



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA**

**“SELENIO Y VITAMINA E EN LA FERTILIDAD DE
OVEJAS PELIBUEY SINCRONIZADAS CON
PROGESTERONA”**

SILVIA FRAIRE CORDERO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2010

La presente tesis, titulada: **“Selenio y vitamina E en la fertilidad de ovejas Pelibuey sincronizadas con progesterona”**, realizada por la alumna: **Silvia Fraire Cordero**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR



CONSEJERO: _____
DR. JAIME GALLEGOS SANCHEZ

ASESOR: _____
DR. ARTURO PRÓ MARTÍNEZ

ASESOR: _____
DR. GUSTAVO RAMÍREZ VALVERDE

ASESOR: _____
DR. CARLOS M. BECERRIL PÉREZ

ASESOR: _____
MC. CARLOS SÁNCHEZ DEL REAL

Montecillo, Texcoco, México, Febrero de 2010

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACyT) por la beca-crédito otorgada, para la realización de mis estudios de maestría.

Al **Colegio de Postgraduados** por darme la oportunidad de realizar los estudios de maestría y poder conocer un poco más sobre la ciencia.

A la **Línea de Investigación Prioritaria (LPI-11) del Colegio de Postgraduados** por el financiamiento otorgado para la realización de esta investigación.

Al **Dr. Jaime Gallegos Sánchez**, por la oportunidad y la confianza que me brindó para trabajar dentro de su línea de investigación. Por las enseñanzas, consejos y apoyo en todos los sentidos.

Al **Dr. Arturo Pró Martínez**, por el tiempo invertido a la presente y por sus atinadas correcciones al trabajo de investigación.

Al **Dr. Gustavo Ramírez Valverde**, por su gran apoyo y atenta colaboración en el análisis de los datos, además de las sugerencias hecha a la misma.

Al **Dr. Carlos Miguel Becerril**, por ser una pieza importante para mí entrada al Colegio y por el tiempo invertido en la revisión de la presente tesis.

Al **M.C. Carlos Sánchez Del Real**, por el apoyo brindado para la facilitación del equipo necesario para la investigación y por las sugerencias hechas a la misma.

Al **Dr. Juan Salazar Ortíz**, por sus acertadas sugerencias y por el tiempo dedicado a la revisión de la misma.

A todos mis compañeros del Laboratorio de Ovinos y Caprinos (LaROCa), por su gran apoyo y amistad durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

DEDICATORIA

A **Dios** por darme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres **María y Adolfo**, que son las personas que más amo en el mundo, por su amor, apoyo y por haberme dado una familia maravillosa.

A mis hermanos **José Ángel y Javier**, por ser fuente de superación y por el amor que nos une a pesar de la lejanía.

A mis hermanas **Rosalva, Lourdes y Guadalupe**, por el cariño brindado, apoyo, confianza y seguridad. Son las mejores hermanas que pude haber tenido.

A **Bernabé Fco.**, por brindarme su amor, apoyo y por todos los momentos más felices de nuestras vidas, por ser más que un amigo y compañero.

CONTENIDO

	Página
ABREVIATURAS UTILIZADAS	III
ÍNDICE DE CUADROS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA OVINOCULTURA EN MÉXICO	3
2.2. CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS DE LA OVEJA	4
2.2.1. Regulación hormonal del ciclo estral	4
2.2.2. Sincronización de estros	5
2.2.2.1. Hormonas utilizadas en la sincronización de estros.....	6
2.2.2.1.1. Progesterona.....	6
2.2.2.1.2. Prostaglandina.....	7
2.2.2.1.3. eCG	8
2.2.3. Fertilidad	8
2.2.4. Prolificidad.....	8
2.3. LA NUTRICIÓN EN LA REPRODUCCIÓN	9
2.3.1. Nutrición en la fertilidad	10
2.4. SELENIO COMO MICRONUTRIENTE	12
2.5. VITAMINA E	14
2.6. ANTIOXIDANTES Y RADICALES LIBRES	16
2.6.1. Antioxidantes.....	16
2.6.2. Radicales libres.....	17
2.7. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SELENIO (GLUTATIÓN PEROXIDASA).....	18
2.8. SELENIO Y VITAMINA E EN LA REPRODUCCIÓN	21

