambio (primera y segunda IA) fueron incluidos en el análisis de TN y PN.

Inicialmente las características TP, TN, y PN se analizaron con un modelo que consideró los efectos principales de nivel nutricional, cambio de lugar, y

receptividad, así como todas las interacciones dobles. Sin embargo, no se encontró efecto ($P > 0.05$) estadístico del factor receptividad ni de sus interacciones, por lo que fueron removidos del modelo; por lo tanto, el análisis de las variables TN y PN se realizó utilizando el siguiente modelo estadístico (Apéndices 5 y 6).

$$Y_{ijk} = \mu + N_i + C_j + N^*C_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = Variable de respuesta (TN o PN).
- μ = Media general.
- N_i = Efecto fijo del i-ésimo nivel nutricional ($i = 1, 2$).
- C_j = Efecto fijo del j-ésimo cambio de lugar ($j = 1, 2$).
- N^*C_{ij} = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel nutricional con el j-ésimo cambio de lugar.
- ε_{ijk} = Error aleatorio $\sim$ NID ($0, \sigma^2$).

Las características TP y TR se analizaron utilizando el siguiente modelo estadístico (Apéndices 7 y 8):

$$P_{ij1} = \frac{e^{\mu + N_i + C_j + N^*C_{ij}}}{1 + e^{\mu + N_i + C_j + N^*C_{ij}}}$$

Donde:

- P_{ij1} = Probabilidad (expresada en porcentaje) de que una coneja sea receptiva (1) o tenga un parto (1), en el i-ésimo nivel nutricional y el j-ésimo cambio de lugar.
- e = Base del logaritmo natural (2.7182818)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los registros de 54 inseminaciones y 43 camadas al nacimiento en conejas nulíparas fueron analizados (Cuadro 13). Las medias generales de cuadrados mínimos $\pm$ error estándar para tasa de receptividad y de partos, prolificidad y peso de la camada al nacimiento fueron 63.0 ± 6.6 y $68.5 \pm 6.4\%$, 7.2 ± 0.4 gazapos y 399.0 ± 18.8 g, respectivamente.

Receptividad

La receptividad o tasa de sincronización de estros no fue influenciada ($P > 0.26$, Cuadro 14) por el cambio de lugar. Este resultado es diferente de lo reportado por Lefèvre *et al.* (1976), Lefèvre y Moret (1978), Rodríguez de Lara y Fallas (1998), y Rodríguez de Lara *et al.* (2000), quienes encontraron mayor TR en las conejas con cambio que en las hembras testigo.

Bonanno *et al.* (1999) sugirieron que el mejoramiento de la receptividad sexual en conejas con cambio y/o 48 horas de separación de la camada de la madre, no es sólo debido al efecto de bioestimulación, sino también el contacto con los machos al momento de determinación de receptividad puede estimularla. Estos autores indican que es posible que señales olfatorias (estimulación por feromonas) durante el contacto físico con el macho al momento de la prueba de receptividad puede actuar en una forma acumulativa para causar la respuesta positiva. Sin embargo, en ese estudio las hembras fueron colocadas con el macho para identificar la no receptividad antes de que fueran asignadas a los tratamientos de bioestimulación.

En el presente estudio, el contacto físico con el macho ocurrió después de la inseminación e inducción de la ovulación. La mejora del comportamiento reproductivo en las conejas receptoras también sugiere que la proximidad del macho y el contacto físico durante la inseminación puede mejorar el transporte espermático y los procesos ovulatorios como ha sido descrito en cerdas (Nicoline, 1993). Esta hipótesis aún no ha sido confirmada en conejas.

Cuadro 14. Efecto de cambio de lugar y nivel nutricional sobre receptividad sexual en conejas nulíparas inseminadas artificialmente.

Factor	n	Receptividad (%)
Cambio		
Con	26	61.5
Sin	28	64.3
Probabilidad		0.267
Nivel nutricional		
Bajo	26	53.8
Alto	28	71.4
Probabilidad		0.400

El nivel nutricional alto ocasionó un incremento de 32.7% en tasa de receptividad comparado con el nivel nutricional bajo, sin diferencia entre ellos ($P>0.40$, Cuadro 14). Esto difiere de lo reportado por Olivares (2000), quien alimentando conejas nulíparas y multíparas con los mismos tipos de alimento comercial, encontró una tasa de receptividad 100% mayor ($P<0.02$) en el nivel nutricional alto, comparado con el 25.0% de TR en el nivel nutricional bajo.

