

c.1

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

SINCRONIZACIÓN DE LA RECEPTIVIDAD SEXUAL EN
CONEJAS POR MEDIO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON
GERMINADO DE TRIGO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA:

CAMELIA ALEJANDRA HERRERA CORREDOR



MARZO DE 2000

Chapingo, Estado de México



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

B.1592484

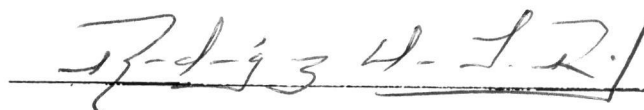
BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH

SINCRONIZACIÓN DE LA RECEPTIVIDAD SEXUAL EN CONEJAS POR
MEDIO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON GERMINADO DE TRIGO

Tesis realizada por Camelia Alejandra Herrera Corredor bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

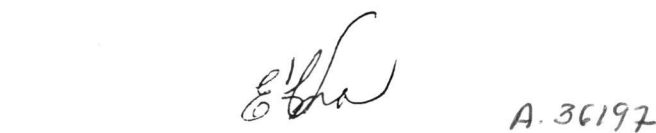
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR:



Ph. D. RAYMUNDO RODRÍGUEZ DE LARA

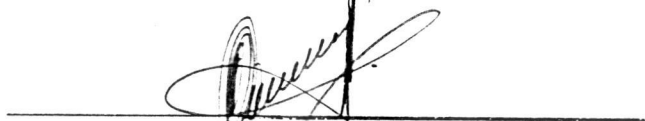
ASESOR:



A. 36197

Ph. D. VALENTINA MARISCAL AGUAYO

ASESOR:

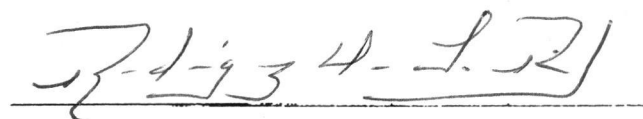


Ph. D. CARLOS F. MARCOF ALVAREZ

SINCRONIZACIÓN DE LA RECEPTIVIDAD SEXUAL EN CONEJAS POR
MEDIO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON GERMINADO DE TRIGO

El jurado que revisó y aprobó el examen de Camelia Alejandra Herrera Corredor
autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Producción Animal estuvo
constituido por:

DIRECTOR:



Ph. D. RAYMUNDO RODRÍGUEZ DE LARA

ASESOR:



Ph. D. VALENTINA MARISCAL AGUAYO

ASESOR:



Ph. D. CARLOS F. MARCOF ALVAREZ

AGRADECIMIENTOS

A la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**, por darme la oportunidad de permanecer en sus aulas para crecer como profesionista y como persona.

Al Dr. Raymundo Rodríguez De Lara, por el apoyo y el tiempo dedicado en la dirección de esta investigación.

A la Dra. Valentina Mariscal Aguayo, por las acertadas sugerencias para la culminación de este trabajo.

Al Dr. Carlos Marcof Alvarez, por lo valiosos comentarios y sugerencias en la revisión de este documento.

Al Dr. Pedro Arturo Martínez Hernández y al Ing. Melitón Cordoba Alvarez por la atención prestada y sugerencias en el desarrollo de esta investigación.

Al personal de COCICEMAC, Braulio y Mary, por el apoyo brindado en la fase de campo y sobre todo por su amistad.

Al personal académico y administrativo del Departamento de Zootecnia y el Posgrado en Producción Animal, particularmente a Angeles.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Sr. Moisés Herrera Gallegos

Sra. Rosa Corredor García

Por la fortaleza de su amor que me ha impulsado para seguir superándome y por ser gran ejemplo a seguir.

A MIS HERMANOS:

Carlos

Andrés

Hugo

Abel

Por todo lo que nos une: amor, cariño, compañerismo... faltarían palabras para describirlo.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

Especialmente a:

*Nereyda Trejo, Meche Flores, Rodrigo Olivares, José Beltrán,
Bertha Borráz, Edgar Báez, Alma Ruth Valle y Otto Leyva,
Alma Rosa Díaz.*

*Por estar conmigo en los momentos más agradables y sobre todo en los difíciles,
simplemente por ser como son.*

A FLAVIO:

Por el sentimiento tan especial que nos une y que ha cambiado mi vida.

DATOS BIOGRÁFICOS

NOMBRE	CAMELIA ALEJANDRA HERRERA CORREDOR
FECHA DE NACIMIENTO	29 DE NOVIEMBRE DE 1973
LUGAR DE NACIMIENTO	RIVA PALACIO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO
CÉDULA PROFESIONAL	2399982

PREPARACION ACADEMICA

PRIMARIA	CENTRO ESCOLAR LIC. BENITO JUÁREZ GARCÍA TEXCOCO, EDO. MÉXICO.
SECUNDARIA	ESCUELA SECUNDARIA OFICIAL NO. 130 "NETZAHUALCOYOTL" TEXCOCO, EDO. MÉXICO.
LICENCIATURA	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO KM 38.5 CARRETERA MÉXICO-TEXCOCO, CHAPINGO, MÉXICO. 1988-1995
TÍTULO	INGENIERO AGRÓNOMO ESPECIALISTA EN ZOOTECNIA
TESIS DE LICENCIATURA	EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE GERMINADOS HIDROPÓNICOS DE AVENA Y SUS SONCENTRACIONES DE 6-METOXIBENZOXAZOLINONA
PONENCIA	"EFECTO DE PERÍODOS DE SUPLEMENTACIÓN CON GERMINADO DE TRIGO , SOBRE SINCRONIZACIÓN DE ESTROS Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO EN CONEJAS INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE" PRIMER CONGRESO DE CUNICULTURA DE LAS AMÉRICAS. COLEGIO DE POSTGRADUADOS. MONTECILLOS, MÉXICO. 11 DE SEPTIEMBRE DE 1998.

RESUMEN

CAMELIA ALEJANDRA HERRERA CORREDOR

Sincronización de la receptividad sexual en conejas por medio de la suplementación con germinado de trigo.

(Marzo de 2000)

(Bajo la dirección del Ph. D. Raymundo Rodríguez De Lara)

Cuarenta y ocho conejas Nueva Zelanda Blanco fueron utilizadas para determinar el efecto de días de suplementación con germinado de trigo (SG) después del parto sobre la tasa de receptividad (TR), tasa de partos (TP) y gazapos nacidos totales (NT) en conejas inseminadas artificialmente. Los animales fueron distribuidos a cuatro tratamientos: T1: 8 días de suplementación e inseminación, T2: 6 días, T3: 4 días y T4 testigo. Las conejas recibieron 500 g de germinado fresco por día. Se encontró un efecto altamente significativo ($P < 0.01$) de SG sobre TR. La TR en T1, T2, T3 y T4 fueron de 0.63, 0.59, 0.41 y 0.27 respectivamente. La TP para los mismos tratamientos fue de 0.77, 0.91, 0.80 y 0.76 con valores de NT de 8.27 ± 0.43 , 7.83 ± 0.41 , 7.71 ± 0.42 y 6.80 ± 0.46 , pero no se observaron diferencias significativas para estas variables ($P > 0.05$). El comportamiento reproductivo fue influenciado por el estado fisiológico pero no por la estación. Es posible incrementar la receptividad sexual y productividad por medio de la SG.

Palabras clave: Receptividad, germinado, inseminación, conejos, estación.

ABSTRACT

CAMELIA ALEJANDRA HERRERA CORREDOR

Synchronization of sexual receptivity in rabbit by means of wheat sprout
supplementation

(March 2000)

(Under the direction of Ph. D. Raymundo Rodríguez De Lara)

Forty-eight New Zealand White rabbits were used in order to determinate the effect of days of wheat sprout supplement (SS) after kindling on receptivity rate (RR), kindling rate (KR) and total kits born per litter (TB). Does were assigned to four treatments: T1: 8 days wheat sprout and insemination, T2: 6 days, T3: 4 days and T4 control. Does received 500 g of fresh wheat sprout per day. There was a highly significant ($P < 0.01$) effect of SS on RR. RR in T1, T2, T3 y T4 were 0.63, 0.59, 0.41 y 0.27 respectively. KR for same treatments were 0.77, 0.91, 0.80 y 0.76 with TB values 8.27 ± 0.43 , 7.83 ± 0.41 , 7.71 ± 0.42 y 6.80 ± 0.46 , but no significant differences were observed for these traits ($P > 0.05$). Reproductive performance was influenced by the physiological status but not by season. It is possible to increase sexual receptivity and productivity by means of SS.

Index words: Receptivity, sprout wheat, insemination, rabbits, season.

ÍNDICE

TÍTULO	Página
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1. Panorama general de la cunicultura en América.	3
2.2. Fisiología de la reproducción de la coneja.	4
2.2.1. Maduración y desarrollo folicular.	4
2.2.2. Comportamiento sexual.	6
2.2.3. Ovulación.	9
2.3. Estacionalidad reproductiva.	11
2.4. Inseminación artificial.	16
2.5. Métodos para inducir receptividad.	19
2.5.1. Tratamientos hormonales.	19
2.5.2. Bioestimulaciones.	20
2.5.2.1. Programas de iluminación.	21
2.5.2.2. Lactancia controlada.	21
2.5.3. Suplementación con germinado de cereales.	22
2.5.3.1. Características nutritivas de los germinados.	24
2.5.3.2. Efecto de 6-Metoxibenzoxazolinona en la reproducción	26

III. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1. Ubicación.	32
3.2. Animales y tratamientos.	32
3.3. Instalaciones y equipo.	32
3.4. Manejo alimenticio y suplementación.	33
3.5. Manejo reproductivo.	34
3.6. Manejo lumínico y sanitario.	35
3.7. Producción de germinado.	35
3.7.1. Composición nutricional del germinado de trigo.	36
3.8. Variables de respuesta y análisis estadístico.	37
IV. RESULTADOS	41
4.1. Comportamiento reproductivo global (Enfoque I).	41
4.2. Comportamiento reproductivo en conejas lactando (Enfoque II)	45
4.3. Indicadores técnico – económicos (Enfoque III).	48
V. DISCUSIÓN	54
5.1. Efecto del estado fisiológico sobre la reproducción.	54
5.2. Efecto de la estación sobre la reproducción.	57
5.3. Efecto del período de suplementación con germinado de trigo sobre la reproducción.	60
5.4. Indicadores técnico-económicos.	66
VI. CONCLUSIONES	69
VII. LITERATURA CITADA	70
VIII. APÉNDICE	76

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	Página
1. Comparación de los valores k_a en primavera y otoño en conejas preñadas.	15
2. Resultados de fertilidad con monta natural e inseminación, obtenida por diversos autores.	17
3. Análisis nutritivo de pasto hidropónico.	25
4. Comparación nutritiva entre semilla de avena y forraje hidropónico de avena.	25
5. Efecto de 6-MBOA sobre el peso de los ovarios en ratones blancos.	28
6. Efecto de la inyección subcutánea de 200 μ g de 6-MBOA a ratas prepúberes.	29
7. Efecto del implante de cápsulas de 6-MBOA en el peso de úteros y ovarios de ratas.	30
8. Composición nutrimental del germinado de trigo (Laboratorio Purina)	36
9. Análisis de varianza. Efecto del estado fisiológico, estación y días de suplementación con germinado sobre receptividad, tasa de partos y gazapos nacidos totales por parto en conejas.	42

10. Análisis de varianza. Efecto de la estación y días de suplementación post-parto con germinados sobre receptividad, tasa de partos y gazapos nacidos totales por parto en conejas lactando.	46
11. Medias de cuadrados mínimos y errores estándares para tasa de partos y número de gazapos nacidos totales por parto.	51
12. Efecto de los días de suplementación sobre indicadores técnico-económicos .	53
1A. Efecto de la interacción entre días de suplementación-estación del año en la tasa de receptividad, tasa de partos y tamaño de camada al parto	77
2A. Efecto de la interacción entre estación y días de suplementación con germinado de trigo sobre la tasa de receptividad, tasa de partos y tamaño de camada al parto en conejas lactando.	77
3A. Tasa de partos y medias de cuadrados mínimos y errores estándares para el tamaño de camada al parto. Influencia de la receptividad sexual respecto al período de suplementación con germinado de trigo.	78

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Página
1. Efecto de la interacción entre estación y días de Suplementación post-parto sobre la tasa de receptividad en conejas nulíparas, lactando y no lactando.	44
2. Efecto del período de suplementación con germinado de trigo sobre tasa de sincronización (receptividad) de estros en conejas nulíparas.	49
3. Efecto del período de suplementación con germinado de trigo sobre tasa de sincronización (receptividad) de estros en conejas lactando.	50
1A. Efecto de la interacción entre estación y días de suplementación sobre tasa de partos en conejas nulíparas, lactando y no lactando.	79
2A. Efecto de la interacción entre estación y días de suplementación sobre gazapos nacidos totales por parto en conejas nulíparas, lactando y no lactando.	79
3A. Efecto de la interacción entre estación y días de suplementación sobre la tasa de receptividad en conejas lactando.	80
4A. Efecto de la interacción entre estación y días de suplementación sobre la tasa de partos en conejas lactando.	80

5A. Efecto de la interacción entre estación y días de suplementación
sobre el número de gazapos nacidos totales por parto en conejas
lactando en conejas lactando.

81

I. INTRODUCCIÓN

El incremento constante en la demanda de productos alimenticios, aunado al crecimiento poblacional, exige que los sistemas de producción de dichos productos sean cada vez más eficientes. La especie cunícola, dadas sus características de alta productividad y ciclos reproductivos cortos es una alternativa de producción de alimentos de origen animal; sin embargo, la ausencia de un ciclo sexual definido y la alternancia de períodos de receptividad y no receptividad es una desventaja para la utilización de la inseminación artificial (IA) en esta especie (Alvariño y Ubilla, 1993; Maertens *et al.*, 1995) como técnica para incrementar la eficiencia reproductiva de las explotaciones; comparativamente con monta natural (MN). Los resultados en cuanto a tasa de concepción, prolificidad y productividad son más bajos para IA (Rodríguez, 1984; Roustan y Maillot, 1990; Maertens *et al.*, 1995; Silva, 1996), debido a que al inseminar no se observa la apariencia de la vulva, por lo que las conejas pueden estar receptivas o no, contribuyendo a una disminución en la eficiencia reproductiva.

Para tratar de incrementar la receptividad de las conejas al momento de la IA se ha recurrido a diversos métodos: el uso de hormonas como PMSG (Gonadotropina sérica de la yegua preñada; que resulta caro y su utilización a la larga tiene consecuencias negativas en la reproducción), manejo lumínico,

mejoras en el manejo nutricional, lactancias controladas; además una alternativa no convencional como lo es la suplementación con germinados de trigo (Grobner *et al.*, 1988) que contienen un compuesto denominado 6-Metoxibenzoxazolinona (6-MBOA) que en conejos y otras especies como ratas y ratones de campo (*Microtus montanus*) ha mostrado sincronizar la actividad reproductiva en estaciones del año donde ésta disminuye (Negus y Berger, 1977; Butterstein *et al.*, 1985; Grobner *et al.*, 1988).

El objetivo del presente estudio fue el de evaluar el efecto de diferentes períodos de suplementación con germinado de trigo sobre la receptividad sexual y el comportamiento reproductivo en conejas bajo un programa de inseminación artificial, lo cual se determinó tanto en conejas nulíparas como en multíparas. Así mismo, determinar el potencial práctico de la utilización de los germinados de trigo en cunicultura comercial.

II. ANTECEDENTES

2.1. Panorama general de la cunicultura en América

La producción comercial de conejo para carne continúa siendo un negocio de poca ganancia con relación a otras especies, a pesar de la eficiencia biológica sobresaliente de estos animales. Basándose en la venta de alimento, la población estimada de hembras para cría a nivel mundial es de 62.2 millones, de éstas, el 1.9% se encuentran en América Central, 4.0% en Norte América y 2.7% en América del Sur. Estas cifras reflejan la limitada popularidad de la producción comercial de conejo; a pesar de esto, se señala que los cinco países más grandes productores en América son: Estados Unidos, México, Brasil, Venezuela y Colombia (Lukefahr, 1998).

Las industrias avícola y porcina continúan expandiéndose e integrándose para minimizar los costos de producción, esto limita el futuro de la carne de conejo para convertirse en un producto competitivo; más aún la demanda del consumidor por la carne de conejo está en el punto de saturación lo cual estimula una mayor competitividad entre las muy bien establecidas industrias bovina, porcina y avícola (Lukefahr, 1998).