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	27
4.1. LOCALIZACIÓN	27
4.2. ANIMALES.....	27
4.3. PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN Y TRATAMIENTOS	28
4.5. ALIMENTACIÓN	31
4.6. MANEJO DE LOS ANIMALES	33
4.7. MEDICIONES	35
4.8. CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA	35
4.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
5.1. INCIDENCIA DE ESTROS	38
5.2. INICIO Y DISTRIBUCIÓN DEL ESTRO	40
5.3. TASA OVULATORIA	43
5.4. RETORNO AL ESTRO	46
5.5. FERTILIDAD.....	48
5.6. FECUNDIDAD.....	52
5.7. PROLIFICIDAD.....	53
VI. CONCLUSIONES	56
VII. LITERATURA CITADA	57
VIII. ANEXOS	67

ABREVIATURAS UTILIZADAS

AD = Alimentación dirigida	NAD = Nicotinamida adenina dinucleótido oxidada
AMPc = Adenosin monofosfato cíclico	NADH = Nicotinamida adenina dinucleótido reducida
ARIES = Least cost and ration analysis programs for sheep	NADP = Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato oxidada
°C = Grados centígrados	NADPH = Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato reducida
CIDR =Dispositivo intra-vaginal liberador de progesterona	ng =Nanogramo
CL = Cuerpo lúteo	O⁻² = Superóxido de oxígeno
cm =Centímetro	OH = Hidroxilo
eCG = Gonadotropina corionica equina	P₄ = Progesterona
EM =Energía metabolizable	PF2α = Prostaglandina F2 alfa
Fe =Fierro	ppp =Partes por millón
FGA = Acetato de fluorogestona	PV =Peso vivo
FSH = Hormona folículo estimulante	RL =Radical libre
GnRH = Hormona liberadora de las gonadotropinas	RS = Tiol
GSH = Glutación reducido	SAS =Statistical analysis system
GSH-Px = Glutación peroxidasa	Se⁺⁰ = Selenio elemental
h =Hora	Se⁺⁴ = Selenito
H = Hidrogeno	Se⁺⁶ = Selenato
H₂O₂ = Peróxido de hidrógeno	Se⁻² = Selenuro
IGFs = Factores de crecimiento similares a la insulina	Se-VE = Selenio más vitamina E
Kg = Kilogramo	SNC = Sistema nervioso central
LH = Hormona luteinizante	T4 =Tiroxina
MAP =Acetato de medroxiprogesterona	TO =Tasa ovulatoria
Mcal =Mega calorías	UI =Unidades internacionales
mg =Miligramo	
mhz =Mega Hertz	
ml =Mililitro	
mm =Milímetro	
MS = Materia seca	
msnm =Metros sobre el nivel del mar	
N =Número	

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición de la dieta alta en energía ofrecida a ovejas Pelibuey.	31
Cuadro 2. Análisis proximal de la dieta alta en energía ofrecida a ovejas Pelibuey.	32
Cuadro 3. Composición de la dieta general del rebaño.	32
Cuadro 4. Análisis proximal del alimento general del rebaño.	33
Cuadro 5. Porcentaje de incidencia de estro en ovejas Pelibuey tratadas con Selenio y vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.	38
Cuadro 6. Tiempo de inicio del estro (Media \pm error estándar) en ovejas Pelibuey tratadas con Selenio y vitamina E, con eCG y con Alimentación Dirigida.	40
Cuadro 7. Distribución de estros en ovejas Pelibuey tratadas con Selenio y vitamina E, con eCG y con Alimentación Dirigida.	42
Cuadro 8. Tasa ovulatoria (Media \pm error estándar) en ovejas Pelibuey tratadas con Selenio y vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.	43
Cuadro 9. Porcentaje de retorno a estro en ovejas Pelibuey tratadas con Selenio y vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.	46
Cuadro 10. Porcentaje de fertilidad a primer inseminación en ovejas Pelibuey tratadas con Selenio y vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.	48
Cuadro 11. Porcentaje de ovejas paridas a primer inseminación tratadas con Selenio y vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.	51
Cuadro 12. Fecundidad en ovejas Pelibuey (Media \pm error estándar) tratadas con Selenio y vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.	52
Cuadro 13. Prolificidad en ovejas Pelibuey paridas a primer inseminación (Media \pm error estándar) tratadas con Selenio y Vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Representación esquemática del daño producido por los radicales libres en los fosfolípidos de las membranas celulares.	18
Figura 2. Reacciones en las que participa la glutatión peroxidasa	20
Figura 3. Aplicación de los tratamientos para evaluar la influencia de selenio y vitamina E en la fertilidad de ovejas Pelibuey, de acuerdo al protocolo de investigación.....	30

SELENIO Y VITAMINA E EN LA FERTILIDAD DE OVEJAS PELIBUEY SINCRONIZADAS CON PROGESTERONA

Silvia Fraire Cordero, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2010.