El efecto de cambio de lugar sobre la tasa de receptividad en relación con nivel nutricional se muestra en el Cuadro 15. En los niveles nutricionales bajo y alto, el cambio de lugar y jaula no influyó ($P>0.80$) sobre la TR. La sincronización de estros en respuesta a cambios de jaula han sido observadas sólo cuando las conejas son movidas a una condición ambiental favorable (Maertens y Okerman, 1987).

Verita y Finzi (1980) propusieron al cambio de jaula como un agente “macro estresante”, porque induce una modificación del comportamiento de alimentación y una reducción del consumo de alimento durante por lo menos 24 horas. Bonanno *et al.* (1999) indicaron que la combinación de cambio de jaula y la separación de la camada de la madre pudo haber actuado como un estrés más intenso, reduciendo el consumo de alimento durante un periodo más prolongado, con lo que se redujeron los comportamientos reproductivos, la producción de leche y el peso al destete.

Cuadro 15. Efecto de cambio de lugar sobre la tasa de receptividad en relación con nivel nutricional en conejas nulíparas inseminadas artificialmente.

Característica	Con cambio		Sin cambio		Probabilidad Interacción
	Nivel bajo	Nivel alto	Nivel bajo	Nivel alto	
Receptividad (%)	50.0	71.4	57.1	71.4	0.802
	(n=12)	(n=14)	(n=14)	(n=14)	

En las conejas sin cambio, la alimentación en el nivel nutricional alto aumentó 25% la TR respecto al nivel bajo, pero no fue significativo ($P>0.80$), probablemente por el tamaño de muestra pequeño. Tomando en cuenta que las conejas receptivas bajo IA tienen un mayor número de folículos grandes (Kermabon *et al.*, 1994), mayores niveles de estrógenos (Ubilla y Rebollar, 1995), y en consecuencia mayor prolificidad (Theau-Clément y Roustan, 1980; Theau-Clément *et al.*, 1996) que las no receptivas, se sugiere el análisis económico particular (gasto adicional por alimentación vs. incrementos en prolificidad) de la aplicación de esta práctica en granjas comerciales.

Tasa de partos, prolificidad y peso de la camada al nacimiento

Influencia de cambio de lugar y jaula

La tasa de partos y peso de la camada al nacimiento no fueron afectadas ($P>0.30$) por el cambio de lugar, mientras que prolificidad mostró la tendencia ($P<0.19$) de disminuir en 14.4% cuando las conejas fueron sometidas al cambio de lugar (Cuadro 16). Estos resultados son diferentes a los reportados por Lefèvre y Moret (1978), Rebollar *et al.* (1994), y Rodríguez de Lara y Fallas (1998), quienes encontraron un efecto positivo del cambio sobre la tasa de partos; y a los resultados de Rodríguez de Lara y Fallas (1998) y Rodríguez de Lara *et al.* (2000), quienes encontraron mayor ($P<0.05$) prolificidad en conejas con cambio que sin cambio de lugar y jaula. La influencia del cambio sobre el peso de la camada al nacimiento no fue determinada por estos autores.

Cuadro 16. Efecto de cambio de lugar y nivel nutricional sobre tasa de partos, prolificidad y peso de la camada al nacimiento en conejas nulíparas inseminadas artificialmente.

Factor	n	Tasa de partos (%)	n	Prolificidad	n	Peso de la camada, g
Cambio de lugar						
Con	26	62.8±9.9	16	6.5±0.6	16	391.6±31.5
Sin	28	77.1±9.6	27	7.6±0.5	27	403.6±24.3
Probabilidad		0.303		0.188		0.764
Nivel nutricional						
Bajo	26	72.4±9.6	22	7.3±0.6	22	409.5±27.9
Alto	28	67.5±10.1	21	6.7±0.6	21	385.7±28.3
Probabilidad		0.511		0.445		0.553