El desarrollo de la cunicultura en México ha sido bastante limitado tanto a nivel intensivo como extensivo, así lo indican la incipiente producción y el consumo *per capita* de carne de conejo, lo cual puede ser explicado por factores tanto técnicos, sociales y políticos. A pesar de ser una de las actividades pecuarias menos

diseminadas en el país y del panorama un tanto desalentador, el conejo doméstico no deja de ser una especie importante para el país, gracias a sus características biológicas como son: alta prolificidad, un ciclo reproductivo corto, rusticidad y sobre todo su capacidad de ser alimentado con dietas altas en forraje y bajas en cereales o con recursos alimenticios no convencionales (Flores-Jiménez *et al.*, 1998; García-López *et al.*, 1998).

2.2. Fisiología de la reproducción de la coneja

La coneja se considera un mamífero con una extrema capacidad de reproducción, sin embargo, presenta características reproductivas diferentes a las de otras especies zootécnicas como lo es la ausencia de un ciclo estral definido y regular, y mecanismos reflejos que dan lugar a una ovulación inducida.

2.2.1. Maduración y desarrollo folicular

García (1991) señala que el desarrollo folicular en la coneja prepuberal se presenta entre 75 ó 90 días de edad, alcanzando su máximo desarrollo alrededor de los 120 días, dependiendo de la raza, alimentación y condiciones ambientales.

Después del parto, existen oleadas de maduración folicular que alcanzan su máximo desarrollo en los días 3 y 9 postparto, lo que confirma la existencia de ciclos de maduración folicular de una duración de 10 a 12 días (desde un diámetro de 450 micras a los máximos desarrollos) y con una superposición de 6

días entre un ciclo y el precedente. El tiempo que tarda un folículo de 100 μm en alcanzar el tamaño preovulatorio de 800 micras se estima en 97 días (Alvariño y Ubilla, 1993).

El crecimiento folicular depende de la liberación preovulatoria de gonadotropinas, tras lo cual los folículos terciarios entre 250 y 900 micras crecen rápidamente para reemplazar a los folículos que ovulan o que se atresian, lo que ocurre entre 35 y 50 horas después de la estimulación gonadotrópica preovulatoria (Alvariño, 1997). En caso de no producirse la monta y en ausencia de ovulación, los folículos maduros inician un estado de degeneración o atresia, y se reabsorben en el ovario.

En el caso de que ocurra gestación o pseudogestación, el desarrollo folicular y actividad esteroideogénica son esenciales para la continuación de la preñez, ya que el estradiol es la principal luteotropina en el caso de los conejos (Holt, 1989). Aunque el nivel de estrógenos no cambia significativamente durante la preñez, comparado con los niveles en conejas no preñadas, es probable que los folículos pequeños que se acumulan continuamente durante la preñez, secreten suficiente estrógeno para mantener la función esteroideogénica luteal (Setty y Mills, 1987). La acción de hormonas estrogénicas es mediada por un receptor específico a estrógeno que aparece en el tejido luteal el día 5 postovulación (Mc Nitt, 1992).

Aunque la progesterona ejerce una acción inhibitoria sobre el desarrollo folicular y función esteroideogénica. En el conejo, esta hormona parece actuar directamente sobre el ovario para regular el desarrollo folicular y no de forma indirecta por medio de la inhibición en la secreción de gonadotropinas (Setty y Mills, 1987).

2.2.2. Comportamiento sexual

El estro en la coneja se relaciona con el comportamiento sexual o receptividad. La actividad reproductiva en la coneja fundamentalmente es estimulada por estrógenos (Hudson *et al.*, 1990) Las conejas receptivas manifiestan un estado de excitación e inflamación y enrojecimiento de los labios vulvares. La conducta de una coneja en estro se manifiesta por la presentación de lordosis, lo que constituye una respuesta refleja por la presencia del macho.

Los factores ambientales desfavorables como carencias nutritivas, alimentación monótona, influencias estacionales y presencia de enfermedades han mostrado provocar grandes fluctuaciones en la producción de folículos maduros y en la disposición a la monta (Rodríguez, 1998).

La coneja por el hecho de ovular en respuesta a la cópula, no presenta un ciclo sexual evidente; el crecimiento folicular determina la alternancia de fases de aceptación y rechazo de la monta, habiéndose demostrado que las conejas que aceptan al macho presentan un mayor número de folículos maduros y preovulatorios que las conejas que lo rechazan (Moret, 1980; Martin, 1995).

Los folículos en crecimiento tienen la capacidad de secretar 17β - estradiol que es el desencadenante del comportamiento sexual en la coneja, manifestándose en la coloración roja de la vulva, por lo que ésta, se ha utilizado como un indicador de la receptividad sexual en programas reproductivos, ya que parece haber un cambio cíclico en la coloración de la vulva que se relaciona con la aceptación del macho (Delaveau, 1979; Moody y McNitt, 1988; McNitt y Moody, 1992).

La coloración de la vulva se ha clasificado en una escala que va del color blanco, rosa, roja y morada. Se ha demostrado que la mayor proporción de hembras receptivas al macho presentan coloraciones vulvares entre rosa-roja, roja y roja-morada, así como mayor porcentaje de gestaciones y tasa ovulatoria, mientras que las no receptivas presentan coloraciones entre blanco, rosa o morada, menor porcentaje de gestaciones y tasa ovulatoria del orden de 3 ovocitos o menos (Moody y McNitt, 1988; Martin, 1995; Alvarino, 1997).

El 17β - estradiol es condicionante para la expresión de la actividad sexual, aunque debido a la gran variabilidad y secreción "en picos" de esta hormona, es difícil establecer una relación directa entre el nivel plasmático de ésta y el comportamiento sexual, además, parece que esta secreción estrogénica sigue una variación cíclica aunque irregular de 8 días (Orstead *et al.*, 1988; Alvarino, 1997).

Stoufflet y Caillol (1988) observaron una relación directa entre las concentraciones circulantes de progesterona y el comportamiento sexual; determinaron que las altas concentraciones circulantes de progesterona se observan alrededor del día 12-13 de gestación, seguido por una declinación gradual a la mitad de la preñez y el parto. El número de hembras receptivas incrementó cuando la progesterona disminuyó al final del parto. Forcada y Abecia (1990) sugieren la existencia de una correlación negativa entre los niveles de progesterona en plasma y receptividad sexual.

Las conejas en lactación presentan períodos importantes de anestro, por lo que un gran porcentaje de ellas no aceptan la cubrición en cualquier momento, lo cual se atribuye a la secreción de prolactina, que es esencial para el mantenimiento de la lactación (McNeilly y Friesen, 1978). McNeilly (1987) señala que en mamíferos los altos niveles de prolactina inducidos por el amamantamiento son esenciales para la lactación y se asocian con una reducción en la secreción normal de gonadotropinas, principalmente en la secreción pulsátil de hormona luteinizante (LH) y como consecuencia se suprime la actividad ovárica.

En el caso de la coneja la acción inhibitoria de la lactación probablemente pueda atribuirse a un bajo nivel de esteroides debido a una interferencia de la prolactina sobre la acción esteroideogénica de la FSH sobre el folículo o debido a la depresión directa del nivel de FSH (Dorrington y Gore-Langton, 1981; Alvariño y Ubilla, 1993). El hecho de que la coneja se encuentre lactando influye de manera

negativa sobre la tasa de concepción, en algunos estudios como los de Rebollar *et al.* (1992), los cuales encontraron una tasa de concepción de 70.73% en conejas que no estaban lactando y de 40.03% en conejas lactando, de manera similar Theau-Clément *et al.* (1990) reportan 71% en la tasa de concepción para hembras no lactando y 39% para conejas en lactación.

La coneja tiene la capacidad de sostener al mismo tiempo preñez y lactación, pero la mortalidad fetal se incrementa en hembras lactantes apareadas pocos días después del parto. El incremento en la mortalidad fetal parece ocurrir entre los días 15 y 20 postcoito y se cree que la prolactina juega un papel importante en este evento, ya que la hiperprolactinemia puede disminuir la concentración de progesterona (Fortun *et al.*, 1994).

2.2.3. Ovulación

La coneja ovula sólo en respuesta a la cópula, proceso denominado "ovulación refleja". La cópula en el conejo es un evento muy rápido, en respuesta a la estimulación por el macho la hembra adopta la postura de lordosis, lo que permite la intromisión peneana y la subsecuente eyaculación. La duración de este evento y la estimulación vaginal y cervical es tan sólo de 200 milisegundos; sin embargo, es suficiente para desencadenar en la hembra los complejos mecanismos neuroendocrinos responsables de la ovulación. Las señales externas recibidas por la hembra al ser montada por el macho, son canalizadas por medio del eje hipotálamo-área preóptica-hipófisis-ovario (HPHO). Este sistema de control opera

bajo dos condiciones a) basal (tónica), responsable del desarrollo folicular continuo que permite una producción de estrógenos ováricos más o menos constante y b) transitoria, provocada por la activación del eje HPHO y seguida de la ovulación varias horas después (González-Mariscal, 1997).

El estímulo del coito provoca la liberación del factor liberador de las gonadotropinas (GnRH) del hipotálamo dando lugar a un pico preovulatorio de LH y en menor cuantía de FSH (McNitt, 1992). El máximo nivel de LH se alcanza a los 90 minutos, para caer a niveles basales 4 ó 5 horas postcoito (Alvariño, 1997). Así mismo, se ha detectado un pico postovulatorio de FSH a las 18-30 horas postcoito que puede estar relacionado con el desarrollo de folículos secretores que van a producir el estrógeno necesario para mantener la actividad secretora del cuerpo lúteo (Mc Nitt, 1992). La ovulación tiene lugar de 10 a 12 horas postcoito.

Después de la liberación de los óvulos contenidos dentro de los folículos de Graaf, se forma sobre el ovario un coagulo provocado por la ruptura de los vasos sanguíneos, las células de la granulosa se hipertrofian y proliferan, así como las células de la teca interna, para formar el cuerpo lúteo productor de progesterona (Gallouin, 1981), la progesterona tienen efectos sinérgicos o antagonistas con estradiol.

Desde la ovulación, el estradiol estimula contractilidad del oviducto, que ayuda a desplazar a los óvulos para permitir que lleguen al sitio de fertilización. Cuando existe una alta concentración de progesterona, ésta inhibe el efecto del estradiol (Gallouin, 1981). Si no hay fertilización, las prostaglandinas de origen uterino e intraluteal permiten la regresión del cuerpo lúteo, cambia el estado fisiológico de la hembra y nuevos folículos pueden llegar a madurar (Holt, 1989).

Cuando existe fertilización, el día 28 de gestación disminuye la concentración de progesterona lo cual coincide con oleadas de maduración folicular, por lo tanto la receptividad aumenta notablemente (Alvariño y Ubilla, 1993).

2.3. Estacionalidad reproductiva

Un proceso común en la mayoría de las especies animales, es el cese de la actividad reproductiva en un período del año para evitar que los nacimientos se presenten en una época desfavorable para la supervivencia de las crías (Malpaux *et al* ., 1997). La duración del fotoperíodo, es el principal factor utilizado por los animales para prever el momento favorable para que ocurran los nacimientos.

Los conejos silvestres presentan variaciones estacionales en su reproducción, así mismo, en los conejos domésticos, los cuales son productivos durante todo el año, éstas se han reducido, pero no eliminado. Durante los meses de primavera, las hembras aceptan fácilmente a los machos y en muchos casos producen camadas grandes. En los meses de otoño e invierno, los conejos domésticos son

menos productivos (Sittmann *et al.*, 1964; Reed, 1979). Los conejos, han sido utilizados para estudios de implantación, preñez y parto, sin embargo, se ha puesto poca atención al fenómeno de estacionalidad, ya que las bases bioquímicas y confirmación de este fenómeno aún no se han establecido (Stern y Vaughan, 1987).

Los conejos en estado silvestre presentan un ciclo anual de reproducción y se manifiesta en los machos por una disminución significativa del tamaño testicular y en las hembras por una disminución en la receptividad sexual (Boyd, 1985). Como en muchos otros mamíferos este ciclo es afectado por cambios estacionales en la longitud del día. Así, se ha establecido que la longitud del día es traducida a una señal endocrina (melatonina), vía glándula pineal (Reiter, 1980). Los estudios que se han hecho al respecto no son concluyentes, pero si hay evidencia que esta especie responde a ritmos circanuales de luz-obscuridad, por lo que existe una relación con la hormona pineal melatonina (YoungLai *et al.*, 1986). Sin embargo, aún no es claro como la pineal y el eje hipotálamo-hipofisiario operan para estimular o inhibir la reproducción. Algunos estudios señalan que el efecto final de cambios en la longitud del día es la causa de cambios en la sensibilidad del eje hipotálamo-hipófisis a la retroalimentación negativa por esteroides gonadales (Goodman y Karsch, 1981) y otros, que la secreción de gonadotropinas es más directamente controlada por el fotoperíodo (Lincoln, 1984).

En el conejo macho silvestre, se muestra un patrón reproductivo estacional, con un pico de actividad ocurriendo en la primavera. Los estudios realizados en conejos domésticos señalan que los machos exhiben espermatogénesis activa durante varios meses del año, pero el pico de fecundidad ocurre en abril, mayo y junio (Boyd, 1985); la calidad del semen, también sufre cambios estacionales, Mathur *et al.* (1989) evaluaron la calidad del semen en conejos angora, encontrando que en primavera los parámetros de porcentaje de motilidad, concentración, pH y porcentaje de espermatozoides vivos fueron significativamente superiores a los de las demás estaciones.

Respecto a la hembra, Sittmann *et al.* (1964), encontraron diferencias estacionales en tasa de concepción y tamaño de camada al nacimiento de datos analizados de un período de 17 años en conejas Nueva Zelanda Blanco, las conejas rehusaron al apareamiento más frecuentemente en el otoño que en los meses de primavera, repercutiendo en los parámetros evaluados. La tasa de concepción para los meses de abril, mayo y junio fue de 75%, 75% y 80%, respectivamente, mientras que para los meses de septiembre, octubre y noviembre de 53%, 60% y 62%, respectivamente. De manera similar, el número de gazapos nacidos totales en mayo (7.46 ± 0.23), junio (7.30 ± 0.23) y julio (7.51 ± 0.23) fue superior que para los meses de septiembre (6.49 ± 0.25), octubre (7.45 ± 0.20) y noviembre (7.22 ± 0.21), lo que se atribuye más a cambios en la temperatura que en las condiciones de luz.

Szendró *et al.* (1992) y Rodríguez (1996) observaron una marcada disminución en la tasa de concepción en las estaciones de primavera (92.5% para el primer autor y 77.0% para el segundo) y otoño (60.1% y 65.0%, respectivamente). Rodríguez *et al.* (1998) al analizar el comportamiento reproductivo de conejas Nueva Zelanda Blanco en un programa de inseminación artificial, encontraron que las tasas de partos en conejas receptivas para primavera, verano, otoño e invierno fueron de 82.8%, 90.2%, 79.4% y 81.0%. Sin embargo, no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$). Las tasas de partos en las conejas no receptivas fueron consistentemente más bajas que las receptivas (47.6%, 40.2%, 41.6% y 41.8%) observándose menos variaciones estacionales. El tamaño de camada al parto en receptivas para las cuatro estaciones fueron 8.35 ± 0.31 , 8.40 ± 0.27 , 8.75 ± 0.31 y 8.61 ± 0.26 , respectivamente y para las no receptivas también en las cuatro estaciones: 8.06 ± 0.41 , 7.86 ± 0.45 , 7.70 ± 0.43 y 8.03 ± 0.51 . La receptividad sexual fue un factor que condicionó los resultados de esta investigación.

Otra hipótesis que se maneja para explicar la estacionalidad reproductiva en la coneja son las propiedades del receptor de estrógenos del endometrio y el miometrio del conejo, de los que se ha observado una disminución estacional en su afinidad (k_a), lo que es acompañado por una diferencia en fecundidad entre la primavera y otoño (Stern y Vaughan, 1987); estos autores obtuvieron tejido uterino de hembras preñadas para medir las propiedades del receptor a estrógenos en miometrio y endometrio. Los valores de k_a , en este estudio fueron bajos en febrero, incrementando en junio y permanecieron altos hasta el final del

verano y el otoño (Cuadro 1). El incremento de k_a entre febrero y junio estuvo correlacionado con el incremento en la longitud del día y el incremento en temperatura.

Cuadro 1. Comparación de los valores de k_a en primavera y otoño en conejas preñadas.