RESUMEN

El selenio y la vitamina E tienen funciones importantes para mantener la integridad de la membrana celular, razón por la cual se les relaciona con la reproducción. La finalidad fue evaluar el efecto de la administración subcutánea de Selenio y Vitamina E (Se-VE), de gonadotropina corionica equina (eCG) y una estrategia de alimentación (Alimentación Dirigida; AD) en la fertilidad de ovejas Pelibuey. La aplicación de Se-VE se realizó dos días antes del retiro de la progesterona y se observó la incidencia, inicio y distribución del estro a través del tiempo, tasa ovulatoria, porcentajes de retorno a estros, parición y fertilidad, así como la fecundidad y prolificidad. Se utilizaron 96 ovejas las cuales fueron agrupadas y asignadas al azar a uno de ocho tratamientos. Solo progesterona (P; T1; n=12), P+Se-VE (T2; n=12), P+eCG (T3; n=12), P+Alimentación dirigida (AD; T4; n=12), P+Se-VE+eCG (T5; n=12), P+Se-VE+AD (T6; n=12), P+eCG+AD (T7; n=12) y P+Se-VE+eCG+AD (T8; n=12). El análisis de los datos se realizó mediante pruebas de Chi cuadrada para las variables expresadas en conteos (%) y análisis de varianza, por el procedimiento de modelos lineales general (PROC GLM) del paquete estadístico SAS, para las variables de respuesta numéricas y comparación de medias por la prueba de Tukey. En incidencia de estros no se encontraron diferencias ($p>0.05$) con 99% de hembras en estro. El intervalo inicio del estro fue diferente ($p\leq 0.05$) para eCG con 28.92 ± 1.96 . No se observaron diferencias ($p>0.05$) para tasa ovulatoria, retorno al estro, fertilidad, parición, fecundidad y prolificidad para ninguno de los tratamientos. La aplicación de Se-VE, eCG y una estrategia de alimentación no aumenta la fertilidad de las ovejas Pelibuey.

Palabras Clave: Selenio, vitamina E, fertilidad, alimentación dirigida, ovejas Pelibuey.

SELENIUM AND VITAMIN E IN THE FERTILITY OF PELIBUEY EWES SYNCHRONIZED WITH PROGESTERONE

Silvia Fraire Cordero, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2010.

ABSTRACT

Both the Selenium and the vitamin E have functions important to maintain the integrity of the cellular membrane, reason for which they are related with the reproduction. The purpose was to evaluate the effect of the subcutaneous administration of Selenium and Vitamin E (Se-VE), of Equine Chorionic Gonadotropin (eCG) and a strategy of feeding (Directed Feeding; AD) in the fertility of Pelibuey ewes. The application of Se-VE was realized two days before the remove of the progesterone and the incidence, beginning and distribution of oestrus was observed through time, the ovulatory rate, percentage of return to oestrus, ewes lambing and fertility, as well as the fecundity and prolificacy. Ninety six ewes were used which were grouped and assigned at random to one of eight treatments. Only progesterone (P; T1; n=12), P+Se-VE (T2; n=12), P+eCG (T3; n=12), P+Directed Feeding (AD; T4; n=12), P+Se-VE+eCG (T5; n=12), P+Se-VE+AD (T6; n=12), P+eCG+AD (T7; n=12) and P+Se-VE+eCG+AD (T8; n=12). The data was analyzed by means of tests of Chi squared for the expressed variables in counts (%) and analysis of variance, by the procedure of linear models general (PROC GLM) of statistical package SAS, for the variables of numerical answer and comparison of means by the test of Tukey. In incidence of oestrous were not differences ($p>0.05$) with 99% of females in oestrus. The interval beginning of oestrus was different ($p\leq 0.05$) for eCG with 28.92 ± 1.96 . Differences were not observed ($p>0.05$) for ovulatory rate, return to oestrus, ewes lambing, fertility, fecundity and prolificacy for none of the treatments. The application of Se-VE, eCG and a strategy of feeding does not increase the fertility of the Pelibuey ewes.

Key words: Selenium, vitamin E, fertility, directed feeding, Pelibuey ewes.

I. INTRODUCCIÓN

En México, al igual que en otros países latinoamericanos, la productividad de las explotaciones ovinas es baja, ya que depende de la capacidad del productor, para hacer que las hembras queden gestantes al principio y al final de la época de cría. (Sagarpa, 2000). Es de gran importancia que las hembras queden gestantes durante la estación reproductiva; debido a que fallas en la reproducción durante esta época representan grandes pérdidas económicas.