Lefèvre y Moret (1978) sugieren que los cambios ambientales pueden actuar como un agente estresante. Como parte de la respuesta adaptativa generalizada que sucede en el individuo para su protección, ante los diferentes tipos de estrés (físico, químico o psicosocial), a nivel celular se induce la síntesis del grupo de proteínas contra el shock por calor (HSP) (Heydari *et al.*, 1993). Algunos autores han sugerido que la reducción del consumo de alimento y la hipertermia provocan efectos similares a nivel celular, influenciando la síntesis de HSP (Wittorff *et al.*, 1988; Brown y Rush, 1990). Los sistemas endócrino, inmune y nervioso central, de manera coordinada responden a estímulos estresantes (Ewing *et al.*, 1999). El estrés estimula la secreción hormonal de las glándulas suprarrenales, con incrementos de ACTH y cortisol en el suero sanguíneo, lo que afecta la función inmune (Rhind *et al.*, 1998).

Algunos agentes estresantes pueden inhibir y estimular la entrada al estro en roedores púberes. La respuesta depende del tipo y nivel de estrés aplicado (Morton *et al.*, 1963). La diferencia entre animales habituados o no a un manejo es la percepción neutral (no riesgosa) o amenazante (que le provoca una reacción de miedo) del evento (Grandin, 1997); la influencia del agente estresante depende de la capacidad del animal para enfrentarlo y lograr un nuevo estado de homeostasis (Von Borel, 2001). Información sobre los eventos hormonales que ocurren en la coneja en respuesta a cambios repentinos de jaula o ambiente es limitada. Los mecanismos exactos del cambio de lugar aún no han sido establecidos. Estímulos ambientales como cambios en el fotoperiodo, temperatura, niveles nutricionales, presencia de animales estresantes y estímulos auditivos y olfatorios pueden negativamente o positivamente modificar la reproducción (Theau-Clément, 2000).

Influencia de nivel nutricional

Bajo las condiciones del presente experimento, el nivel nutricional no influyó ($P>0.44$, Cuadro 16) sobre la tasa de partos, prolificidad ni peso de la camada al nacimiento. Estos resultados son similares a los reportados por Olivares (2000), quien utilizando los mismos tipos de alimento comercial en conejas nulíparas y multíparas, encontró una tasa de partos de 76.9% y una prolificidad de 7.3 ± 0.8 gazapos en el nivel nutricional bajo y de 60.9% y 7.3 ± 0.6 gazapos, respectivamente, en el nivel nutricional alto, sin diferencias ($P>0.27$) entre ellas. Maertens (1998), trabajando con conejas lactantes sujetas a un flushing de alta energía durante 4 días antes de la IA, no encontró mejoras en la receptividad sexual, fertilidad ni prolificidad, comparadas con el control (-1.2%, -12.2% y -0.5

gazapos, respectivamente). El autor atribuye esos resultados a la baja patabilidad de la dieta experimentada. La energía diaria consumida durante el periodo de flushing fue menor que en el control.

Xiccato *et al.* (1999) encontraron que la alimentación de conejas de reemplazo desde el destete hasta su primer parto con una dieta alta en fibra [15.8% PC, 19.9% FC, 2.9% EE, 9.9% CEN, 2,261 kcal ED kg⁻¹ MS, 106 g de proteína digestible (PD) kg⁻¹ MS, 46.9 g PD Mcal⁻¹ ED] incrementó el consumo de materia seca durante el crecimiento y gestación, para consumir la misma ED que las conejas de la dieta control (17.6% PC, 15.5% FC, 2.8% EE, 9.0% CEN, y 2,565 kcal ED kg⁻¹ MS, 119 g de PD kg⁻¹ MS, 46.4 g PD Mcal⁻¹ ED). La habilidad de los conejos para regular el consumo de materia seca en función del nivel energético de la dieta (Lebas, 1989), ha demostrado el potencial de las dietas altas en fibra para obtener resultados satisfactorios en conejos en crecimiento (Parigi *et al.*, 1994) y hembras reproductoras (Nizza *et al.*, 1997). El comportamiento en tasa de partos, prolificidad y peso de la camada al nacimiento de las conejas alimentadas en la dieta alta en fibra fue 88.8%, 8.5 gazapos y 438 g, mientras que en la dieta control fue 85.7%, 8.2 gazapos, 415 g, pero no hubo diferencia entre ellas (P>0.41). Al determinar la composición química de la madre y sus crías al parto por sacrificio, encontraron la tendencia (P>0.07) a un menor porcentaje de grasa en el nivel nutricional bajo (5.4 vs. 6.1% en el alto). Se observó el efecto negativo de la dieta de mayor densidad energética en la predisposición al engrasamiento de la coneja. Durante la lactancia, las hembras del nivel nutricional bajo consumieron