Tejido	Estación	$k_a \times 10^{-9} \text{ M}^{-1}$
Endometrio	Otoño	$2.23 \pm 0.33^*$
	Primavera	0.77 ± 0.51
Miometrio	Otoño	2.43 ± 0.42
	Primavera	$0.40 \pm 0.17^{**}$

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$ comparado con valores de k_a para otoño.

Fuente: Stern y Vaughan, 1987.

Batra y Kallstrand (1979) demostraron que las concentraciones de estrógenos en conejas en estro, son más bajas en septiembre que en enero. Los niveles críticos de estrógenos pueden ser necesarios para el desarrollo normal del cuerpo lúteo durante el inicio de la gestación en el conejo. Sin embargo, los altos niveles de estrógenos son inhibitorios para el desarrollo uterino en este animal, dependiente de progesterona. Cuando los niveles de estrógenos son altos en la primavera, el desarrollo del cuerpo lúteo se facilita en estados tempranos de preñez, al tiempo que bajos valores del receptor uterino k_a protegen al útero, para que proceda la implantación (Stern y Vaughan, 1987).

Los cambios en los valores del receptor de estrógenos k_a necesitan ser causalmente relacionados a cambios estacionales en sucesos reproductivos. Es posible que k_a y comportamiento reproductivo respondan a un agente modificado estacionalmente. El fotoperíodo tiene influencia en la llegada de la pubertad, la longitud del ciclo estral y la duración de la preñez en muchas especies de mamíferos. Estas funciones reflejan la concentración de LH y FSH e involucran la glándula pineal. Las modificaciones en la afinidad del receptor de estrógenos pueden tener una función específica en estas especies. Los cambios estacionales en el receptor pueden ser resultado de la variación estacional en los niveles de hormonas reproductivas (Stern y Vaughan, 1987).

2.4. Inseminación artificial

Entre las diversas técnicas de manejo reproductivo que se han empleado para mejorar la productividad en las explotaciones cunícolas, se ha adoptado a la inseminación artificial como una práctica que ha permitido disminuir el número de machos en la explotación o eventualmente suprimirlos para aumentar el número de hembras más productivas, un control continuo de las características tanto cualitativas como cuantitativas del semen, la utilización de semen heteroespérmico, introducción de material genético nuevo sin la adquisición de más individuos, prevención de enfermedades venéreas, se vuelve más fácil la renovación de reproductores y una mayor organización del trabajo (Theau-Clément y Vrillon, 1989; Amboini *et al.*, 1996).

Esta técnica, lógicamente también tiene algunas desventajas, entre ellas la de contar con asistencia técnica calificada, tener higiene rigurosa en cada una de las actividades, utilización de productos hormonales para inducir la ovulación, sincronización de celos, evaluación correcta de reproductores y conservación del semen adecuadamente (Amboini *et al.*, 1996).

Aunque la inseminación artificial presenta ventajas de manejo frente a la monta natural, se ha demostrado que la fertilidad (Cuadro 2) es menor en inseminación artificial, lo que se debe principalmente a que con esta técnica, a las hembras se les proporciona servicio sin apreciar la coloración de la vulva, por lo que probablemente no estén receptivas (Rebollar, 1993).

Cuadro 2. Resultados de fertilidad con monta natural e inseminación, obtenida por diversos autores.

Autor y año	Monta natural	Inseminación artificial
	(%)	(%)
Dubiel, 1980	72.0	80.0
Uzcategui, 1988	72.2	78.7
Roca y Fanlo, 1983	63.0	70.0
Blocher, 1990	73.3	64.0
Blocher, 1990	76.8	61.2
Roustan, 1990	71.9	56.7

Fuente: Rebollar, 1993.

Los resultados en inseminación artificial dependen de muchos factores, entre ellos los ligados a la tecnología del semen, al ambiente y los ligados a la hembra. Una vez controlados los dos primeros, el estado fisiológico de la hembra (lactando o no lactando) y la receptividad sexual que ésta manifieste al momento de la inseminación influyen en gran medida para obtener buenos resultados reproductivos y productivos en el conejar.

Las conejas se cubren pocos días después del parto y pueden a la vez sostener una gestación y lactación, aunque disminuyendo sus resultados productivos, ya que la lactación influye negativamente en la receptividad, ovulación, fertilización y desarrollo embrionario (Castellini, 1996). Rebollar *et al.* (1992) y Theau-Clement *et al.* (1992) encontraron resultados similares para hembras lactando y no lactando en cuanto a tasa de concepción 46.03% y 70.73% para los primeros autores y 39.0% y 71.0% para los segundos.

Debido a que generalmente se insemina en período de lactación, es necesario aumentar su receptividad en este período para mejorar los rendimientos productivos de la coneja. La receptividad sexual constituye el indicador más simple para detectar el estado del ovario y se relaciona con el nivel de fertilidad (Castellini, 1996). Las técnicas principales utilizadas para este fin se discutirán a continuación:

2.5. Métodos para inducir receptividad

La alternancia de períodos de estro y anestro de las conejas es una desventaja en vista de un ritmo de reproducción organizado y regular, especialmente con el uso de la inseminación artificial; debido a que se inseminan grandes grupos en diferentes estados fisiológicos, el antagonismo hormonal que existe entre prolactina y gonadotropinas interfiere en la manifestación de la receptividad en hembras lactando (Maertens *et al.*, 1992), ante este hecho se han estudiado varios métodos para inducir una mayor proporción de hembras que exhiban receptividad al momento de la inseminación, entre los cuales se encuentran los tratamientos hormonales (PMSG) y las bioestimulaciones.

2.5.1. Tratamientos hormonales

La hormona más utilizada es la PMSG (Gonadotropina sérica de la yegua preñada) 2 ó 3 días antes de la inseminación, su acción principal es que al aumentar la liberación de estrógenos provenientes de los folículos, promueve el crecimiento folicular y la tasa ovulatoria (Castellini, 1996).

Maertens *et al.* (1992) señalan algunos de los efectos de utilizar PMSG para sincronizar estros, entre ellos se observa un incremento en la receptividad sexual al macho, alrededor del 90% de las hembras aceptan al macho 2 ó 3 días después del tratamiento, aumentando principalmente en hembras en lactación así

como la fertilidad y la prolificidad, sin embargo, también se tienen desventajas, una de las más importantes es que aumentan los anticuerpos anti -PMSG en hembras tratadas repetidamente, disminuyendo la fertilidad y la prolificidad, además se incrementa la mortalidad al nacimiento, probablemente por la dosis.

En cuanto a la dosis, Castellini (1996) indica que 10 UI de PMSG, no son suficientes para tener un efecto positivo sobre el rendimiento productivo, asegurando un mejor rendimiento con dosis de 20 -40 UI. Parez (1992) con la aplicación subcutánea de 35 UI. de PMSG, 48 horas antes de la inseminación encontró una mejora de 28% en la fertilidad de conejas primíparas (57.6% - PMSG y 29.4% - testigo) y señala que en conejas multíparas la fertilidad disminuye después de 4 inyecciones. De igual forma, Theau- Clément y Lebas (1994), encontraron al utilizar una dosis de 25 UI. de PMSG en conejas lactantes, las conejas receptoras de este grupo tuvieron 75.9% de fertilidad y en conejas no lactando, las receptoras mostraron porcentajes de fertilidad de 83.0%.

2.5.2. Bioestimulaciones

La introducción de determinadas situaciones forzadas que modifiquen el equilibrio endocrino de la hembra, pueden mejorar la actividad reproductiva sin ningún tratamiento hormonal, los factores más estudiados son los programas de iluminación, el control de la lactación (Castellini, 1996), los cuales se describen a continuación:

2.5.2.1. Programas de iluminación

Los tratamientos luminosos parecen tener un efecto más determinante sobre la tasa de concepción que sobre la receptividad, sobre todo en multíparas lactantes (Martin, 1995).

Castellini (1996) señala que al modificar el programa de iluminación a 8 horas de luz /día, hasta 8 días antes de la inseminación y 16 horas de luz /día inmediatamente después se obtienen significativas mejoras en receptividad sexual (71.4% contra 53%) sin disminuir la fertilidad de las conejas.

Al someter a las hembras a diferentes programas de iluminación (continuo: 16 horas de luz /día, discontinuo: 8 luz-4 oscuridad -8 luz-4 oscuridad), la fertilidad se mejoró en un 15%, sin observarse reducciones en el peso de la camada, por lo que señala que los programas de iluminación pueden mejorar los rendimientos, sólo cuando otros factores limitantes como el clima, sean favorables (Castellini, 1996).

2.5.2.2. Lactancia controlada

La lactancia controlada es una técnica de manejo para mejorar receptividad sexual, la idea partió del hecho observado en las cerdas al separarlas de sus crías durante 6-12 horas al día, entre la segunda y cuarta semana de lactación, lo que ocasiona que entre el 50 y 65% de las cerdas entren en calor (Pavois, *et al.*, 1995).

Este método consiste en impedir que la coneja entre al nido a amamantar a sus gazapos entre 24 ó 36 horas antes de la inseminación y reabrir los nidos justo antes de la inseminación. El estrés provocado por la separación entre madre y gazapos, así como los bajos niveles de prolactina a la inseminación y el aumento de oxitocina en sangre, aumenta el porcentaje de hembras receptivas y en consecuencia la fertilidad, sin que se vea afectada la viabilidad de los gazapos (Martin, 1995; Castellini, 1996).

Pavois *et al.* (1995) reportaron en un experimento que cuando a la hembra se le impidió amamantar por 24 ó 36 horas, la receptividad aumenta 57.1% y 70.0%, respectivamente, respecto a aquellas que no se les impidió amamantar por el mismo tiempo (31.5% y 46.7%), no se reportaron diferencias significativas entre el número de gazapos nacidos vivos y nacidos totales entre ambos grupos de animales, concluyeron que el estrés de separar a la madre de sus gazapos induce al estro en la coneja al igual que sucede en la cerda.

2.5.3. Suplementación con germinado cereales

Un método no convencional para sincronizar estros o receptividad sexual es por medio de la utilización de germinados de cereales como trigo, maíz, avena, etc. Aunque existen pocas investigaciones acerca de los beneficios de estos germinados, se sabe que el alto valor nutritivo que éstos presentan puede favorecer la reproducción. Grobner *et al.* (1988) señalan que éstos presentan

concentraciones altas de un compuesto denominado 6-Metoxibenzoxazolinona (6-MBOA) que en estudios con ratas y ratones ha mostrado favorecer la sincronización estral y reproducción en épocas de anestro.

En un estudio realizado por Raymundo (1997), al proporcionar germinado de avena a conejas a razón de 200 g/ día 5 días antes del parto y durante el proceso de lactancia encontró tasas de concepción de 76.9% para conejas que no recibieron germinado y 74.1% para conejas que lo recibieron. Sin embargo, la producción lechera se vio disminuida en conejas que recibieron el suplemento, aunque la diferencia no fue significativa, sí se afectó negativamente el peso y el tamaño de la camada a los 21 días y al destete.

Para la producción de germinado como forraje para la alimentación animal, en Agrosíntesis (1981), se describe detalladamente el funcionamiento de una cámara germinadora en la que se acelera la germinación de cebada, trigo, maíz o avena para obtener al cabo de una semana el alimento inducido que es aprovechado por los animales en su integridad, tanto las hojas, el tallo, las raíces y hasta los granos que no alcanzaron a germinar, esta es la forma que se menciona para producir el germinado a nivel práctico, pero no se encontraron estudios científicos sobre este aspecto.

2.5.3.1. Características nutritivas de los germinados

Para la producción de pastos hidropónicos se han utilizado principalmente los cereales de invierno como trigo (*Triticum aestivum*), avena (*Avena sativa*) y cebada (*Hordeum vulgare*). Estos cereales presentan aproximadamente las mismas necesidades nutritivas y climáticas.

Thomas y Reddy (1962, citados por San Miguel, 1982), mencionan que los pastos hidropónicos provenientes de cereales de invierno, son fuentes naturales de proteínas, vitaminas y biocatalizadores que mejoran el desarrollo de los animales.

En cuanto a las diferencias que existen en las plantas en crecimiento activo como el pasto hidropónico y las plantas maduras, Crampton y Harris (1966, citados por San Miguel, 1982) señalan que, siendo las primeras más blancas y tiernas poseen mucho menos fibra y menos lignina por unidad de materia seca, que en fases posteriores a su crecimiento, por lo tanto son más digestibles que las plantas maduras (Cuadro 3).

Hillier y Perry (1969) reportan para forraje hidropónico de avena, aproximadamente un 85% de germinación y un mayor contenido de proteína y fibra cruda para éste, al realizar una comparación entre la semilla de avena y el forraje hidropónico también de avena (Cuadro 4).

Cuadro 3 . Análisis nutritivo de pasto hidropónico.

Nutriente	Contenido	Nutriente	Contenido
Vitamina A	91,143.0 U.I.	Proteína cruda	20.55%
Vitamina E	68.4 mg	Extracto etéreo	4.63%
Riboflavina	31.2 mg	Extracto libre de N	38.11%
Niacina	143.0 U.I	Fibra cruda	23.25%
Tiamina	18.0 mg	Cenizas	2.51%
Vitamina C	6,111.0 U.I.		
Calcio	0.212 %		
Fósforo	0.453 %		
Materia seca	9.33 %		

Fuente: San Miguel, 1982.

Cuadro 4. Comparación nutritiva entre semilla de avena y forraje hidropónico de avena.

Componente	MS (%)	PC (%)	FC (%)	ELN (%)	EE (%)	C (%)
Semilla de avena	89.70	12.30	10.10	69.50	4.90	3.20
Forraje Hidropónico	13.40	20.70	21.20	48.90	4.90	4.30

MS= Materia Seca, PC= Proteína Cruda, FC= Fibra Cruda, ELN= Extracto Libre de Nitrógeno, EE= Extracto Etéreo, C = Cenizas

Fuente: Hillier y Perry, 1969.

El grano de trigo es un cereal con alto valor nutritivo debido a su alto contenido en proteínas, carbohidratos digestibles y minerales, pero deficiente en ciertos aminoácidos azufrados y vitaminas A y D. La germinación puede mejorar

notablemente el valor nutritivo del grano ya que mediante cambios físico-químicos la plántula presentará un mayor contenido de carbohidratos, proteínas, carbohidratos complejos y vitaminas, con pérdida de sustancias antinutritivas naturales como el ácido fítico y los inhibidores de tripsina entre otros (Chang y Harrold, 1988).

2.5.3.2. Efecto de 6-Metoxibenzoxazolinona en la reproducción

Los primeros estudios sobre este compuesto, se realizaron para explicar la relación entre fotoperíodo, temperatura, nutrición y eficiencia reproductiva en animales silvestres, particularmente en el ratón de campo de Montana (*Microtus montanus*) por lo que se planteó la hipótesis de que el consumo de plantas herbáceas inmaduras por estos animales indicaba el comienzo de la reproducción en la época de disponibilidad de alimento.

Negus y Berger (1977) observaron una correlación entre la actividad reproductiva del ratón de campo y el inicio del crecimiento de los recursos alimenticios vegetales. Experimentos posteriores de campo y laboratorio confirmaron la existencia de un factor en las plantas inmaduras que incrementaba la fertilidad y el comienzo de la actividad reproductiva de los ratones; el compuesto se identificó como 6-Metoxibenzoxazolinona (6-MBOA), que es producido por la planta como un factor de resistencia a insectos. Tang *et al.* (1975) encontraron que plantas jóvenes de cereales, principalmente maíz, trigo, centeno y hojas inmaduras de

una planta ornamental llamada lágrima de Job (*Coix lacryma jobi* L.), presentan mayores concentraciones de 6-MBOA.

Para determinar si 6-MBOA es un estimulador reproductivo, Negus y Berger (1977) suplementaron en invierno a una población de ratones de campo con germinados de trigo por dos semanas, el consumo diario por animal fue de 3-5 g. Los resultados mostraron que las hembras suplementadas presentaron preñez tempranamente, y el examen de los ovarios reveló cuerpos lúteos de preñez así como desarrollo folicular, mientras que ninguna de las hembras testigo quedó preñada, ni mostró desarrollo folicular. También se determinó que los ratones en el área control en este experimento, iniciaron su actividad reproductiva aproximadamente seis semanas más tarde que la población suplementada.