Actualmente, existen técnicas que ayudan a incrementar la eficiencia reproductiva, obteniendo mayores beneficios económicos de las explotaciones ovinas, como son: la inducción o sincronización de estros y la ovulación mediante el uso de hormonas, como las prostaglandinas, la gonadotropina corionica equina (eCG) y los progestágenos, la transferencia y congelación de embriones, entre otras (Romo, 1999).

En el campo de la nutrición, las vitaminas y minerales, están relacionados con la reproducción, tal es el caso del magnesio, el cobre, el yodo, el zinc, el selenio y la vitamina E, entre otros. La deficiencia de selenio se ha asociado a problemas de retención de placenta e indirectamente en retraso del estro y disminución de la fertilidad (Underwood y Suttle, 2003). Las deficiencias de selenio son responsables de otros problemas reproductivos específicos que incluyen infertilidad, abortos, muertes neonatales, ovarios quísticos, entre otros más (McDowell, 1997; Cruz *et al.*, 1998).

La esencialidad del selenio, se basa en que es componente de la enzima glutatión peroxidasa. La cual funciona en reacciones celulares de oxido – reducción para proteger la célula del daño por oxidación provocado por los radicales libres y peróxidos, actuando así como un componente antioxidante (Rotruck *et al.*, 1973).

La vitamina E es un compuesto liposoluble, el cual tiene una función antioxidante en conjunto con selenio, para la protección de membranas celulares, sin embargo, también se le atribuyen otras funciones como: el control del metabolismo de carbohidratos, preparación y protección de la preñez, estimulante de la formación de anticuerpos e inhibición de la degeneración muscular (Combs, 1998).

Así, selenio y vitamina E protegen a los tejidos reproductivos por medio de su acción antioxidante, principalmente en tejidos como placentomas y ovarios, sugiriendo requerimientos específicos de estos elementos en estos tejidos (Kamada y Ikumo, 1997).

Los efectos de la aplicación de selenio y vitamina E en la reproducción han sido muy variables, probablemente debido a la variación en dosificación y métodos de aplicación. Por lo anterior, se planteó la siguiente hipótesis: la aplicación de selenio, vitamina E y una estrategia de alimentación dentro de un protocolo de sincronización con progesterona, por nueve días, en ovejas Pelibuey, permite mejorar las características reproductivas, principalmente la fertilidad (Segerson *et al.*, 1980; Kamada y Ikumo, 1997).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Situación Actual de la Ovinocultura en México

En la actualidad, la ovinocultura nacional no es capaz de satisfacer la cada vez mayor demanda de carne ovina en México. Los modelos productivos prevaletentes, en su gran mayoría son rebaños con índices de producción bajos y con poco interés y oportunidades de los productores en constituir empresas económicamente redituables, situación que favorece la importación masiva de ganado ovino y carne congelada.

La orientación actual de la ovinocultura mexicana es primordialmente hacia la producción de carne, obteniendo altos precios en pie y canal en comparación a otras especies pecuarias. Es de resaltar, que el consumo de carne ovina en México es casi exclusivamente en forma de barbacoa, siendo pocos los platillos cotidianos que empleen esta carne (Cuellar, 2003). Así, la demanda de carne en México para este fin es muy alta y redituable, pero siendo la producción del rebaño nacional insuficiente para cubrir esta demanda por lo que, aproximadamente 55% de la demanda es cubierta con importaciones de carne y ovinos en pie, regularmente de vientres de desecho y canales congeladas provenientes de países como Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos.

Según el reporte del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en el año 2009, la especie ovina ha tenido una gran demanda; en 2008 se reportó 7, 757, 267 cabezas de ganado, representando esta especie el 0.71% del inventario nacional ganadero. La distribución geográfica del ganado ovino abarca la mayoría de los estados de la república mexicana, siendo: Hidalgo (1, 485, 000) y Estado de México (1, 005, 466) los que mayores inventarios poseen, no se descartan las zonas tropicales (Oaxaca, 565 mil, y Veracruz 463 mil), zonas donde prevalecen los ovinos de tipo criollo y de pelo (SIAP, 2009).

2.2. Características Reproductivas de la Oveja

La oveja doméstica (*Ovis aries*) es una especie poliestrónica estacional, su reproducción es durante los días con menores horas luz, manteniéndose en anestro el resto del año (Hafez, 1989). Otros autores llaman a la oveja una reproductora de días cortos, porque su actividad sexual ocurre durante otoño e invierno, de esta manera el cambio natural de días largos a días cortos es seguido por una estimulación de la actividad reproductiva (Chimineau *et al.*, 1992).