10 kcal d⁻¹ kg peso vivo^{-0.75} más y perdieron menos grasa corporal (-405 g vs. -504 g en el control), cuando se les alimentó con otra dieta específica para esta fase. Fortun-Lamothe y Lebas (1995) encontraron en conejas primíparas que el efecto negativo de la lactancia disminuye con una menor prolificidad, y que un balance nutricional negativo disminuye el crecimiento fetal.

Ha sido recomendado por algunos autores (De Blas, 1984; Xiccato, 1996) no dejar que engorden demasiado las conejas de reemplazo, lo que interfiere en la aceptación de la monta, ovulación y captación de los ovocitos por el oviducto. Un defecto de alimentación en la reposición se traduce en un menor desarrollo por la hipertrofia del ovario a partir de la pubertad (Smort *et al.*, 1968). Otras alteraciones reproductivas relacionadas con la alimentación son descenso de la actividad sexual, reducción en fertilidad, aumento de la mortalidad embrionaria y abandono de la camada (Wittorff *et al.*, 1988). En conejas de reemplazo es frecuente combinar el flushing alimenticio y luminoso, para favorecer el comportamiento reproductivo en la primer inseminación (Theau-Clément *et al.*, 1990).

Influencia del cambio de lugar y jaula en relación con el nivel nutricional

La interacción entre cambio de lugar y nivel nutricional no fue significativa ($P > 0.34$, Cuadro 17), por lo que las tasas de receptividad y partos, la prolificidad y el peso de la camada al nacimiento de conejas sujetas o no a cambio de lugar y jaula, mostraron la misma tendencia de comportamiento cuando fueron alimentadas en el nivel nutricional bajo o alto.

Inconsistencias en respuestas entre estudios pueden ser atribuidas a diferentes sistemas de crianza (ritmo reproductivo, alojamiento, alimentación) y al genotipo usado. También se ha encontrado que la tecnología y el procesamiento del semen son importantes fuentes de variación (Theau-Clément y Roustan, 1980). En el presente estudio la técnica de colección y procesamiento de semen, así como la inseminación artificial fue realizada bajo una estricta metodología, por lo que se espera un efecto residual no importante sobre el resultado de las variables de respuesta estudiadas.

Cuadro 17. Efecto de cambio de lugar sobre la tasa de partos, prolificidad y peso de la camada en relación con nivel nutricional en conejas nulíparas inseminadas artificialmente.

Característica	Con cambio		Sin cambio		Probabilidad Interacción
	Nivel bajo	Nivel alto	Nivel bajo	Nivel alto	
Tasa de partos (%)	66.6±14.0 (n=12)	59.0±14.0 (n=14)	78.2±13.1 (n=14)	76.0±14.0 (n=14)	0.985
Prolificidad	7.0±0.9 (n=8)	6.0±0.9 (n=8)	7.7±0.7 (n=14)	7.5±0.7 (n=13)	0.648
Peso de la camada, g	422.5±44.5 (n=8)	360.6±44.5 (n=8)	396.4±33.7 (n=14)	410.7±34.9 (n=13)	0.344