Sanders *et al.* (1981) administraron 6-MBOA a hembras jóvenes ovariectomizadas de *Microtus*, observando como respuesta un incremento en el peso uterino. Para examinar los efectos de 6-MBOA sobre la respuesta de los ovarios a la ovulación espontánea, otro grupo de ratones fue inyectado intraperitonealmente con una dosis simple (100 ó 250 mg) y sacrificados 24 horas después de la inyección. Hubo un incremento significativo en el peso de los ovarios en animales que recibieron 6-MBOA en comparación con los animales testigo (Cuadro 5). El examen de los ovarios señaló que mucho del incremento en el peso fue debido al incremento en el número de folículos antrales.

Cuadro 5. Efecto de 6-MBOA sobre el peso de los ovarios en ratones blancos.

6-MBOA (mg)	N	Peso del cuerpo (g)	Peso de los ovarios (mg)
0	14	32.5 ± 3.1	12.6 ± 2.8
100	9	35.1 ± 5.2	19.2 ± 8.6
250	24	34.7 ± 3.6	16.9 ± 5.6

Fuente: Sanders et al., 1981.

En otro experimento, con poblaciones de *Microtus montanus* se suplementó avena rolada cubierta con 6-MBOA. Después de tres semanas con este régimen de alimentación, muestras de estas poblaciones demostraron una alta incidencia de preñez en hembras e hipertrofia testicular en machos. Las poblaciones testigo recibieron avena rolada cubierta sólo con un solvente, estas no mostraron actividad reproductiva (Berger et al., 1981).

Butterstein et al. (1985) determinaron el efecto de 6-MBOA sobre la actividad reproductiva de ratas jóvenes y maduras. Los animales prepúberes tratados con una inyección simple subcutánea (200 µg) del compuesto por tres días mostraron un incremento significativo en los pesos de úteros y ovarios (Cuadro 6). La LH no se afectó con este tratamiento pero la FSH se elevó.

El tratamiento con cápsulas de 6-MBOA implantadas por dos ciclos a ratas adultas, no mostró una alteración significativa en el patrón de ciclos estrales, las

ratas tuvieron un incremento significativo ($P<0.01$) en el peso de los ovarios, pero no en el peso uterino (Cuadro 7).

Cuadro 6. Efecto de la inyección subcutánea de 200 μg de 6-MBOA a ratas prepúberes.

Edad al sacrificio	Peso del cuerpo (g)	Peso del ovario (mg)	Peso del útero (mg)
28 días			
Testigo (n=10)	82.0 $\pm$ 2.0	17.5 $\pm$ 0.4	41.0 $\pm$ 5.0
6-MBOA(n=7)	78.0 $\pm$ 6.0	22.8 $\pm$ 1.2	54.0 $\pm$ 5.0
30 días			
Testigo (n=8)	79.0 $\pm$ 3.0	17.6 $\pm$ 0.3	45.0 $\pm$ 5.0
6-MBOA (n=8)	76.0 $\pm$ 4.0	22.8 $\pm$ 1.1	79.0 $\pm$ 10.0

Fuente: Butterstein *et al.*, 1985.

Epstein *et al.* (1986) señalan que 6-MBOA puede funcionar en una dieta estimulando la reproducción en conejos; los germinados de trigo son una fuente excelente de este compuesto, por lo que es posible que éste se pueda proporcionar particularmente a hembras en períodos de baja fertilidad.

El ratón *M. montanus* presenta similitudes fuertemente marcadas con el conejo en cuanto a hábitos alimenticios y fisiología reproductiva, por lo cual, Grobner *et al.* (1988) utilizaron extractos del compuesto proveniente de germinados de trigo, inyectaron intraperitonealmente a conejas Nueva Zelanda Blanco con dosis de 0, 0.0835, 0.167 y 0.333 mg de 6-MBOA por kg. de peso vivo, durante tres días

consecutivos y sacrificadas 24 horas después. Las conejas que recibieron dosis de 0.167 mg tuvieron pesos de ovarios más pesados y un incremento en la libido, evidenciado por frecuencia de montas y lordosis, microscópicamente se observó una proliferación del epitelio luminal uterino.

Cuadro 7. Efecto del implante de cápsulas de 6-MBOA en el peso de úteros y ovarios de ratas.

Tratamiento	Peso del cuerpo (g)	Peso del ovario (mg)	Peso del útero (mg)	No. De cuerpos lúteos /ovario
Testigo (n =7)	228.0±9.0	62.0±3.0	314.0±15.0	13.4±1.3
6-MBOA (n=10)	231.0±13	84.0±4.0	314.0±23.0	19.2±0.9

Fuente: Butterstein *et al.*, 1985.

Si bien, estas respuestas son parecidas a las producidas por los estrógenos, parecen ser efectos indirectos de 6-MBOA actuando por medio del ovario a través de un incremento de la producción de esteroides lo que da como resultado un incremento en el número de folículos antrales. Se ha reportado que 6-MBOA eleva los niveles de FSH, pero no los de LH (Butterstein *et al.*, 1985). Sin embargo, los mecanismos exactos por los que actúa 6-MBOA no se han determinado, ya que al presentar una estructura similar a la melatonina se cree que pudiera haber una interrelación entre los mecanismos de acción de ambos compuestos.

Farrel *et al.* (1968) indican que la melatonina puede exhibir efectos inhibitorios sobre la ovulación de los conejos. Por otro lado, se ha reportado que 6-MBOA

muestra un efecto estimulando la reproducción, la cual puede ser a través de tres posibles mecanismos. 1) 6-MBOA funciona como antagonista a la melatonina, compitiendo por sitios receptores reduciendo la respuesta de la melatonina, podría confundirse con un sistema de hormonas reguladoras que causen una reducción en la excreción de melatonina; 2) 6-MBOA pudiera actuar como un retroalimentador negativo para que la melatonina no exhiba sus propiedades antigonadotrópicas y 3) puede ser que 6-MBOA actúe conjuntamente con la melatonina ya que se ha reportado que en la exposición prolongada de conejos a la melatonina estos eliminaron la respuesta inhibitoria (Grobner *et al.*, 1988).

Con base en lo anterior, las hipótesis del presente experimento fueron:

- 1) La suplementación con germinado de trigo incrementará la receptividad sexual de las conejas al momento de la inseminación artificial.
- 2) Al aumentar la receptividad de las conejas, independientemente de su estado fisiológico, se mejorarán la tasa de partos y el número de gazapos nacidos totales al parto.
- 3) Al suplementar con germinado de trigo por mayor tiempo, la receptividad sexual aumentará.
- 4) La suplementación con germinado de trigo evitará que se disminuya la receptividad sexual y por consiguiente la tasa de partos y el número de gazapos nacidos totales por parto, durante la estación de otoño.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La fase experimental de la presente investigación se realizó en "Conejos", Centro de Investigación Científica del Estado de México A. C. (COCICEMAC), ubicado en San Miguel Coatlinchán, Municipio de Texcoco, Estado de México; a una latitud norte de 19°17' y 98°53' longitud oeste, a una altura de 2240 msnm y con clima C(w)(w)(i)g (García, 1981). Se inició en julio de 1997 y finalizó en febrero de 1998.

3.2. Animales y tratamientos

Se utilizaron 48 conejas nulíparas Nueva Zelanda Blanco, seleccionadas con edades entre 2.5 -3.0 meses y pesos promedio de 3 kg. Se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos experimentales para la suplementación con germinado de trigo: T1-8 días de suplementación (n =12), T2-6 días de suplementación (n =12), T3-4 días de suplementación (n =12) y T4-testigo, el cual únicamente recibió alimento concentrado (n =11).

3.3. Instalaciones y equipo

Los animales se alojaron dentro de una galera con ambiente natural de 25x 10 m, con aislamiento térmico y ventanas regulables en forma de guillotina, en jaulas de alambre galvanizado de 90x60x40 cm, dispuestas en línea y con comedero tipo inglés, bebedero automático en forma de tetina y nidos de madera abiertos.

3.4. Manejo alimenticio y suplementación

Se proporcionó a todos los animales, alimento peletizado comercial, conteniendo 17.4% de proteína cruda, 5.3% de grasa, 15.2% de fibra cruda y 2608.1 Kcal de energía digestible por kg de alimento (Conejina especial-Purina®). El alimento peletizado se restringió a 120 g /día hasta que las conejas presentaron diagnóstico de gestación (DG) positivo, posteriormente se proporcionó *ad libitum*. Las conejas que presentaron DG negativo, se siguió restringiendo el alimento hasta reinseminarlas y presentar DG positivo.

La suplementación del germinado se inició cuando las conejas alcanzaron 3.2 – 3.6 kg de PV, durante 8, 6 y 4 días dependiendo del tratamiento en el cual estaban asignadas, después se procedió a la IA. Después del parto, nuevamente se proporcionó el germinado durante los períodos ya señalados, Las conejas que presentaron DG negativo nuevamente se suplementaron con germinado y se reinseminaron. La cantidad de germinado proporcionado fue de 500 g /día, en fresco, el rechazo de germinado se pesó. Debido a que el entrelazamiento de las raíces del germinado, permite mantener unidas a las plántulas, no fue necesario un comedero especial para proporcionarlo, por lo que éste se cortaba en trozos y se colocaba directamente en la jaula, sin que hubiera pérdidas.

A las conejas testigo sólo se les proporcionó alimento peletizado, de igual forma que en los otros tratamientos, restringiéndose el alimento a 120 g /día cuando estaban vacías y se dio *ad libitum* cuando estaban gestantes.

3.5. Manejo reproductivo

Para iniciar el manejo reproductivo de las conejas, éstas se pesaron 2 veces por semana para controlar su peso y la primera inseminación se realizó cuando las conejas presentaron pesos de 3.2-3.6 kg y edades de 2.5 –3 meses. La metodología utilizada para la colección de semen así como para la IA fue la señalada por Rodríguez (1996), la inseminación se realizó con semen fresco heteroespermático, mezclando los eyaculados de 2 ó más machos, el semen se extrajo de machos de raza Nueva Zelanda Blanco de COCICEMAC.

Se seleccionaron los eyaculados con más de 0.2 ml, apariencia cremosa lechosa, y motilidad mayor a 75%; para determinar la motilidad, una muestra del semen se observó en el microscopio compuesto y basándose en la capacidad del espermatozoide para formar remolinos y en la fuerza del movimiento de éstos, se seleccionaron los mejores eyaculados. Una vez colectado el semen, se mantuvo en baño maría a 32°C para su evaluación y hasta que terminó la inseminación. Para la dilución, el semen se mezcló con una solución salina buffer fosfatada (Dulbecco A, Oxoid), en proporciones 1:7. La dosis utilizada para inseminar de la mezcla fue de 0.8 ml por coneja. La IA fue intravaginal y ésta se realizó dentro de la primera hora después de colectar el semen, por la tarde.

La inducción de la ovulación se realizó por la inyección intramuscular de 0.2 ml de GnRH (Conceptal®- Hoechst) después de la IA, así como la observación de la receptividad sexual, la cual se determinó por medio de evaluaciones de

comportamiento de lordosis, utilizando un macho con pañal, después de la IA, para lo cual el macho se colocaba junto con la hembra en una jaula y se observaba el comportamiento de ambos, esperando por lo menos dos intentos del macho por montar a la hembra.

El diagnóstico de gestación se realizó por palpación abdominal a los 10-14 días post-inseminación y la colocación de nidos a las conejas con DG positivo, a los 28 días después de la inseminación.

3.6. Manejo lumínico y sanitario

Las hembras recibieron un régimen lumínico de 16 horas de luz/ día y los machos utilizados para la extracción de semen se les proporcionó 8 horas de luz /día.

Cada 45 días se aplicaron tratamientos preventivos con Sulfaquinoxalina Sódica, durante cinco días en el agua, seguidos por la administración de una premezcla vitamínica por tres días como reconstituyente. Para el tratamiento de la sarna en orejas, se aplicó Scabisin® - Chinoín cada mes.

3.7. Producción de germinado

La producción del germinado de trigo se llevó a cabo en una galera similar a la que ocuparon los animales, pero sin aislamiento térmico. Se utilizó semilla de trigo no tratada, ésta se remojó en agua con cloro (0.5 ml /L de agua) por un día, antes de la siembra. Para la siembra la semilla se colocó en una base de cemento con

pendiente de 3-5%, se utilizaron camas de siembra de 1 cm de espesor correspondiendo a una densidad de semilla de 3.5 kg /m². Se proporcionaron dos riegos diarios por 10 días, posteriormente el germinado se colocó encima de una jaula para que perdiera humedad a temperatura ambiente (presecado) por tres días y después fue proporcionado a las conejas.

3.7.1 Composición nutrimental del germinado de trigo

El germinado de trigo se sometió a análisis proximal, para determinar su contenido nutrimental, este análisis se realizó sin previo presecado, los resultados se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Composición nutrimental del Germinado de Trigo (Laboratorio Purina ®)

Nutriente	Contenido
Materia Seca (%)	8.6
Materia Orgánica (%)	96.41
Proteína Cruda (%)	23.37
Fibra Detergente Ácido (%)	10.67
Fibra Detergente Neutro (%)	32.61
Energía Bruta (Kcal /kg)	4163
Cenizas (%)	03.59
Calcio (%)	00.33
Fósforo (%)	01.01

Cabe señalar que este análisis se realizó sin someter el germinado a presecado, lo que resulta en un mayor porcentaje de humedad. Sin embargo, una vez que

éste se presecó, se sometió a una estufa a 100 °C para determinar porcentaje de materia seca (MS), lo que dio como resultado 52% de MS.

3.8. Variables de respuesta y análisis estadístico

La información fue analizada estadísticamente bajo tres enfoques diferentes. En el primer enfoque se evaluó el efecto fijo del estado fisiológico (nulíparas, lactando y no lactando), estación (verano y otoño) y días de suplemento con germinado de trigo (8, 6, 4 y 0 días) sobre receptividad sexual, tasa de partos y gazapos nacidos totales por parto. En esta parte se analizó la información de todos los partos de cada una de las conejas desde su primera inseminación. El modelo no incluye las interacciones entre estado fisiológico con los demás factores, debido a que en la estación de otoño no había conejas nulíparas.

El experimento se realizó de forma continua durante el período anteriormente señalado, por lo que para realizar el análisis de estacionalidad, la información se separó agrupando la información de acuerdo a la estación del año, para el verano: del 22 de junio al 21 de septiembre y para el otoño: del 22 de septiembre al 21 de diciembre.

En el segundo enfoque únicamente se considera la información de inseminaciones y partos de las conejas lactando y los efectos fijos de estación, días de suplementación y su interacción sobre la receptividad sexual, se determinó la tasa de partos y número de gazapos nacidos totales por parto. En

la tercera parte se evaluó el efecto de tratamiento (días de suplemento con germinado de trigo) sobre indicadores reproductivos y técnicos-económicos por coneja y período reproductivo (días comprendidos entre la primera inseminación exitosa y el último destete), y la mortalidad.

La receptividad y tasas de partos se consideraron como variables de BERNOULLI (variable 0-1). Estas últimas variables y el número de gazapos nacidos totales por parto se analizaron de acuerdo a los siguientes modelos estadísticos:

PRIMER ENFOQUE

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + E_j + D_k + (ED)_{jk(l)} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor de la variable respuesta (receptividad, tasa de partos y no. de gazapos nacidos totales / parto).

μ = Media general

F_i = Efecto fijo del estado fisiológico ($i = 1, 2, 3$).

E_j = Efecto fijo de la estación ($j = 1, 2$).

D_k = Efecto de días de suplementación ($k = 1, 2, 3, 4$).

$(ED)_{jk(l)}$ = Interacción entre estación y días de suplementación.

ε_{ijk} = Error asociado a Y_{ijk} .

SEGUNDO ENFOQUE

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + D_j + (ED)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor de la variable respuesta (receptividad, tasa de partos y no. de gazapos nacidos totales / parto).

μ = Media general

E_i = Efecto fijo de la estación ($i = 1, 2$).

D_j = Efecto de días de suplementación ($j = 1, 2, 3, 4$).

$(ED)_{jk}$ = Interacción entre estación y días de suplementación.

ε_{ijk} = Error asociado a Y_{ijk} .

TERCER ENFOQUE

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable respuesta (Período reproductivo, no. de inseminaciones, intervalo entre partos, gazapos nacidos totales, nacidos vivos, destetados, mortalidad, mortalidad nacimiento-destete y mortalidad general).

μ = Media general

T_i = Efecto de tratamiento ($i = 1, 2, 3, 4$)

ε_{ijk} = Error asociado a Y_{ijk} .

La información para los tres enfoques fue analizada mediante análisis de varianza y medias de cuadrados mínimos para modelos desbalanceados, con procedimientos GLM de SAS (1988). Los resultados que se muestran posteriormente en cuadros, son medias de cuadrados mínimos con errores estándar. La tasa de mortalidad correspondiente al tercer análisis se evaluó utilizando pruebas de X^2 , empleando el mismo paquete estadístico.