2.2.1. Regulación hormonal del ciclo estral

Los ovinos de pelo suelen ser poco estacionales y manifiestan un comportamiento reproductivo constante a lo largo del año (Heredia *et al.*, 1991). La duración del ciclo estral en los ovinos es aproximadamente de 15 a 19 días, con un promedio de 17 días, consta de: crecimiento folicular conducente a la ovulación, con una duración de dos a tres días y el desarrollo y lisis del cuerpo lúteo con una duración de 13 a 14 días (Padilla *et al.*, 1988).

Las gonadotropinas, foliculo estimulante (FSH) y luteinizante (LH), son sintetizadas por la hipófisis anterior y estimulan el crecimiento folicular, la ovulación y la función lútea, como respuesta a la liberación de GnRH por el hipotálamo. El patrón de liberación de este factor está dado por un sinergismo entre el estradiol y la progesterona producidos por las gónadas (Karsch *et al.*, 1993). La FSH, es responsable del crecimiento y desarrollo folicular, disminuye su concentración 2 ó 3 días antes del estro (Pijoan, 1983). El incremento de estradiol, provoca la ovulación en la oveja y además, sensibiliza al sistema nervioso central (SNC) para la presentación de estro, el cual tiene una duración de 24 a 48 h (Caraty *et al.*, 2002).

El estradiol actúa mediante un mecanismo de retroalimentación positiva para inducir el pico preovulatorio de LH, el cual se presenta de 4 a 8 h después de iniciado el estro (Skinner *et al.*, 2001). Los niveles más bajos de progesterona durante el ciclo estral se aprecian durante los primeros tres días después del estro (0.1–0.2 ng ml⁻¹), a partir del cuarto día comienzan a elevarse llegando a su nivel máximo alrededor del día 10 y manteniéndose hasta por 5 ó 7 días, estas concentraciones comienzan a disminuir entre el día 14 y 15 del ciclo estral, regresando a concentraciones bajas el día del estro, seguido por la aparición del estro en las 24 horas siguientes.

El útero, después de un periodo de sensibilización a la progesterona, inicia una ligera secreción de PF2 α , ocasionando así una disminución en la producción de progesterona, esta caída en la producción de progesterona estimula una mayor liberación de la prostaglandina produciendo así la regresión total del cuerpo lúteo (Pijoan, 1983).

2.2.2. Sincronización de estros

La sincronización del estro en las ovejas consiste en aplicar tratamientos hormonales de manera que se logre una buena respuesta estral en un alto porcentaje de animales tratados, en un intervalo corto de tiempo para obtener un alto porcentaje de gestación. Algunas de las ventajas al sincronizar el estro es poder hacer un manejo efectivo de las cubriciones, facilita la aplicación de programas de inseminación artificial y, hay uniformidad de lotes de crías obtenidas, entre otras (Lubbadeh, 1986). Para ello, se han utilizado diferentes protocolos de sincronización del estro mediante el uso de progestágenos, agentes luteolíticos, hormona liberadora de gonadotropinas, gonadotropinas sintéticas, etcétera, todos ellos encaminados a sustituir la actividad hormonal natural de la hembra con el objetivo primordial de provocar el estro y la ovulación en un porcentaje alto de los animales tratados en un período corto de tiempo (Aisen, 2004).

Existen dos métodos generales para lograr la sincronización del estro. La sincronización del estro se puede lograr con una reducción de la duración de la fase luteal (regresión del cuerpo lúteo), mediante la aplicación exógena de prostaglandinas o sus análogos sintéticos, los cuales inducen la luteólisis. También, se puede lograr “alargando” artificialmente la fase lútea, utilizando esponjas o dispositivos impregnados con progestágenos. Sin embargo, este último tiene efectos negativos en la fertilidad (González-Bulnes *et al.*, 2005).

2.2.2.1. Hormonas utilizadas en la sincronización de estros

2.2.2.1.1. Progesterona

La progesterona (P_4) es secretada por las células del cuerpo lúteo (CL), por la placenta y las glándulas suprarrenales (adrenales). La P_4 prepara el endometrio para la implantación y mantenimiento de la preñez, al incrementar la actividad de las glándulas uterinas e inhibir la motilidad del miometrio. Altos niveles de P_4 inhiben el pico ovulatorio de LH, de este modo es importante en la regulación del ciclo estral (De Alba, 1985).