Aunque las conejas tienen características reproductivas diferentes de las especies domésticas tradicionales, se indican algunos fenómenos fisiológicos que suceden

en otras especies con fines de considerarlos en las posibles causas que provocaron el comportamiento reproductivo resultante en el presente experimento. En cerdas, la alimentación *ad libitum* posterior a la cubrición ha mostrado una tasa de consumo mayor y una concentración plasmática de progesterona (P4) menor al de cerdas restringidas. Altas tasas de consumo aceleran el metabolismo, provocando un aumento del flujo sanguíneo al hígado, e inducen un catabolismo de P4 a un ritmo superior a la capacidad de síntesis por los cuerpos lúteos. El efecto final es menor supervivencia embrionaria de las cerdas con mayor consumo (Dyck *et al.*, 1980; Jindal *et al.*, 1996). Blanchard *et al.* (1990), trabajando con ganado bovino lechero, encontraron baja fertilización o degeneración precoz del embrión cuando las vacas se alimentaron con exceso de proteína degradable en el rumen. Elrod y Butler (1993) demostraron que el exceso de proteína degradable actúa a través de mecanismos, no bien conocidos, que disminuyen el pH uterino durante la fase lútea del ciclo estral. Sreenan y Diskin (1994) en condiciones de pastoreo, reportaron un marcado descenso del índice de concepción, después de la primavera, y sugieren que esto puede ser debido a un exceso de proteína degradable en el rumen. Estos autores observaron que la proteína no degradable puede mejorar la fertilidad. El aumento de la ingestión de grasa ha demostrado aumentar el desarrollo folicular ovárico en bovinos, reducir la duración del periodo anovulatorio postparto y modular la actividad lútea (Morgan y Williams, 1987; Williams, 1989; Ryan *et al.*, 1992). A pesar de no estar clara la forma en que el aumento de la grasa en la dieta influye en esos procesos reproductivos, se cree que no es dependiente del aumento de la densidad calórica de la dieta, del aumento del peso corporal ni de los cambios importantes en la secreción de LH.

Park y Rafalowski (1983) demostraron que uno de los efectos del aumento de grasa en la dieta fue un incremento en la síntesis intestinal del complejo lipoproteínas-colesterol. Los cambios de metabolismo lipídico en el vacuno, pueden modular los procesos fisiológicos del ovario al cambiar la disponibilidad de las lipoproteínas a los ovarios. Es posible que las lipoproteínas además de proporcionar sustrato esteroide, modulen positivamente la proliferación de células destinadas a incluirse en el cuerpo lúteo después de la ovulación (Gordon, 1996).

CONCLUSIONES

Las tasas de receptividad y partos, la prolificidad y el peso de la camada al nacimiento no son afectadas por el cambio de lugar y jaula durante ocho horas previas a la inseminación artificial en conejas nulíparas de la raza Nueva Zelanda Blanco.

La alimentación de conejas nulíparas de la raza Nueva Zelanda Blanco con nivel nutricional alto no tiene influencia en las tasas de receptividad y de partos, la prolificidad ni el peso de la camada al nacimiento.

Las tasas de receptividad y partos, la prolificidad y el peso de la camada al nacimiento de conejas nulíparas de la raza Nueva Zelanda Blanco sujetas o no a cambio de lugar y jaula durante ocho horas previas a la inseminación artificial, muestran la misma tendencia de comportamiento cuando son alimentadas en un nivel nutricional bajo o alto.

LITERATURA CITADA

- Alvariño, R. J.M. 1993. Control de la Reproducción en el Conejo. Editorial Mundi-Prensa. España. 137 p.
- Aumaître, A., J. Dagorn, C. Legault, and M. Le Denmat. 1976. Influence of farm management and breed type on sow's conception-weaning interval and productivity in France. *Livestock Production Science* 3:75-83.
- Blanchard, T., J. Ferguson, L. Love, T. Takeda, B. Henderson, J. Hasler and W. Chalupa. 1990. Effect of dietary crude-protein type on fertilization and embryo quality in dairy cattle. *American Journal of Veterinarian Research* 51:905-908.
- Bonnano, A., M. Alabiso, A. Di Grioli, and M.L. Alicata. 1999. Effect of change of cage and/or 44 h mother-litter separation on productivity of non-receptive lactating rabbit does. *World Rabbit Science* 7:107-111.
- Brown, I. R. and S. J. Rush. 1990. Expression of heat shock genes (hsp70) in the mammalian brain: distinguishing constitutively expressed and hyperthermia-inducible mRNA species. *Journal of Neuroscience Research (Abstract)* 25:14.
- Castellini, C. 1996. Recent advances in rabbit artificial insemination. *In: Proceedings of the 6th World Rabbit Congress*. Toulouse, France. Vol 2:13-26.
- Castellini, C. and M. Battaglini. 1991. Influenza della concentrazione energetica della razione e del ritmo riproduttivo sulle performance delle coniglie. *In: Proceedings of the IX Congresso Nazionale A.S.P.A.* Rome, 3-7 giugno. Vol. I:477-488.
- De Blas, C. 1984. Alimentación del Conejo. Editorial Mundi-Prensa. España. 211 p.
- Dyck, G.W., W.M. Palmer, and S. Simaraks. 1980. Progesterone and luteinizing hormone concentration of pregnant gilts on different levels of feed consumption. *Canadian Journal of Animal Science* 60:877-884.
- Elrod, C.C. and W.R. Butler. 1993. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *Journal of Animal Science* 71:694-701.
- Ewing, S., D. Lay, and E. Von Borell. 1999. Farm animal well-being. Stress physiology, animal behavior, and environmental design. Prentice Hall. New Jersey, USA. pp 27-77.