IV. RESULTADOS

El número de conejas consideradas en los análisis estadísticos para cada uno de los tratamientos 1 (8 días), 2 (6 días), y 3 (4 días) fue de $n = 11$ y para el tratamiento 4 (0 días =testigo), $n = 12$. El consumo de germinado en fresco por período de suplementación fue para el tratamiento 1 de 1.592 ± 0.29 kg, para el 2 de 1.161 ± 0.29 kg y para el 3 de 0.757 ± 0.27 kg, y el consumo diario de germinado fresco fue de 199.0 ± 4.55 g, 193.5 ± 4.50 g y 189.3 ± 4.14 g, respectivamente para cada tratamiento, no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$).

4.1. Comportamiento reproductivo global (Enfoque I)

En este primer análisis se consideraron 207 inseminaciones y 150 partos. Los efectos del estado fisiológico, estación y días de suplemento con germinados de trigo se muestran en el Cuadro 9. El comportamiento reproductivo fue influenciado por el estado fisiológico de las conejas.

Las tasas de receptividad fueron más altas ($P < 0.05$) en conejas lactando que en las nulíparas y no lactando. Sin embargo, las tasas de partos en conejas en estos últimos dos estados fisiológicos fueron mayores ($P < 0.01$) que las que estaban amamantando. El número de gazapos nacidos totales por parto en conejas lactando fue significativamente superior ($P < 0.05$) que en las nulíparas y las no lactando (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza. Efecto del estado fisiológico estación y días de suplementación con germinados sobre receptividad, tasa de partos y gazapos nacidos totales por parto en conejas.

Factor	No. de inseminaciones	Tasa de receptividad (%) $\pm$ e. E.	No. De partos	Tasa de partos (%) $\pm$ e. e.	Tamaño de camada al parto $\pm$ e. e.
ESTADO FISIOLÓGICO					
Nulíparas	56 (27.05) ¹	0.44 $\pm$ 0.07b	48	0.88 $\pm$ 0.07a	7.23 $\pm$ 0.40a
Lactando	136 (65.70)	0.61 $\pm$ 0.04a	90	0.66 $\pm$ 0.04b	8.03 $\pm$ 0.26b
No lactando	15 (7.25)	0.38 $\pm$ 0.12b	13	0.89 $\pm$ 0.12a	7.70 $\pm$ 0.68a
Probabilidad		0.030		0.009	0.004
ESTACIÓN					
Verano	103 (49.76) ¹	0.45 $\pm$ 0.06	78	0.79 $\pm$ 0.06	7.17 $\pm$ 0.36
Otoño	104 (50.24)	0.50 $\pm$ 0.06	73	0.82 $\pm$ 0.06	8.14 $\pm$ 0.36
Probabilidad		0.594		0.611	0.078
DÍAS DE SUPLEMENTACIÓN					
8	48 (23.19) ¹	0.63 $\pm$ 0.07a	34	0.77.0 $\pm$ 0.07	8.27 $\pm$ 0.43
6	49 (23.67)	0.59 $\pm$ 0.08a	41	0.910 $\pm$ 0.07	7.83 $\pm$ 0.41
4	58 (28.02)	0.41 $\pm$ 0.07b	41	0.80 $\pm$ 0.07	7.71 $\pm$ 0.42
0	52 (25.12)	0.27 $\pm$ 0.08c	35	0.760 $\pm$ 0.07	6.80 $\pm$ 0.46
Probabilidad		0.0002		0.304	0.073
R ²		0.159		0.304	0.073

¹ Porcentaje del total.

abc Valores con distinta literal en la misma columna indican diferencias significativas.

La receptividad y tasas de partos no fueron influenciadas por la estación ($P>0.05$). Sin embargo, el tamaño de camada en conejas inseminadas en otoño mostró una tendencia a aumentar cuando se comparó con la obtenida en el verano ($P>0.05$) (Cuadro 9).

En general, el suplemento de germinados administrado durante diferentes períodos antes del servicio mejora consistentemente la receptividad sexual de las conejas, con respecto al grupo testigo. Las tasas de partos no fueron influenciadas por los días de suplementación ($P>0.05$). Sin embargo, las conejas que recibieron suplemento tienden a lograr mejores tasas de partos que las que no lo recibieron (Cuadro 9).

El tamaño de camada no presentó diferencias significativas entre los diferentes períodos de suplementación ($P>0.05$), sin embargo, se observó una tendencia a aumentar en las conejas que recibieron el germinado de trigo (Cuadro 9).

Se observó un efecto significativo de la interacción ($P<0.05$) entre estación y días de suplementación sobre la tasa de sincronización de estros como se puede observar en la Figura 1 y Cuadro 1A en Apéndice. La receptividad sexual de las conejas que no recibieron germinados de trigo durante verano, fue más baja (0.15 ± 0.10). El suplemento de germinados durante esta estación mejoró la tasa de sincronización de estros y en particular en las conejas que lo consumieron durante 8 días en donde la tasa de receptividad fue de 0.70 ± 0.09 .

Durante el otoño, las tasas de sincronización de las conejas del grupo testigo (0.40 ± 0.11) y las suplementadas por 4 días (0.34 ± 0.09) fueron más bajas que las obtenidas cuando el suplemento se proporcionó por 8 y 6 días en donde las

tasas de receptividad sexual alcanzadas fueron de 0.55 ± 0.11 y 0.72 ± 0.10 , respectivamente (Figura 1). En general, la receptividad de las conejas suplementadas fue consistentemente más alta en verano que en otoño excepto por aquellas conejas que recibieron el suplemento durante el otoño por 6 días donde se alcanzaron los niveles más altos de receptividad sexual en el estudio. Estos niveles son muy similares a los obtenidos por las conejas que en verano recibieron 8 días de germinados antes de la inseminación (Figura 1).

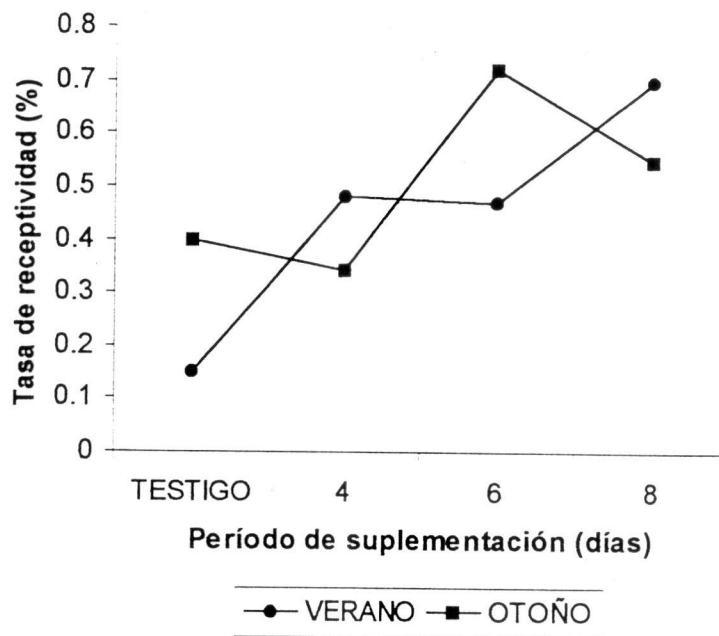


Figura 1. Efecto de la interacción entre estación y días de suplementación post-parto sobre la tasa de receptividad en conejas nulíparas, lactando y no lactando.

No se encontraron efectos de interacción entre estación y días de suplementación con germinados de trigo para tasa de partos y tamaño de camada al parto ($P>0.05$) como se puede observar en las Figuras 1A y 2A y Cuadro 1A en Apéndice. Sin embargo, las tasas de partos mayores se encontraron en las conejas suplementadas por 6 días (0.93 ± 0.10) como en otoño (0.88 ± 0.09). El número de gazapos nacidos totales por parto fueron consistentemente más altos en conejas suplementadas durante el otoño que en el verano, pero no hubo diferencias ($P>0.05$) de la interacción entre estación y períodos de suplementación para este parámetro.

4.2. Comportamiento reproductivo en conejas lactando (Enfoque II)

En este estudio los resultados provienen de 136 inseminaciones y 90 partos. Los efectos de la estación y días de suplementación con germinado de trigo sobre el comportamiento reproductivo en las conejas lactando se muestran en el Cuadro 10. La estación no influyó ($P>0.05$) sobre la receptividad y la tasa de partos. Sin embargo, se encontró que el tamaño de las camadas al parto en conejas inseminadas artificialmente durante otoño mostró una clara tendencia a ser más numerosas que cuando se realizan en verano ($P>0.05$).

El suplemento de germinado a conejas lactando favoreció el comportamiento reproductivo aunque no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 10). El suplemento por 8, 6 y 4 días dio como resultado tasas de sincronización de estros más altas con respecto al grupo testigo. Las tasas de partos en las

conejas no suplementadas presentaron valores muy similares a los obtenidos en conejas que recibieron germinado de trigo por 4 y 8 días. No obstante, las conejas con 6 días de suplementación mostraron un 21% más fertilidad que el grupo testigo. Se observó la tendencia ($P = 0.246$) de un mayor número de gazapos nacidos totales por parto en conejas que recibieron germinados que las que no se les administró. Estas últimas conejas mostraron un promedio de 1.51, 1.46 y 1.78 gazapos menos que las que recibieron germinados por 8, 6 y 4 días, respectivamente (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de Varianza. Efecto de la estación y días de suplementación post-parto con germinados sobre receptividad, tasa de partos y gazapos nacidos totales por parto en conejas lactando.

Factor	No. De inseminaciones	Tasa de receptividad (%) $\pm$ e. e.	No. De Partos	Tasa de partos (%) $\pm$ e. e.	Tamaño de camada al parto $\pm$ e. e.
ESTACIÓN					
Verano	46(33.82) ¹	0.59 $\pm$ 0.07	30	0.66 $\pm$ 0.07	7.46 $\pm$ 0.46
Otoño	90(66.18)	0.62 $\pm$ 0.05	60	0.67 $\pm$ 0.05	8.51 $\pm$ 0.32
Probabilidad		0.784		0.868	0.156
DIAS DE SUPLEMENTACIÓN					
8	27 (19.85) ¹	0.70 $\pm$ 0.10	17	0.62 $\pm$ 0.09	8.26 $\pm$ 0.62
6	31 (22.79)	0.72 $\pm$ 0.10	24	0.81 $\pm$ 0.09	8.41 $\pm$ 0.53
4	42 (30.88)	0.57 $\pm$ 0.08	26	0.63 $\pm$ 0.08	8.53 $\pm$ 0.50
0	36 (26.47)	0.44 $\pm$ 0.08	23	0.60 $\pm$ 0.08	6.75 $\pm$ 0.59
Probabilidad		0.083		0.530	0.246
R ²		0.073		0.036	0.114

¹Porcentaje del total.

No se encontraron efectos de la interacción ($P>0.05$) entre estación y días de suplementación con germinados de trigo sobre receptividad, tasa de partos y gazapos nacidos totales por parto en conejas lactando (Figuras 3A, 4A, 5A y Cuadro 2A en Apéndice). Sin embargo, los resultados muestran ciertos patrones. Durante el verano las tasas de receptividad en conejas suplementadas por 8, 6 y 4 días fueron de 0.70 ± 0.15 , 0.67 ± 0.16 y 0.66 ± 0.12 para cada período, respectivamente y mostraron ser mayores que en el grupo control (0.33 ± 0.14). Las conejas reproducidas durante el otoño que recibieron suplemento por 8 y 6 días presentaron tasas de receptividad sexual de 0.70 ± 0.12 y 0.77 ± 0.10 , respectivamente. Estos valores fueron menores que los obtenidos en las conejas suplementadas por 4 días y el testigo (0.48 ± 0.09 y 0.54 ± 0.11) (Figuras 3A, 4A, 5A y Cuadro 2A en Apéndice).

Cuando se proporcionó el germinado de trigo a conejas lactando por 8, 6 y 4 días en verano mejoró las tasas de partos (0.60 ± 0.15 , 0.89 ± 0.16 y 0.67 ± 0.12) con respecto a las conejas no suplementadas (0.50 ± 0.11). Esta ventaja de la suplementación en verano no fue tan marcada en el otoño para este mismo parámetro. En esta estación las tasas de partos de las conejas suplementadas por 6 días fue de 0.73 ± 0.10 . Estos niveles de fertilidad fueron muy similares a los obtenidos por el grupo testigo (0.71 ± 0.10). El suplemento por 8 y 4 días no mejoró los resultados obtenidos por las conejas suplementadas ($P>0.05$) (Figuras 3A, 4A, 5A y Cuadro 2A en Apéndice).

En verano, el número de gazapos nacidos por parto en conejas del grupo testigo fue bajo (5.50 ± 0.10) y el suplemento con germinado por 8 y 6 días incrementó hasta 8.50 ± 0.87 y 8.50 ± 0.78 gazapos. El tamaño de camada al parto en conejas suplementadas por 8 días en esta estación fue de 7.33 ± 0.10 gazapos. En otoño los tratamientos de conejas suplementadas con germinados por 8, 6 y 4 días representaron la tendencia a un mayor número de gazapos nacidos totales por parto (9.18 ± 0.74 , 8.31 ± 0.62 , 8.56 ± 0.62) que el grupo testigo (8.00 ± 0.62) (Figuras 3A, 4A, 5A y Cuadro 2A en Apéndice).

4.3. Indicadores técnico-económicos (Enfoque III)

El consumo acumulado de germinado en fresco por período de suplementación para los tratamientos 1(8 días), 2(6 días) y 3(4días) fue de 1.592 ± 0.29 kg, 1.161 ± 0.29 kg y 0.757 ± 0.27 kg, respectivamente, con un consumo diario promedio individual de 199.0 ± 4.55 , 193.5 ± 4.50 y 189.3 ± 4.14 , por período de suplementación.

Las tasas de receptividad fueron influenciadas por el tratamiento ($F=5.80$; $P=0.008$). Las conejas bajo el tratamiento testigo presentan significativamente niveles más bajos de receptividad sexual (0.34 ± 0.07) que en los tratamientos 3 (4 días), 2 (6 días) y 1(8 días) en las que las conejas recibieron suplemento por 4, 6 y 8 días, respectivamente (0.48 ± 0.06 , 0.67 ± 0.07 y 0.69 ± 0.07). Estos valores representan incrementos de 14, 33 y 35% respecto al grupo testigo.

Las comparaciones mediante contrastes ortogonales entre el tratamiento testigo con los otros tratamientos, confirman que el suplemento de germinado de trigo en conejas mejoran significativamente las tasas de sincronización de estros ($F=9.35$; $P=0.002$). Las conejas del tratamiento testigo presentan un 26% menos de receptividad sexual que las que recibieron germinados (0.35vs0.60). Los efectos de días de suplementación sobre la tasa de receptividad de estros en conejas nulíparas y en las lactando se muestran en las Figuras 2 y 3.

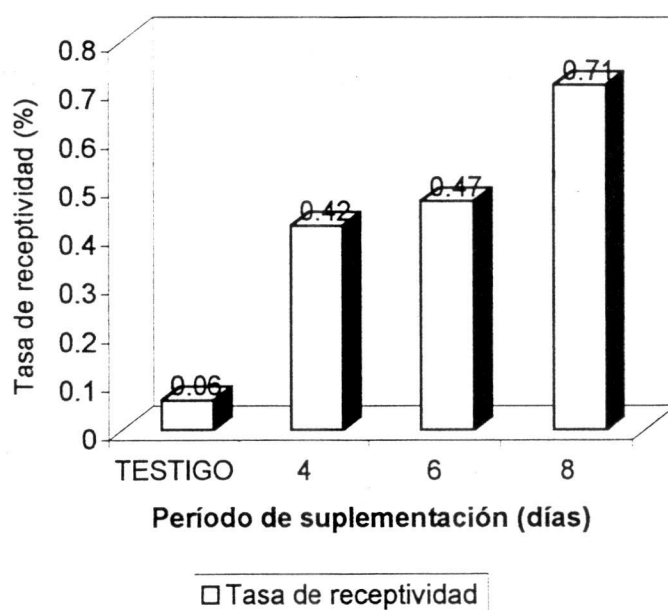


Figura 2. Efecto del período de suplementación con germinado de trigo sobre tasa de receptividad en conejas nulíparas.