El principio del método de tratamiento de los animales con P_4 exógena o con progestágenos sintéticos, es de inhibir el estro y la ovulación por un periodo de tiempo suficiente para permitir la regresión del CL (González-Bulnes *et al.*, 2005). Teóricamente, todos los animales iniciaran estro y ovularán luego del retiro de la progesterona o de los progestágenos.

Los progestágenos pueden administrarse por vía intramuscular u oral o en forma de implantes subcutáneos, pero en ovejas, lo más común es el uso de esponjas o dispositivos intra-vaginales (CIDRs; Gordon, 1997).

Gordon (1983) mencionó que luego del uso de esponjas intra-vaginales para sincronizar el estro en ovejas cíclicas durante la época de empadre, el porcentaje de ovejas en estro fue mayor de 95% y la tasa de concepción fue superior a 75%. Por lo general, el uso de progestágenos tiene resultados satisfactorios.

2.2.2.1.2. Prostaglandina

La PGF₂ α es el factor luteolítico que induce la regresión del cuerpo lúteo a través de la interrupción de la fase progestacional del ciclo estral, iniciando así un nuevo ciclo (Gordon, 1997; Amiridis *et al.*, 2005).

El control del pico preovulatorio de LH, ovulación y presentación del estro se pueden obtener mediante la luteolisis inducida con PGF₂ α o sus análogos sintéticos después del día 4 ó 5 del ciclo estral, ya que, el cuerpo lúteo inmaduro aun no es sensible a la acción de las prostaglandinas (Thimonier, 1981); por lo cual, se recurre a la utilización de dos inyecciones de PGF₂ con varios días de separación, o tratamientos combinados con progestágenos (Gordon, 1997).

Diversos investigadores han estudiado el potencial de PGF₂ α , en comparación con otro tipo de fármacos para la sincronización de estros. Por ejemplo, Godfrey *et al.* (1995) evaluaron el uso del CIDR y de PGF₂ α en ovejas, concluyendo que las hembras tratadas con CIDR presentaron el estro más rápido que los animales tratados con la PGF₂ α ($1,4 \pm 0,4$ y $2,9 \pm 0,4$ días, respectivamente). Sin embargo, no se observaron diferencias entre tratamientos en cuanto a porcentaje de pariciones.

2.2.2.1.3. eCG

La gonadotropina corionica equina (eCG), es una glucoproteína compleja encontrada en la sangre de las yeguas preñadas. Esta gonadotropina estimula el crecimiento de los folículos ovaricos y la formación del cuerpo lúteo (De Alba, 1985; Hafez, 1989). La eCG es capaz de provocar la aparición de un pico importante de estradiol, inducir la aparición del estro, del pico preovulatorio de LH, la ovulación y mejorar la fertilidad (Chimineau *et al.*, 1992).

La inyección de eCG 24 horas antes del retiro de esponjas vaginales con progestágeno, puede adelantar el momento de la ovulación. Dosis adecuadas de eCG mejoran la prolificidad, pero el uso de cantidades excesivas, ocasiona gestaciones múltiples, que aumentan mortalidad de corderos (Haresing, 1992). Así, la dosis de eCG para tamaño máximo de camada sin afectar otros factores, es muy variable para cada especie y dentro de ellas.

2.2.3. Fertilidad

Se define como el número de hembras gestantes del total de borregas expuestas al macho y se expresa en porcentaje (Valencia y González, 1993), al igual que en otras razas, está influenciada en gran medida por factores como: condición corporal del animal, nutrición, época del año, edad y calidad seminal (Heredia *et al.*, 1985; Valencia y González, 1993); de aquí, que se reporte que los intervalos de fertilidad oscilan de 70% a 90% siendo mayor durante estaciones correspondientes a épocas de lluvias.

2.2.4. Prolificidad

Es el número de corderos nacidos vivos por oveja. Esta variable tiene gran variación por efectos genéticos y ambientales (época de parto, número de parto, año de parto y tratamiento hormonal; Zamora *et al.*, 2004).

La oveja Pelibuey presenta prolificidad entre 1.3 y 1.4, lo cual es menor que otras razas como la Firmish Landrace y Romanov (González-Reyna *et al.*, 1991). Aunque la variabilidad de resultados es grande, reportándose en el trópico prolificidades de 1.19 a 1.49 corderos por parto (Galina *et al.*, 1996).