- Fortun-Lamothe, L. and F. Lebas. 1995. Effects of dietary energy level and source on foetal development and energy balance in concurrently pregnant and lactating primiparous rabbit does. *Animal Science (Abstract)* 62(3):228.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 252 p.
- Gordon, I. 1996. Reproducción Controlada del Ganado Vacuno y Búfalos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 514 p.
- Grandin, T. 1997. Assessment of stress during handling and transport. *Journal of Animal Science* 75:249-257.
- Heydari, A. R., B.W. Takahashi, R. Strong, and A. Richardson. 1993. Expression of heat shock protein 70 is altered by age and diet at level of transcription. *Molecular and Cellular Biology (Abstract)* 13:2929.
- Jindal, R., J.R. Cosgrove, F.X. Aherne, and G.R. Foxcroft. 1996. Effect of nutrition on embryonal mortality in gilts: association with progesterone. *Journal of Animal Science* 74:620-624.
- Kermabon, A.Y., L. Belair, M. Theau-Clément, R. Salesse, and J. Djiane. 1994. Effect of anoestrus and bromocryptine treatment on the expression of prolactin and LH receptors in the rabbit ovary during lactation. *Journal of Reproduction and Fertility* 102:131-138.
- Lebas, F. 1989. Besoins nutritionnels des lapins. Review bibliographique et perspective. *Cuni-Sciences* 5(2):1-28.
- Lefèvre, B., L. Martinet, and B. Moret. 1976. Environnement et comportement d'oestrus chez la lapine. *In: Proceedings of the 1st World Rabbit Congress*. Dijon, France. Com. 61.
- Lefèvre, B. and B. Moret. 1978. Influence d'une modification brutale de l'environnement sur l'apparition de l'oestrus chez les lapines nullipares. *Annals of Biological Animal Biochemistry and Biophysics* 18(3):695-698.
- Maertens, L. 1998. Effect of flushing, mother-litter separation and PMSG on the fertility of lactating does and the performance of their litter. *World Rabbit Science* 6:185-190.
- Maertens, L. and F. Okerman. 1987. Reproduction, croissance et qualité de carcasse. L'influence de la méthode d'élevage sur les performances des jeunes lapines. *Revue de l'Agriculture* 5(40):1171-1183.