El efecto del tratamiento sobre las tasas de partos y número de gazapos nacidos totales por parto se muestra en el Cuadro 11. Las conejas que recibieron germinados de trigo por 6 días en el tratamiento 2 mostraron tasas de partos más elevadas en un 14, 13 y 17% con respecto a las conejas que se

les suplementó por 8, 4 y 0 días pero no se observaron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) entre los diferentes tratamientos para este parámetro.

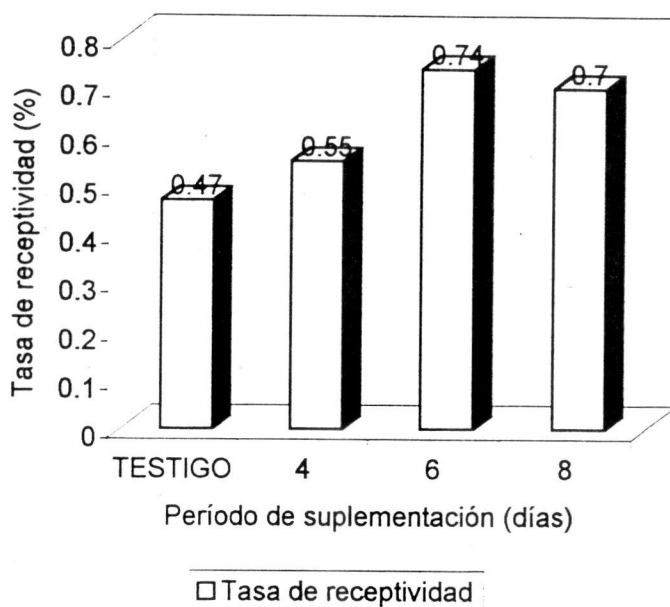


Figura 3. Efecto del período de suplementación con germinado de trigo sobre tasa de receptividad en conejas lactando.

Así mismo, se encontró que los tratamientos en que las conejas recibieron germinados presentaron una tendencia ($P=0.124$) a producir camadas más numerosas que las que no recibieron. En promedio, las conejas que recibieron suplemento por 8, 6 y 4 días produjeron 1.38, 1.01 y 0.92 más gazapos que las del grupo control (Cuadro 11).

Cuadro 11. Medias de cuadrados mínimos $\pm$ errores estándares para tasa de partos y número de gazapos nacidos totales por parto. Por efecto de la suplementación con germinado de trigo.

Días de suplementación	Número de inseminaciones	Número de partos	Tasa de partos	Nacidos totales por camada
8 días	48 (23.2) ¹	34	0.70 $\pm$ 0.06	8.29 $\pm$ 0.42
6 días	49 (23.7)	41	0.84 $\pm$ 0.06	7.92 $\pm$ 0.38
4 días	58 (28.0)	41	0.71 $\pm$ 0.06	7.83 $\pm$ 0.38
testigo	52 (25.1)	34	0.67 $\pm$ 0.06	6.91 $\pm$ 0.42
Probabilidad			0.270	0.124

¹ Porcentaje del total

Al realizar las comparaciones de contrastes ortogonales entre el testigo y los otros tratamientos para la tasa de partos, se observó la tendencia ($F=1.19$; $P=0.278$) a mayores valores en conejas suplementadas que las que no lo fueron (0.75 ± 0.03 vs 0.67 ± 0.06 en el testigo). El número de gazapos nacidos totales por parto en las conejas que recibieron germinados (8.00 ± 0.03) fueron significativamente mayores ($F=9.35$; $P=0.002$) que los otros tratamientos (6.91 ± 0.42). Las diferencias promedio fueron de 1.09 gazapos (Cuadro 11).

El efecto de tratamiento y/o días de suplementación con germinado de trigo sobre indicadores técnico económicos se muestran en el cuadro 12. El período reproductivo comprendido entre la primera inseminación exitosa y la fecha del último destete en las conejas del tratamiento testigo fue más corto que en los

otros tratamientos ($P=0.05$). No obstante, el número de inseminaciones promedio realizadas por coneja por período reproductivo en conejas no suplementadas fue similar o mayor a las inseminaciones realizadas en los otros tratamientos. No se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P>0.05$) para intervalo promedio entre partos. Sin embargo, las conejas suplementadas por 6 días mostraron la tendencia a tener intervalos entre partos más cortos. Este último tratamiento fue el que produjo una mayor cantidad de camadas y gazapos producidos por coneja y período reproductivo y presentó los niveles de mortalidad de gazapos más bajos (Cuadro 12).

Las tasas de partos más bajas en el grupo testigo resultaron en una disminución en el número promedio de camadas producidas por período reproductivo. En general, las conejas bajo este tratamiento obtuvieron una producción de gazapos nacidos totales, nacido vivos y destetados por período reproductivo significativamente menor que los tratamientos en que las conejas se suplementaron con germinados de trigo (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de los días de suplementación sobre indicadores técnico económicos.

Indicadores	Tratamiento				Valor de P
	8 días	6 días	4 días	Testigo	
	n =11	n =11	n =11	N =12	
Período reproductivo(días)	159±7.43ab	173.4±4.45a	159.7±4.8ab	134.0±4.72c	0.005
No. De inseminaciones	4.4±0.21	4.5±0.21	4.8±0.19	4.7±0.21	0.322
Intervalo entre partos(días)	45.5±1.85	42.3±1.85	43.8±1.77	42.6±1.85	0.600
No. Partos	3.1±0.20	3.6±0.20	3.4±0.19	3.0±0.20	0.110
Gazapos nacidos totales/ PR	24.7±1.95ab	28.7±1.95a	26.7±1.87a	20.9±1.95b	0.044
Gazapos nacidos vivos/ PR	23.6±2.07	28.4±2.07	26.5±1.97	20.6±2.07	0.058
Gazapos destetados/ PR	20.0±1.64a	23.5±1.64 ^a	20.5±1.57a	16.7±1.64ab	0.047
Mortanatalidad	4.41	1.27	0.93	1.30	0.008
Mortalidad 0-28 días (%)	15.38	16.99	22.64	18.94	0.124
Mortalidad Nacimiento-Destete (%)	19.12	18.04	23.36	20.00	0.374

PR = Período reproductivo

ab Valores con distinta literal en cada fila son estadísticamente diferentes.

V. DISCUSIÓN

La inseminación artificial como técnica de manejo reproductivo tiene diversas ventajas respecto a la monta natural, pero una de las principales desventajas es que los porcentajes de fertilidad respecto a la monta natural, son menores, esto debido a que cuando se utiliza la monta natural, como indicador de la receptividad sexual de la coneja se observa la coloración de la vulva y sólo se les da servicio a las que son receptivas. En cambio, cuando se utiliza la inseminación artificial se da servicio lotes grandes de conejas sin importar si las conejas son receptivas o no.

Por lo anterior, en programas de inseminación artificial en cunicultura es importante que la mayor proporción de conejas sea receptiva para obtener altos porcentajes de fertilidad y prolificidad, ya que la receptividad sexual es un indicativo del estado del ovario, particularmente del desarrollo folicular. Para inducir receptividad sexual o estro en las conejas se puede recurrir a diversos métodos, cuyo objetivo es estimular el desarrollo de folículos ováricos.

5.1. Efecto del estado fisiológico sobre la reproducción

La receptividad sexual puede estar limitada por el estado fisiológico de las conejas (nulíparas, no lactando o en lactación). La lactación es uno de los factores que más condicionan la productividad de las explotaciones cunícolas, ya que esta especie se somete a ritmos de reproducción muy intensivos, así que una vez que las conejas han parido se les da servicio nuevamente, y éstas

presentan un bajo nivel de receptividad sexual por efecto de la lactación, comparativamente con conejas que no están lactando al momento del servicio.

En las conejas en lactancia la secreción de prolactina tiene un efecto antagonista sobre la secreción de gonadotropinas, principalmente en la secreción pulsátil de LH y como consecuencia se suprime la actividad ovárica y disminuye la manifestación de la conducta sexual (McNeilly, 1987).

En este experimento, las conejas que estaban lactando presentaron una tasa de receptividad sexual (61%) mayor ($P < 0.05$) que las conejas nulíparas (44%) y no lactando (38%)(Cuadro 9).

Durante el período reproductivo la mayor parte de las conejas estaban lactando al momento de la inseminación artificial por lo que se esperaba que los niveles de receptividad fueran menores que en las conejas nulíparas o en las que no presentaban lactación; sin embargo, en estas conejas la receptividad presentó diferencias significativas ($P > 0.05$) respecto a los otros dos grupos (61%) (Cuadro 9). Sin embargo, esta diferencia no puede ser atribuida principalmente a efecto del tratamiento, debido a que el número de repeticiones en el grupo de conejas nulíparas ($n=56$) y en el de no lactando ($n=15$) es mucho menor que en el grupo de conejas en lactación ($n=136$), por lo que los resultados en éste aspecto pueden estar enmascarados. La diferencia en el número de repeticiones de los grupos ya señalados radican en que, así como en éste

experimento, en las explotaciones comerciales, las conejas son inseminadas pocos días después del parto por lo que, si los servicios proporcionados son exitosos, la mayor proporción de hembras de la explotación estará en lactación-gestación, es por eso que los métodos para incrementar receptividad en cunicultura van dirigidos principalmente a conejas en período de lactación.

El hecho de que la coneja se encuentre lactando influye negativamente en la tasa de concepción. La mayor receptividad que presentaron las conejas lactando no se reflejó en la tasa de partos (66%), ya que este parámetro fue menor que en conejas nulíparas (88%) y no lactando (89%) (Cuadro 9). La misma tendencia se observa en los resultados reportados por Rebollar *et al.* (1992) quienes obtuvieron tasas de concepción de 70.73% para aquellas hembras que no están lactando contra 46.03% en conejas en lactación. Resultados similares se reportan por Theau-Clément *et al.* (1991), 71.0% para conejas lactando y 39% para no lactando, la diferencia en estos valores se pueden atribuir a diferencias de manejo básicamente, utilizadas en los experimentos.

Estos resultados se pueden explicar por el efecto de la secreción de prolactina porque aunque las conejas tienen la capacidad de sostener al mismo tiempo lactación y preñez y llevarla a buen término, Fortun *et al.*, 1994, señalan que la hiperprolactinemia puede disminuir la concentración de progesterona incrementando la mortalidad fetal en los días 15 y 20 postcoito.

5.2. Efecto de la estación sobre la reproducción

La estacionalidad reproductiva en el conejo doméstico, aún no está bien documentada, pero existen investigaciones (Sittmann *et al.*, 1964) que señalan que la época de mayor actividad reproductiva es en primavera-verano y disminuye en otoño-invierno; consecuentemente disminuyendo variables reproductivas como fertilidad y prolificidad.

La receptividad sexual es el factor condicionante para obtener altas tasas de partos y tamaño de camada, ya que las conejas que no son receptivas al momento del servicio presentan tasa ovulatoria baja (3 ovocitos o menos) (Moody y McNitt, 1988; Martín, 1995; Alvaríño, 1997). Al respecto, Sittmann *et al.* (1964) encontraron diferencias significativas entre estaciones en tasa de concepción y tamaño de camada al parto, señalan que en el otoño las conejas rehusaron con más frecuencia al apareamiento (menor receptividad sexual), los resultados en cuanto a tasa de concepción obtenidos por estos autores son en promedio para verano de 76.6% y otoño de 58.3%; y para prolificidad, en verano de 7.42 gazapos nacidos totales y en otoño disminuye ligeramente (7.05 gazapos). Szendrő *et al.* (1992) también señalan una disminución en la tasa de concepción en primavera y otoño (92.5% y 60.1%) para cada estación, respectivamente.

En el presente experimento la receptividad sexual no presentó diferencias ($P>0.05$) en las estaciones de verano y otoño (Cuadro 9). Se observó una

tendencia ligera a aumentar en el otoño, al igual que la tasa de partos y el tamaño de camada al parto, aunque en estas dos variables tampoco se observaron diferencias significativas entre estaciones. En el verano el tamaño de camada fue de 0.97 gazapos menos que en el otoño (Cuadro 9). Estos resultados no son consistentes con la literatura que señala que en el otoño estos parámetros tienden a disminuir; la tendencia a aumentar en el presente experimento se puede explicar debido a que se proporcionó el germinado de trigo, que debido a sus propiedades nutricionales, causando un efecto flushing o a la presencia del compuesto 6-MBOA, ocasionó una mejora en el desarrollo folicular, exhibiendo así las conejas una mayor receptividad sexual; además las condiciones ambientales en las que se mantuvieron las conejas como fotoperíodo y nutrición adecuada, de igual forma pudieron influir para obtener mayor receptividad en otoño.

Rodríguez *et al.* (1998) en un experimento bajo las mismas condiciones ambientales, reportan tasas de receptividad en verano de 90.2% y otoño de 79.4%, y tampoco encontraron diferencias significativas.

En animales silvestres, la estacionalidad reproductiva es un fenómeno común que presenta como una forma de asegurar la sobrevivencia de sus crías (Malpaux *et al.*, 1997), en el conejo doméstico, aún en granjas comerciales (Rodríguez, 1998) donde se le proporciona todo el confort adecuado esta estacionalidad se presenta aunque de forma menos marcada que en el conejo silvestre.

Fisiológicamente, la disminución de la receptividad sexual y tasa de concepción en la estación otoño-invierno podría ser explicado por la disminución estacional en la afinidad de un receptor a estrógenos que existe en el endometrio y miometrio de la coneja que de acuerdo a Stern y Vaughan (1987), precede a una diferencia de fecundidad entre las estaciones de primavera y otoño. Además, las diferencias en la afinidad del receptor pueden estar en función de los niveles de las hormonas de la reproducción.

La lactación aunada a la estación pueden tener un efecto más deprimente en cuanto a receptividad sexual; sin embargo, en este experimento no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para tasa de receptividad verano y otoño, así mismo para tasa de partos y tamaño de camada al parto en conejas lactando (Cuadro 10). En el experimento, estas variables tienden a mostrar un ligero incremento en el otoño, lo que puede ser indicador de que la estación no es un factor que limitante para obtener buenos parámetros reproductivos, siempre y cuando se proporcione a los animales los elementos necesarios como confort ambiental y nutrición adecuada para favorecer la reproducción. En éste caso el proporcionar germinado de trigo por periodos cortos después del parto pudo favorecer de cierta forma el comportamiento reproductivo, estos resultados no pueden ser atribuidos por completo al compuesto 6-MBOA que de acuerdo a la literatura está presente en el germinado, ya que el germinado también es rico en proteínas y vitaminas que favorecen la reproducción. Por otro lado, esto puede ser comparado de

cierta forma con los resultados obtenidos por Negus y Berger (1977) que al proporcionar germinado de trigo a ratones *Microtus montanus*, estos adelantaron su estación reproductiva seis semanas, no mostrando signos de estacionalidad en la reproducción, el efecto se atribuyó al compuesto 6-MBOA, que posteriormente se demostró que promueve el desarrollo folicular, por incremento de la hormona FSH (Butterstein *et al.*, 1985; Grobner *et al.*, 1988).

5.3. Efecto del período de suplementación con germinado de trigo sobre la reproducción

La receptividad sexual afecta de manera importante los resultados en cuanto a tasa de concepción y tamaño de camada. El período de suplementación con germinado de trigo influyó la receptividad sexual de las conejas al momento de la inseminación artificial, presentando diferencias ($P < 0.01$) entre los tratamientos suplementados y el testigo (0 días). El grupo testigo presentó menor tasa de receptividad que los suplementados (27.02%) (Cuadro 9).

Las investigaciones respecto a la utilización de germinados y su efecto sobre la reproducción, señalan que contienen un compuesto llamado 6-Metoxibenzoxazolinona (6-MBOA), el cual tiene la capacidad de estimular el desarrollo folicular (Sanders *et al.*, 1981). Aunque no existen estudios comparativos en conejos que permitan explicar con exactitud cual es el efecto del germinado sobre su actividad reproductiva, la similitud que existe en cuanto

a fisiología reproductiva entre el ratón de campo *Microtus montanus* y el conejo de cierta manera permiten extrapolar los resultados obtenidos en ratones a esta especie.

Negus y Berger (1977) al suplementar germinado de trigo a ratones de campo, observaron un mayor crecimiento folicular y cuerpos lúteos de preñez en ratones que recibieron el germinado, mientras que en los ratones que no lo recibieron, no se observó actividad ovárica.