2.3. La nutrición en la reproducción

La relación entre nutrición y reproducción en rumiantes es compleja y los resultados observados son a menudo variables. La condición corporal, el nivel de alimentación y el estado fisiológico (pubertad, lactación, gestación) de las ovejas pueden influir en la eficiencia del sistema reproductivo (Gunn *et al.*, 1983).

Se han realizado numerosos estudios en la influencia de la alimentación en la reproducción y se han encontrado evidencias que indican que sus efectos se producen a nivel ovárico, posiblemente independientes de las concentraciones de gonadotropinas (GnRH, LH y FSH) más bien se relacionan con un incremento en los niveles sanguíneos de glucosa e insulina (Gutiérrez *et al.*, 1997; Scaramuzzi *et al.*, 2006).

La glucosa e insulina pueden influir en el aumento de la tasa de ovulación, ya que estas sustancias favorecen el desarrollo folicular. Algunos estudios han demostrado que niveles mayores de glucosa e insulina en sangre se relacionan con una mayor cantidad de folículos capaces de responder a la acción de gonadotropinas (Gutiérrez *et al.*, 1997). Así mismo, la glucosa y glucosamina estimulan la capacidad esteroidogénica de los folículos mediante un aumento en la actividad del factor de crecimiento similar a la Insulina (IGF-I), y sobre las señales endocrinas en el útero (desarrollo y calidad del embrión; Muñoz-Gutiérrez *et al.*, 2004).

Por otra parte, la insulina tiene un efecto mitogénico en las células de la granulosa cultivadas *in vitro* (Gutiérrez *et al.*, 1997). Sin embargo, todavía no se conocen con exactitud todos los mecanismos endocrinos implicados.

2.3.1. Nutrición en la fertilidad

La suplementación con concentrados energéticos o proteicos en el periodo justo antes de la inseminación está asociada a un incremento de la tasa de ovulación y del porcentaje de partos múltiples (O'Callaghan y Boland, 1999). A largo plazo, el nivel de alimentación determina el peso vivo y la condición corporal de las ovejas, mientras que a corto plazo una mejora del nivel nutricional por un aumento del consumo o de la calidad de los suplementos alimenticios suministrados en el periodo de la inseminación ("flushing"), está relacionada con un aumento en la entrada de nutrientes a nivel celular que estimulan la secreción de hormonas gonadotrópicas o bien actúan directamente sobre el ovario aumentando la producción de progesterona (Cox *et al.*, 1987).

O'Callaghan *et al.* (2000) destacan que, a diferencia de los monogástricos, los efectos nutricionales en la secreción de gonadotropinas en rumiantes son relativamente menores, a menos que la restricción alimenticia persista durante periodos prolongados de tiempo. También, observaron que ovejas que recibieron altos niveles de alimentación, dos veces las necesidades de mantenimiento, 2Mcal EM Kg⁻¹ durante las 5 semanas previas a la inseminación presentaron un mayor número de folículos grandes (>3mm) y concentraciones de progesterona más bajas que las alimentadas con niveles de 0.5 Mcal EM Kg⁻¹ ó 1.0 Mcal EM Kg⁻¹. Las concentraciones de estradiol no resultaron afectadas por el nivel de alimentación, mientras que la respuesta observada para las concentraciones de los factores de crecimiento IGF-I e IGF-II, fue variable.

La importancia de estos resultados estriba en que la progesterona, a través de un efecto de “retroalimentación negativa” puede reducir la frecuencia de pulsos de LH, además de jugar un importante papel en la maduración de los ovocitos y el desarrollo embrionario temprano. Por otro lado, cambios en los niveles de insulina inducidos por modificaciones en el nivel de alimentación están estrechamente relacionados con las concentraciones de IGF-I e IGF-II, lo que aumentaría un incremento en la sensibilidad de la enzima aromatasa a la FSH, produciendo mayor reclutamiento folicular, aumentando la capacidad esteroidogénica, crecimiento de los folículos ováricos y en consecuencia incrementar la tasa ovulatoria (Viñoles, 2003).

Es probable que el aporte de energía a corto plazo esté directamente involucrado en el crecimiento folicular. Downing y Scaramuzzi (1991) proponen que el efecto del “flushing” puede estar relacionado con una reducción en los niveles de atresia de la población de folículos que se encuentran en los estados finales de crecimiento y desarrollo. El momento en que un folículo potencialmente ovulatorio es más susceptible a la atresia es en los días 9-13 del ciclo estral que es cuando el “flushing” incrementaría la tasa de ovulación.