- Maertens, L. and G. De Groote. 1988. The influence of the dietary energy content on the performances of postpartum breeding does. *In: Proceedings of the 4th World Rabbit Science Congress*. Budapest, Hungary. pp:42-52.
- Maertens, L., F. Luzi, and G. Grilli. 1995. Effects of PMSG induced oestrus on the performance of rabbit does: A review. *World Rabbit Science* 3 (4):191-199.
- Morgan, A.R. and G.L. Williams. 1987. Effects of body condition and postpartum dietary lipid intake on lipid metabolism and pituitary function of beef cows. *Journal of Animal Science* 67 (Supplement 1):385-389.
- Morton, J.R.C., V.H. Denenberg, and M.X. Zarrow. 1963. Modification of sexual development through stimulation in infancy. *Endocrinology* 72:439-445.
- Nicoline, M.S. 1993. Boar stimuli around insemination affect reproductive processes in pigs: A review. *Animal Reproduction Science* 32:107-125.
- Nizza, A., C. Di-Meo and L. Esposito. 1997. Influence of diet used before and after the first mating on reproductive performance of rabbit does. *World Rabbit Science* 5:107-110.
- Olivares, P. R. 2000. Influencia de niveles nutricionales y suplementación con germinados de trigo sobre sincronización de estros y comportamiento productivo en conejas inseminadas artificialmente. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. México. 98 p.
- Parigi B., R., G. Xiccato, A. Dalle, and A. Carazzolo. 1994. Effets de différents niveaux de fiber alimentaire sur l'utilisation digestive et la qualité bouchère chez le lapin. *Proc. of 6^{èmes} Journées Recherche Cunicole*. La Rochelle, France. Vol. 2:347-354.
- Park, C.S. and W. Rafalowski. 1983. Effect of dietary fat supplement on lipid metabolism of Holstein heifers. *Journal of Dairy Science* 66:528-534.
- Rebollar, G., J.M. Alvariño, and E. Ubilla. 1994. Grouping of rabbit reproduction management by means of artificial insemination. *World Rabbit Science* 2:87-91.
- Rhind, S., H. Reid, S. R. McMillen, and G. Palmarini. 1998. The role of cortisol and β -endorphin in the response of the immune system to weaning in lambs. *Animal Science* 66:397-402.
- Rodríguez de Lara, R. 1984. Productivity in rabbits in relation to breeding management. Ph.D. Thesis. University of Bristol. United Kingdom. 186 p.

- Rodríguez de Lara, R. 1995. Efecto del programa de reproducción (M.N./I.A.) sobre el comportamiento reproductivo y productividad anual en ritmos pre-intensivos e influencia de la luz en los machos. *Boletín de Cunicultura* 18 (77):16-30.
- Rodríguez de Lara, R. 1996. Recomendación práctica de una técnica de inseminación artificial aplicada a granjas comerciales. XXI Symposium de Cunicultura. Amposta, España. 9 p.
- Rodríguez de Lara, R. 2002. Control de la reproducción en la coneja. *In: Memorias del Segundo Congreso de Cunicultura de las Américas*. La Habana, Cuba. pp: 247-258.
- Rodríguez de Lara, R. y M. Fallas. 1998. Sincronización de estros en conejas nulíparas mediante cambios de lugar y jaula y su efecto sobre el comportamiento reproductivo en inseminación artificial. *Lagomorpha* 97:32-36.
- Rodríguez de Lara, R. and M. Fallas. 1999. Environmental and physiological factors influencing kindling rates and litter size at birth in artificially inseminated doe rabbits. *World Rabbit Science* 7:191-196.
- Rodríguez de Lara, R., M. Fallas, and R. Rangel. 2000. Influence of body live weight and relocation on kindling rate and prolificacy in artificially inseminated nulliparous doe rabbits. *In: Proceedings 7th World Rabbit Congress*. Valencia, Spain. July 4-7. Vol. I:251-257.
- Ryan, D.P., R.A. Spoon and G.L. Williams. 1992. Ovarian follicular characteristics, embryo recovery and embryo viability in heifers fed high fat diets and treated with follicle-stimulating-hormone. *Journal of Animal Science* 70:3505-3513.
- SAS. 2002. SAS User's Guide Statistics. SAS Institute. Cary, NC. USA.
- Smort, R.E., J.B. Peters, and L.E. Casidas. 1968. Effect of two levels of feeding on ovarian compensatory hipertrophy in the rabbit. *Journal of Animal Science* 27:701-704.
- Sreenan, J. and M. Diskin. 1994. Factors affecting herd conception rate. *Irish Farmers' Journal* 46(18):30-31.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Segunda Edición. McGraw-Hill. México. 539 p.
- Theau-Clément, M. 2000. Advances in biostimulation methods applied to rabbit reproduction. *In: Proceedings 7th World Rabbit Science Congress*. Valencia, Spain. July 4-7. Vol. I:61-79.