El 17β -estradiol secretado por los folículos, es la hormona que desencadena el comportamiento sexual (Orstead *et al.*, 1988) por lo que la receptividad sexual de las conejas, manifestada por lordosis, que se observó en los tratamientos suplementados por 6 y 8 días con germinado puede ser atribuido a un mayor desarrollo folicular. Grobner *et al.* (1988) al inyectar el 6-MBOA puro a conejas encontraron que éste estimula el desarrollo folicular, de igual forma Butterstein *et al.* (1985) encontraron un resultado similar en ratas y Sanders *et al.* (1981) en ratones de campo.

De acuerdo a los estudios referentes a este compuesto, la similitud estructural que tiene con la hormona melatonina, puede indicar que su efecto puede estar relacionado con esta hormona y por ende con la estacionalidad reproductiva. La mayoría de los estudios sobre este tema están enfocados hacia la estacionalidad.

Por otro lado, el aumento en las tasas de receptividad obtenidas en la estación otoño puede ser efecto de un mayor desarrollo folicular favorecido por 6-MBOA, como sucede en ratones de campo y conejos (Grobner *et al.*, 1988). La melatonina puede tener un efecto inhibitorio en la ovulación de los conejos (Farrel *et al.*, 1968), así que el efecto del 6-MBOA puede ser agonista o antagonista con melatonina. Sin embargo, el mecanismo de acción de 6-MBOA aún no se conoce con exactitud. Malpaux (comunicación personal, 1997)¹, señala que el efecto de este compuesto tal vez no sea a nivel glándula pineal, sino a nivel ovario, o estimulando la secreción de gonadotropinas a nivel hipófisis, ya que para que se pueda dar una respuesta a melatonina es necesario un período de tiempo mayor y en este caso el efecto de la suplementación es casi inmediato, manifestando las conejas comportamiento de lordosis.

En conejas en lactación las mejores respuestas en cuanto a receptividad sexual se observaron en las conejas que se suplementaron por diferentes períodos con germinado de trigo, particularmente con un período de 6 días (72.0%), la menor respuesta se presentó en el tratamiento testigo (44%) (Cuadro 10).

Para que las explotaciones comerciales de conejos sean económicamente rentables, los animales se someten a ritmos de reproducción intensivos o semi-intensivos, los cuales consisten en proporcionar el servicio (ya sea monta

¹ Dr. B. Malpaux. INRA, Neuroendocrinologie Sexuelle, Physiologie de la Reproduction des Mammifères Domestiques, 37380, Nouzilly, France.

natural o inseminación artificial) los primeros días post-parto, aunque las conejas tienen la capacidad de mantener una preñez-lactación al mismo tiempo (Fortun *et al.*, 1994), la interacción negativa entre hormonas gonadotropinas y prolactina, disminuye la actividad ovárica (McNeilly, 1987), lo que disminuye la manifestación del comportamiento sexual (lordosis) y aumenta la mortalidad fetal. En este caso las conejas en lactación, que recibieron el suplemento durante 6 días, se observó una mayor respuesta ($P>0.05$) en la expresión de la receptividad sexual, lo que indica que la suplementación pudo favorecer, de cierta forma este hecho, aunque no se conoce con exactitud el mecanismo por medio del cual pudiera actuar, la mayor concentración y la mejora de nutrimentos que se obtiene en el proceso de germinación de la semilla (Chang y Harrold, 1988), de alguna forma se tendría un efecto de flushing, que estaría influenciando positivamente el comportamiento sexual y la aceptación del servicio por las conejas.

El efecto de la suplementación con germinado de trigo, no puede ser explicado con exactitud, ya que no sólo es el efecto del compuesto 6-MBOA, sino que el proceso de germinación también se mejora en gran medida la calidad de la semilla, lo que pudiera estar contribuyendo a que las conejas lactando no presenten desbalances negativos de energía que perjudiquen su eficiencia reproductiva al tener los nutrimentos necesarios para poder mantener una gestación-lactación.

El efecto del período de suplementación sobre tasa de partos y tamaño de camada al nacimiento se observa en el Cuadro 9. En general, las conejas suplementadas durante 6 días con germinados presentaron tasas de partos más elevadas que los de 8, 4 y 0 días. Las tasas de partos en el grupo testigo fueron entre 1.0% y 15.0% más baja respecto a los otros tratamientos. Sin embargo, las diferencias no fueron significativas. Las conejas en el grupo testigo presentaron en promedio 0.91, 1.03 y 1.47 gazapos nacidos totales menos que las suplementadas durante 4, 6 y 8 días aunque tampoco se encontraron diferencias significativas.

La tendencia que se observa a obtener mejores tasas de partos cuando se suplementó durante 4, 6 y 8 días con germinado puede ser atribuida a un mayor porcentaje de conejas receptivas en estos grupos, como se observa en el Cuadro 3A del Apéndice, y a sus altos niveles de fertilidad, siendo la receptividad sexual un factor que influye de manera significativa en la prolificidad de esta especie. Rodríguez *et al.* (1998) en conejas bajo un programa de inseminación artificial, indican que en conejas receptivas las tasas de concepción fueron mayores que en las conejas no receptivas, pero no hubo diferencias significativas en cuanto al tamaño de camada al nacimiento, señala que del total de conejas inseminadas durante un año, 53.7% corresponden a conejas no receptivas y el 46.3% restante a conejas receptivas y las tasas de concepción fueron de 39% y 77%, respectivamente para cada grupo.

Se ha observado que las conejas receptivas presentan un mayor desarrollo folicular y por consecuencia una mayor tasa ovulatoria, mientras que en las no receptivas, su tasa de ovulación puede ser del orden de 3 ovocitos o menos (Alvariño, 1997), lo que repercute de manera importante en el tamaño de camada.

Cuando se proporcionó el germinado por 6 días, se obtuvo una mayor receptividad sexual (72%), condición que influenció la tasa de partos (81%), aunque no hubo diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos, los restantes presentan tasas de partos alrededor del 60%. El tratamiento testigo mostró un menor tamaño de camada (6.75 gazapos), mientras que los tratamientos que recibieron el suplemento tendieron a ser más prolíficos. No hubo diferencias significativas entre tratamientos para el tamaño de camada al parto (Cuadro 10).

En estos parámetros la receptividad sexual tiene una influencia directa, ya que las conejas que aceptan la cubrición (receptivas) presentan un mayor número de folículos maduros y preovulatorios que las conejas que la rechazan (no receptivas) (Moret, 1980; Martin, 1995), por lo que en las explotaciones se trata de buscar que un mayor número de conejas esté receptivo al momento de la cubrición, para obtener mayores tasas de partos y con camadas de mayor tamaño, que finalmente llevará a una productividad alta de la explotación. Aunque no hubo diferencias significativas entre tratamientos, las conejas que no

recibieron suplementación, tuvieron tamaños de camada de menor número, que las que recibieron el suplemento.

La interacción entre estación y días de suplementación sólo fue significativa para la variable tasa de receptividad (Figura 1) y no significativa para la tasa de partos y el tamaño de camada al parto. La tasa de receptividad sexual en verano fue mayor (70%) cuando se proporcionó el suplemento por 8 días, pero esto no fue significativo comparativamente con los tratamientos que recibieron suplementación, pero sí con respecto al testigo (15%). En el otoño, la receptividad disminuyó en los tratamientos que recibieron el germinado por 8 y 4 días. Sin embargo, el tratamiento en el que se suplementó durante 6 días y el testigo, aumentaron la receptividad sexual.

La interacción de estos dos factores indica que la suplementación con germinado de trigo favorece la receptividad sexual, además estos resultados pueden compararse con los obtenidos por Berger (1977) los cuales indican que al suplementar con germinado a ratones de campo adelantaron la estación reproductiva de ésta especie.

5.4. Indicadores técnico-económicos

El período reproductivo (PR) (desde primera inseminación artificial exitosa hasta último destete), mostró una diferencia altamente significativa entre los tratamientos que recibieron germinado y el testigo, aunque no existe diferencia

entre los suplementados, el grupo de conejas que recibió germinado por 6 días tuvo un mayor período reproductivo, con un menor número inseminaciones para obtener 3.6 ± 0.20 partos y con un intervalo entre partos menor a los otros tratamientos, lo que significa que en términos de productividad, mostró ser más eficiente (Cuadro 12).

Los tratamientos que consistieron en suplementar por 4 y 6 días, durante el período reproductivo tuvieron un mayor número de gazapos nacidos totales, pero en general todos los tratamientos suplementados destetaron mayor número de gazapos que el tratamiento testigo (Cuadro 12).

La mortanatalidad fue mucho más alta cuando se proporcionó el germinado por 8 días (4.41%), es uno de los tratamientos que aunque tuvo alto número de gazapos nacidos totales, la viabilidad de las camadas era menor (Cuadro 12).

La receptividad sexual de las conejas fue uno de los factores que más influyó en los resultados sobre productividad de este experimento, tanto en conejas lactantes como en nulíparas (Figuras 2 y 3). Como anteriormente se ha mencionado, la receptividad sexual de las conejas al momento del servicio, está directamente relacionada con la fertilidad y prolificidad, de esta manera, la mayor receptividad que mostraron los tratamientos a los que se les proporcionó el germinado de trigo durante diferentes períodos, permitió obtener mayor

porcentaje de partos y número de gazapos nacidos totales al parto (Cuadro 11), lo que finalmente redundará en una mayor productividad y utilidades para la explotación.

VI. CONCLUSIONES

La suplementación con germinado de trigo favoreció la manifestación de la receptividad sexual al momento de la inseminación artificial.

La suplementación por 6 días mostró una mayor tasa de sincronización de estros, así como una mejor respuesta en cuanto a tasa de partos y tamaño de camada al nacimiento.

No hubo efecto evidente en cuanto a disminución de la estacionalidad reproductiva.

En conejas lactando, la suplementación con germinado de trigo mostró un efecto favorable sobre la receptividad sexual, tanto en el verano como en otoño, para esta última estación el mejor resultado en productividad se obtuvo cuando se proporcionó el germinado por un período de 6 días.

La suplementación durante 8 días, obtuvo resultados menores que la de 6 días en las tres variables reproductivas evaluadas, lo que indica que períodos mayores de suplementación ya no tienen mayor efecto para favorecer la reproducción, sino al contrario, podrían afectarla negativamente.

VII. LITERATURA CITADA

- Alvariño, J. M. R. 1997. El ciclo hormonal de la coneja. Cunicultura Febrero: 7-14.
- Alvariño, J. M. R. y E. Ubilla. 1993. Fisiología de la reproducción en la hembra. *In*: Control de la reproducción en el conejo. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp 33-49.
- Amboini, M., G. Grilli y F. Luzzi. 1996. La inseminación artificial rutinaria: perspectivas para la cunicultura intensiva. XXI Symposium de Cunicultura. Amposta, España, 23, 24, y 25 de mayo.
- Anónimo. 1981. La ganadería hidropónica revoluciona la ganadería. Agrosíntesis 12: 20-29.
- Batra, S. and K. Kallstrand. 1979. Are there cyclic variations in oestradiol secretion in the non-pregnant rabbit. *Experientia* 35: 699-701.
- Berger, P. J., N. Negus, E. H. Sanders and P. D. Gardner. 1981. Chemical triggering of reproduction in *Microtus montanus*. *Science* 214: 69-70.
- Boyd, I. L. 1985. Effect of photoperiod and melatonin on testis development and regression in wild European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Biol. Reprod.* 32: 21-29.
- Butterstein, G. M., M. H. Shadler, E. Lysogorski, L. Robin and S. Sipperly. 1985. A naturally occurring plant compound, 6-Methoxybenzoxazolinone stimulates reproductive responses in rats. *Biol. Reprod.* 32: 1018-1023.
- Castellini, C. 1996. Recientes avances en la inseminación artificial en conejos. Cunicultura Octubre: 272-282.
- Chang, K. C. and R. L. Harrold. 1988. Changes in selected biochemical components *in vitro* protein digestibility and aminoacids in two beans during germination, *J. Food Sci.* 53: 3.
- Delaveau, A. 1979. Acceptance of mating by the doe rabbit and its relationships with fertility. *Ann. de Zootech.* 28: 136.
- Dorrington, J. and R. E. Gore-Langton. 1981. Prolactin inhibits oestrogen synthesis in the ovary. *Nature* 290: 600-602.

- Epstein, W. W., C. N. Rowsemitt, P. J. Berger and N. C. Negus, 1986. Dynamics of 6-methoxybenzoxazolinone in winter wheat. *J. Chem. Ecol.* 12: 2011-2020.
- Farrel, G., D. Powers and T. Otani. 1968. Inhibition of ovulation in the rabbit: seasonal variation and the effects of indoles. *Endocrinology* 83:599.
- Flores-Jiménez, A. G., G. O. Díaz-Zorrilla, Y. Villegas-Aparicio y B. López-López. 1998. Análisis económico de la cría del conejo en explotación tipo familiar en Oaxaca. Primer Congreso de Cunicultura de las Américas. 38-42.
- Forcada, F. and J. A. Abecia. 1990. Circulating progesterone levels, ovulation rate and sexual behaviour in rabbits during pseudopregnancy induced by vasectomized males and hCG injection. *J. Applied Rabbit Res.* 13:74-79.
- Fortun, L., G. Bolet and F. Lebas. 1994. Influence of prolactin on foetal survival rabbit does. *An. Reprod.Sci.* 37:75-84.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. P. 252 .
- García, F. 1991. Biología de la reproducción en la hembra del conejo doméstico. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- García-López, J. C., A. Pró-Martínez, C. M. Becerril-Pérez, M. E. Suárez-Oporta, J. I. Cortés- Flores y M. J. González-Alcorta. 1998. Diagnóstico de producción y consumo de la carne de conejo en la población de Xicotlán, Texcoco Edo. de México. Primer Congreso de Cunicultura de las Américas. 30-37.
- Gallouin, F. 1981. Mecanismos physiologiques de la reproduction. Etat endocrinien de la lapine après l'ovulation. *Cuniculture* 8 : 294-297.
- González-Mariscal, G. 1997. Regulación neuroendócrina del comportamiento reproductivo en la coneja. Seminario Internacional: Tópicos avanzados en reproducción animal. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 1-21pp.
- Goodman, R. L. and Karsch, F. J. 1981. A critique of the evidence on the importance of steroid feedback to seasonal changes in gonadotrophin secretion. *J. Reprod. Fert.* 30: Suppl 1-13.

- Grobner, M. A., P. R. Cheeke and N. M. Patton. 1988. The effect of 6-Methoxybenzoxazolinone (6-MBOA) on ovarian uterine weights in non-parous rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.* 8: 222-224.
- Hillier, R. J. and W. Perry. 1969. Effect of hydroponically produced oat grass on ration digestibility of cattle. *J. Anim. Sci.* 29: 4-6.
- Holt, J. A. 1989. Regulation of progesterone in the rabbit corpus luteum. *Biol. Reprod.* 40: 201-208.
- Hudson, R., G. González-Mariscal, C. Beyer. 1990. Chin marking behavior, sexual receptivity and pheromone emission in steroid-treated, ovariectomized rabbits. *Hormones and Behavior* 24: 1-13.
- Lincoln, G. A. 1984. Central effects of photoperiod on reproduction in the ram revealed by the use of a testosterone clamp. *J. Endocr.* 103: 233-241.
- Lukefahr, S. D. 1998. Producción de carne de conejo a pequeña escala ¿De vuelta a lo básico?. Primer Congreso de Cunicultura de las Américas. 17-29.
- Malpaux, B., J. A. Delgadillo y P. Chemineau. 1997. Neuroendocrinología del fotoperíodo en el control de la actividad reproductiva. Seminario Internacional: Tópicos avanzados en reproducción animal. Colegio de Postgraduados. México. 23-41 pp.
- Maertens, L., F. Luzi and G. Grilli. 1995. Effects of PMSG induced oestrus on the performances of rabbit does: a review. *World Rabbit Science* 5: 151-159.
- Martin, M. 1995. Fisiología y manejo reproductivo de la coneja en inseminación. *Cunicultura Octubre*: 247-250.
- Mathur, A. K., Srivastava, R. S., Rawat, P. S. and Kalra, D. B. 1989. Seasonal variation in the semen characters of soviet angora rabbit bucks. *An. Reprod. Sci.* 19: 293-298.
- McNeilly, A. S. 1987. Prolactin and the control of gonadotropin secretion. *J. Endoc.* 115: 1-5.
- McNeilly, A. S. and H. G. Friesen. 1978. Prolactin during pregnancy and lactation in the rabbit. *Endocrinology* 102: 1548-1554.
- McNitt, J. I. 1992. Endocrinological approaches for commercial rabbit production. *J. Appl. Rabbit Res.* 15: 364-397.