- Theau-Clément, M. and A. Roustan. 1980. L'insemination artificielle chez la lapin. Techniques utilisées, quelques résultats. *In: Proceedings of Second World Rabbit Congress. Barcelona, Spain. April 15-18. Vol. I:333-342.*
- Theau-Clément, M. and A. Roustan. 1992. A study on relationship between receptivity and lactation in the doe, and their influence on reproductive performance. *Journal of Applied Rabbit Research* 15:412-421.
- Theau-Clément, M., B. Poujardieu, and J. Bellereaud. 1990. Influence des traitements lumineux, modes de reproduction et états physiologiques sur la productivité de lapines multipares. 5èmes Journées de la Recherche Cunicole en France. Paris. Tome I. Comm. 7.
- Theau-Clément, M., N. Bencheikh, P. Mercier, and J. Bellereaud. 1996. Reproductive performance of does under artificial insemination. Use of deep frozen rabbit semen. *In: Proceedings 6th World Rabbit Congress. Toulouse, France. July 9-12. Vol. II:127-132.*
- Ubilla, E. and P. Rebollar. 1995. Influence of the postpartum day on plasma estradiol-17 β levels, sexual behaviour, and conception rate, in artificially inseminated lactating rabbits. *Animal Reproduction Science* 38(4):337-344.
- Verita, P. and A. Finzi. 1980. Cage change as a stressor in rabbit. *Proceedings of the 2nd World Rabbit Congress. Barcelona, Spain. Vol. I:417-423.*
- Von Borel, E.H. 2001. The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assesment. *Journal of Animal Science* 79(Supplement):260-267.
- Walton, A. 1958. Improvement in the design of an artificial vagina for the rabbit. *Journal of Physiology* 143:26-28.
- Williams, G.L. 1989. Modulation of luteal activity in postpartum beef cows through changes in dietary lipid. *Journal of Animal Science* 67:785-793.
- Wittorff, E.K., C.E. Heird, J.M. Rakes, and Z.B. Johnson. 1988. Growth and reproduction on nutrient restricted rabbits in a heat stressed environment. *Journal of Applied Rabbit Research* 11(2):87-92.
- Xiccato, G. 1996. Nutrition of lactating does. *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress. Toulouse, France. Vol. I: 29-47.*
- Xiccato, G., M. Bernardini, C. Castellini, A. Dalle, I. Queaque, and A. Trocino. 1999. Effect of postweaning feeding on the performance and energy balance of female rabbits at different physiological states. *Journal of Animal Science* 77:416-426.

Apéndice 1. Efecto de orden de inseminación sobre tasa de receptividad.

Fuente de variación	Grados de libertad	Chi Cuadrada	Probabilidad
Orden de inseminación	1	14.85	0.0001

Apéndice 2. Efecto de orden de inseminación sobre tasa de partos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Chi Cuadrada	Probabilidad
Orden de inseminación	1	27.71	0.0001

Apéndice 3. Análisis de varianza para prolificidad en conejas nulíparas sin cambio de lugar y jaula.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Probabilidad
Orden de inseminación	1	15.68	0.081
Error	25	4.75	

Apéndice 4. Análisis de varianza para peso de la camada en conejas nulíparas sin cambio de lugar y jaula.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Probabilidad
Orden de inseminación	1	27,005.35	0.176
Error	25	13,951.78	

Apéndice 5. Análisis de varianza para prolificidad en conejas nulíparas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Probabilidad
Cambio	1	11.88	0.188
Dieta	1	3.94	0.445
CambioxDieta	1	1.40	0.648
Error	39	6.61	

Apéndice 6. Análisis de varianza para peso de la camada en conejas nulíparas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Probabilidad
Cambio	1	1,454.74	0.764
Dieta	1	5,672.16	0.553
CambioxDieta	1	14,582.15	0.344
Error	39	15,912.45	

Apéndice 7. Efecto de cambio, dieta y la interacción entre ellos sobre tasa de partos en conejas nulíparas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Chi Cuadrada	Probabilidad
Cambio	1	1.0581	0.303
Dieta	1	0.4314	0.511
CambioxDieta	1	0.0004	0.985

Apéndice 8. Efecto de cambio, dieta y la interacción entre ellos sobre tasa de receptividad en conejas nulíparas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Chi Cuadrada	Probabilidad
Cambio	1	1.2284	0.267
Dieta	1	0.7067	0.400
CambioxDieta	1	0.0625	0.802

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CHL