- McNitt, J. I. and G. L. Moody. 1992. The use vulva color as a breeding tool in the rabbitry. *J. Anim. Sci.* 70:35-38.
- Moody, G. L. and J. I. McNitt. 1988. Vulva color in rabbits as an indicator of probable reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 66 (Suplement 1): 62.
- Moret, B. 1980. Comportement d'oestrus chez la lapine. *Cuniculture* 159-161.
- Negus, N. C. and P. J. Berger. 1977. Experimental triggering of reproduction in a natural population of *Microtus montanus*. *Science* 196:1230-1231.
- Orstead, K. M., D. L. Hess and H. G. Spies. 1988. Pulsatile patterns of gonadotropins and ovarian steroids during estrus and pseudopregnancy in the rabbit. *Biol. Reprod.* 38: 733-743.
- Parez, V. 1992. Efets de l'utilisation de la PMSG sur la reproduction de la lapine. *Cuniculture* 108: 275-26.
- Pavois, V., J. Le Naour, O. Ducep, G. Perrin et J. Duperray. 1995. La guyostimulation: une méthode naturelle pour améliorer la receptivité des lapines allaitantes. *Cuniculture* 121:13-18.
- Raymundo, A. C. 1997. Influencia de la suplementación con germinados de avena como fuente de 6-Methoxibenzoxazolinona sobre parámetros reproductivos y producción lechera en conejas. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 63 p.
- Rebollar, P. G. 1993. Fisiología de la reproducción en el conejo macho. *In*: Control de la reproducción en el conejo. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp 21-32.
- Rebollar, P. G., J. M. Rodríguez y E. Ubilla. 1992. Influence of the parturition-insemination interval on the conception rate in rabbits artificially inseminated with fresh semen. *J. Appl. Rabbit Res.* 15: 407-411.
- Reed, T.E. 1979. Function of the female reproductive tract in domestic rabbits. *American Rabbit Breeders Association Official.* 1: 8-10.
- Reiter, R. J. 1980. The pineal and its hormones in the control of reproduction in mammals. *Endocr. Rev.* 1:109-131.

- Rodríguez, R. 1996. Recomendación práctica de una técnica de inseminación artificial en conejos, aplicada a granjas comerciales. Tercer Seminario Internacional de Cunicultura. COCICEMAC. Texcoco. Estado de México. 29 de abril-1 de marzo.
- Rodríguez, R., 1998. Anatomía y fisiología de la reproducción en el conejo. Primer Congreso de Cunicultura de las Américas.
- Rodríguez, R., M. Fallas L. y R. Rangel S. 1998. Variaciones estacionales reproductivas en conejas receptivas y no receptivas bajo un programa de inseminación artificial. Primer Congreso de Cunicultura de las Américas. 21-26.
- Sanders, E. H., P. T. Gardner, P. J. Berger and N. C. Negus. 1981. 6-Methoxybenzoxazolinone: A plant derivative that stimulates reproduction in *Microtus montanus*. Science 214:67-69.
- San Miguel, G. F. 1982. Evaluación del consumo de pasto hidropónico en borregos pelibuey de engorda. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México. 72 p.
- SAS. Institute. 1988. SAS/STAT. User's Guide Statics. Release 6.03. SAS Institute Inc., Cary. N. Y.
- Setty, S. L. and T. M. Mills. 1987. The effects of progesterone on follicular growth in the rabbit ovary. Biol. Reprod. 36: 1247-1252.
- Silva, A. 1996. Evaluación de la técnica de inseminación artificial en conejas sincronizadas con gonadotropina del suero de la yegua gestante (PMSG). Tesis de licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 65 p.
- Sittmann, D. B., W. C. Rollins, K. Sittmann and R. B. Casady. 1964. Seasonal variation in reproductive traits of New Zealand White rabbits. J. Reprod. Fert. 8: 29-37.
- Stern, J. E. and G. L. Vaughan. 1987. Seasonal changes in oestrogen receptor affinity in the domestic rabbit, *Oryctolagus cuniculus*. J. Reprod. Fert. 79: 15-20.
- Stoufflet, I. and M. Caillol. 1988. Relation between circulating sex steroid concentrations and sexual behavior during pregnancy and postpartum in the domestic rabbit. J. Reprod. Fert. 82: 209-218.

- Szendró, Zs. and Biro-Nemeth. 1991. Factors affecting results with artificial insemination of rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.* 14: 72-76.
- Tang, Ch., S. H. Chang, D. Hoo and K. H. Yanagihara. 1975. Gas chromatographic determination of 2(3)-benzoxazolinones from vereal plants. *Phytochemistry* 14: 2077-2079.
- Theau-Clément, M. et F. Lebas. 1994. Etude de l'efficacité de la Ciclogonine (PMSG) pour induire la réceptivité chez la lapine. *Cuniculture* 115: 5-11
- Theau-Clément, M. et J. L. Vrillon. 1989. Le point sur l'insemination artificielle. *Cuniculture* 87 : 141-149.
- Theau-Clément, M., B. Pujardieu y J. Bellereud. 1991. Influence des traitements lumineux du mode de reproduction et de l'état physiologique sur la productivité des lapines multipares. *Cuniculture* 100: 4-18.
- YoungLai, E. V., Pang, S. F. and Brown, G. M. 1986. Effects of different photoperiods on circulating levels of melatonin and N-acetylserotonin in the female rabbit. *Acta Endocrinologica* 112: 145-149.

VIII. APÉNDICE

Cuadro 1A. Efecto de la interacción entre días de suplementación – estación del año en la tasa de receptividad, tasa de partos y tamaño de camada al parto.

ESTACIÓN	Días de suplementación				Probabilidad
	8	6	4	0	
Tasa de receptividad					
Verano	0.70±0.09a	0.47±0.11a	0.48±0.10a	0.15±0.10b	0.031
Otoño	0.55±0.11a	0.72±0.10a	0.34±0.09b	0.40±0.11b	
Tasa de partos					
Verano	0.72±0.09	0.93±0.10	0.86±0.09	0.66±0.09	0.224
Otoño	0.81±0.10	0.88±0.09	0.74±0.80	0.86±0.09	
Tamaño de camada					
Verano	8.06±0.55	7.25±0.59	7.52±0.57	5.85±0.63	0.487
Otoño	8.48±0.67	8.41±0.55	7.91±0.57	7.76±0.64	

ab Valores con distinta literal en la misma fila indican diferencias significativas. $\alpha=0.05$

Cuadro 2A. Efecto de la interacción entre estación y días de suplementación con germinado de trigo sobre la tasa de receptividad, tasa de partos y tamaño de camada al parto.

ESTACIÓN	Días de suplementación				Probabilidad
	8	6	4	0	
Tasa de receptividad					
Verano	0.70±0.015	0.67±0.16	0.66±0.12	0.33±0.14	0.376
Otoño	0.70±0.12	0.77±0.10	0.48±0.09	0.54±0.11	
Tasa de partos					
Verano	0.60±0.15	0.89±0.16	0.67±0.12	0.50±0.11	0.473
Otoño	0.65±0.12	0.73±0.10	0.59±0.10	0.71±0.10	
Tamaño de camada					
Verano	7.33±1.0	8.50±0.87	8.50±0.78	5.50±01.0	0.253
Otoño	9.18±0.74	8.31±0.62	8.56±0.62	8.00±0.62	

Cuadro 3A. Tasa de partos y medias de cuadrados mínimos $\pm$ error estándar para el tamaño de camada al parto. Influencia de la receptividad sexual respecto al período de suplementación con germinado de trigo.

Días de suplementación		No. De inseminaciones	Número de partos	Tasa de partos (%)	Tamaño de camada al parto Media $\pm$ e. e.
8	R	33 (68.75) ¹	28	84.85a	8.60 $\pm$ 0.35a
	NR	15 (31.25)	6	40.00b	6.83 $\pm$ 0.77b
Probabilidad				0.002**	0.046*
6	R	33 (67.35)	30	90.91a	8.43 $\pm$ 0.40
	NR	16 (32.65)	11	68.75b	6.54 $\pm$ 0.66
Probabilidad				0.049*	0.188
4	R	28 (48.28)	26	92.86a	8.26 $\pm$ 0.51
	NR	30 (51.72)	15	50.00b	7.06 $\pm$ 0.67
Probabilidad				0.001**	0.160
Testigo	R	18 (34.62)	16	88.89a	7.56 $\pm$ 0.70
	NR	34 (65.38)	18	52.94b	6.33 $\pm$ 0.66
Probabilidad				0.010**	0.209

R = Receptivas; NR = No Receptivas

¹ Porcentaje de presentación

ab Valores con distinta literal en la misma columna son estadísticamente diferentes.

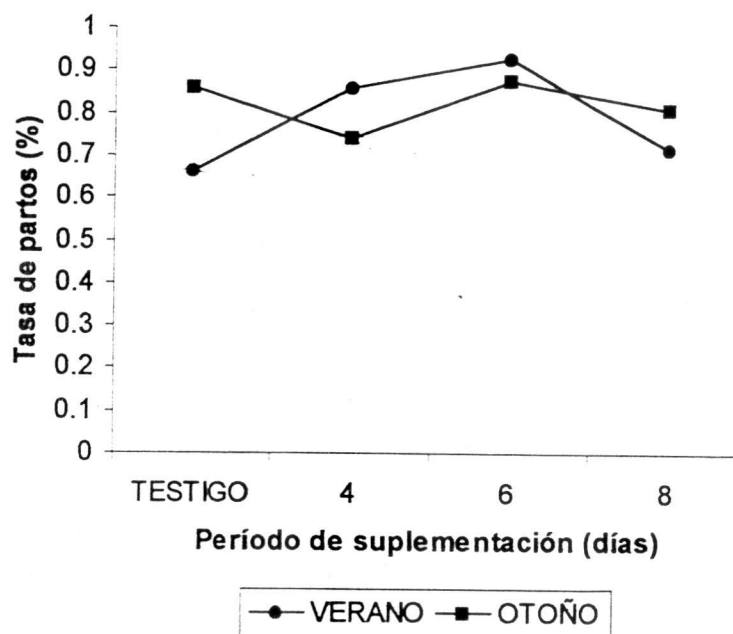


Figura 1A. Efecto de la interacción entre estación y días de suplementación sobre tasa de partos en conejas nulíparas, lactando y no lactando.

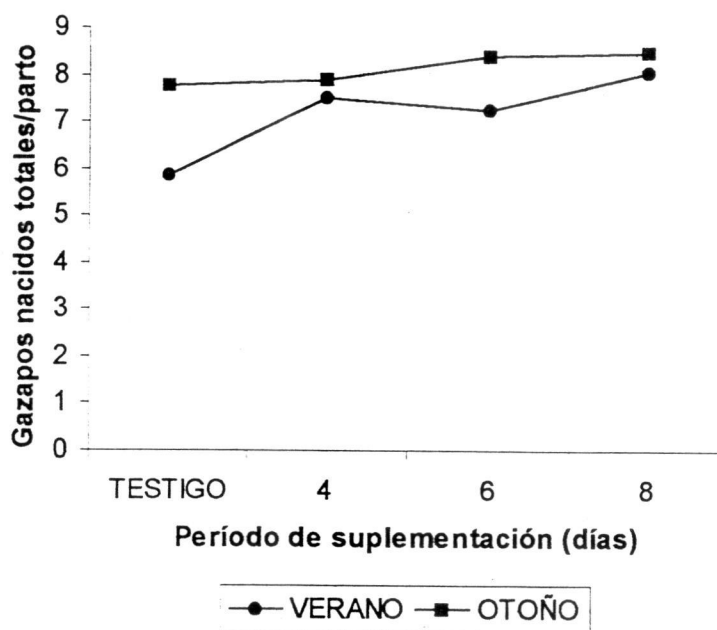


Figura 2A. Efecto de la interacción entre estación y días de suplementación sobre gazapos nacidos totales por parto en conejas nulíparas, lactando y no lactando.

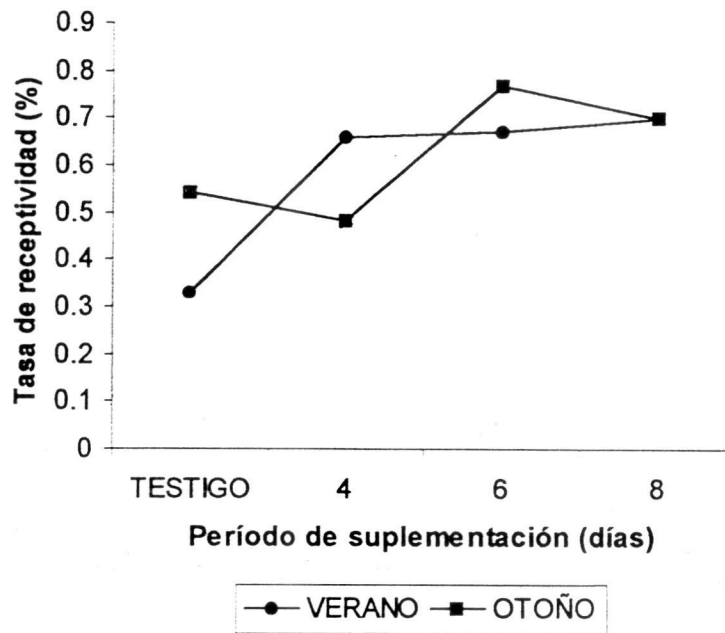


Figura 3A. Efecto de la interacción entre estación y días de suplementación sobre la tasa de receptividad en conejas lactando.

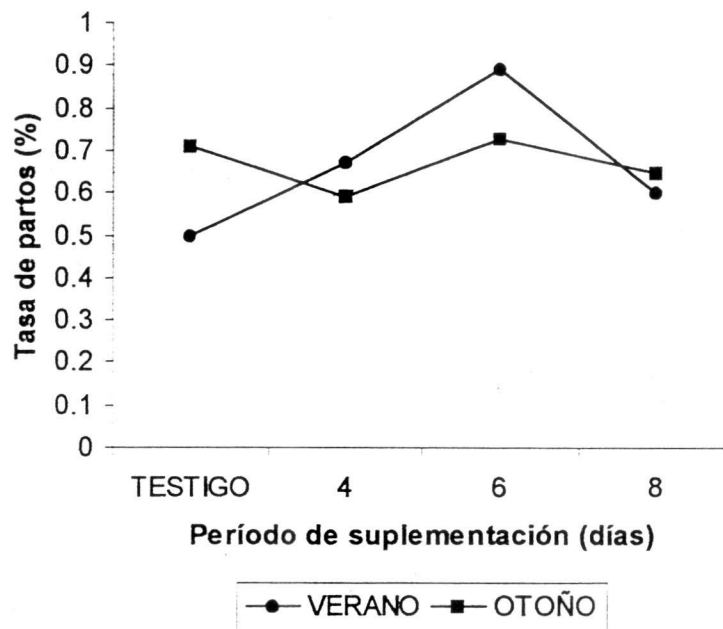


Figura 4A. Efecto de la interacción entre estación y días de suplementación sobre la tasa de partos en conejas lactando.

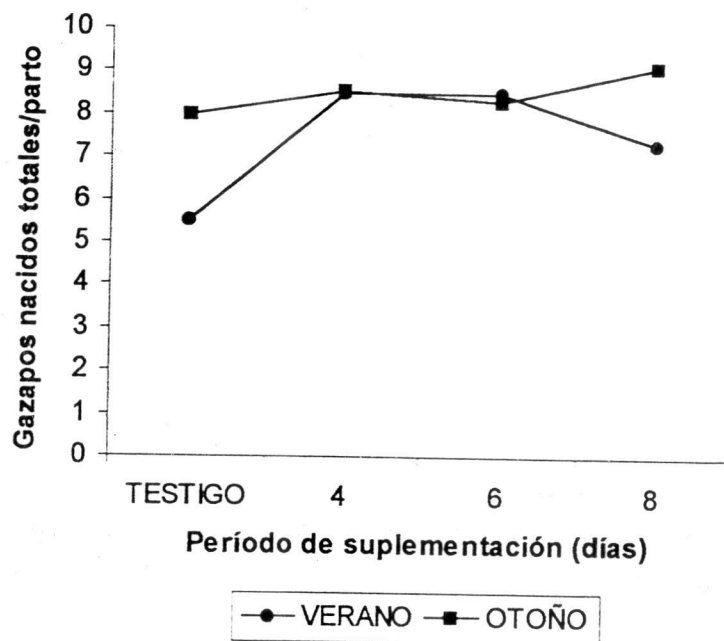


Figura 5A. Efecto de la interacción entre estación y días de suplementación sobre el número de gazapos nacidos totales al parto en conejas lactando.