Haresing (1981) demostró que el “flushing” no afectó al número de folículos pequeños en los ovarios de ovejas alimentadas a un nivel de dos veces sus necesidades de mantenimiento y, por tanto, no influyó en el desarrollo folicular en las primeras fases. Sin embargo, la tasa de ovulación sí aumentaba por efecto del “flushing” al prevenir la atresia de los folículos más grandes.

Forcada *et al.* (1992) reportaron, que la implementación de un “flushing” alto en energía, seis semanas antes de la cubrición en ovejas Aragonesas adultas al inicio de la estación sexual, aumento ligeramente la fertilidad, tasa de ovulación y prolificidad, teniendo en este último 32% más corderos en el lote con un “flushing” alto. Además, el mayor efecto del “flushing” se produjo en ovejas de condición corporal intermedia.

La infusión única de una fórmula gluconeogénica inmediatamente antes de la exposición de las ovejas al carnero, dio como resultado un incremento en la tasa ovulatoria, estos resultados revelan el potencial que se tiene para modificar la tasa ovulatoria, a través de tratamientos cortos (Rodríguez-Iglesias *et al.*, 1996). Sin embargo, no siempre se consigue aumentar la tasa ovulatoria o la prolificidad, lo cual, puede atribuirse a la genética del animal (Trejo *et al.*, 2000).

2.4. Selenio como micronutriente

El selenio es necesario para estimular el desarrollo animal, está implicado en varios procesos metabólicos y en la reproducción. Investigaciones de tipo bioquímico, ubican al selenio como uno de los micronutrientes esenciales para los animales (McDowell, 1997).

El selenio tiene una función biológica relacionada con la vitamina E. Estudios realizados con selenio indican que hay más de treinta proteínas que contienen selenio. Diez de estas proteínas ya han sido caracterizadas, de las cuales ocho contienen selenio como selenocisteína (Silva *et al.*, 2000; Mercadal *et al.*, 2005).

El papel más importante del selenio es que forma parte de la enzima, Glutación peroxidasa (GSH-Px). Esta enzima asegura la destrucción del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) que se forma en las reacciones oxidativas respiratorias y que es tóxico.

Sin eliminación de peróxidos, las células musculares, pancreáticas, hepáticas y los glóbulos rojos de la sangre serían destruidos con rapidez (Rotruck *et al.*, 1973).

El selenio también actúa como catalizador para la producción de hormona activa tiroidea y es necesario para el funcionamiento del sistema inmune y reproductivo (Boggero y Castro, 2005).

La función más importante del selenio es como antioxidante, ya que actúa en el espacio extracelular, en citoplasma, en asociación con las membranas celulares y específicamente en el tubo digestivo (Miller *et al.*, 2001; Boggero y Castro, 2005).

Las selenoproteínas mejor estudiadas son, aparte de la ya comentada glutatión peroxidasa, las siguientes:

- ◆ *Tioredoxin reductasa*: se le atribuye una función principalmente inmunológica. Intervienen en varios procesos que van desde la reducción de ribonucleótidos hasta la regulación redox de las señales de citocinas (Arthur *et al.*, 2003).

- ◆ *Yodotironina deyodinasa*: se conocen tres isoformas, cataliza la deyodinación de la tiroxina (T4) y otras yodotironinas, regulando así la síntesis y degradación de las hormonas tiroideas.

- ◆ *Selenoproteína P*: proteína de gran potencia antioxidante que contienen más de doce residuos de selenocisteína. Se sintetiza en el hígado y se libera a la circulación, donde contribuye a proteger el endotelio de oxidantes producidos localmente. Es también una proteína transportadora de selenio.

- ◆ *Selenoproteína W*: se encuentra en músculo esquelético y miocardio. La pérdida de esta selenoproteína se asocia con la enfermedad del músculo blanco en ovejas, en la que se combina la deficiencia de selenio y vitamina E (Whagner, 2002; Mercadal *et al.*, 2005).

♦ *Selenoproteína de la cápsula espermática*: esta selenoproteína contiene más de una selenocisteína. Además, contiene seis secuencias Pro-Cys-Cys-Pro, con dieciocho a veinte residuos de cisteína, y veintitrés a veintisiete residuos en total, lo que da soporte estructural. Por lo que, al haber deficiencia de selenio hay pérdida de la estructura y se presentan anomalías en los espermatozoides (Silva *et al.*, 2000).

El selenio está ampliamente distribuido en la superficie de la tierra, encontrándose como selenato (Se^{+6}), selenito (Se^{+4}), selenio elemental (Se^0) y selenuro (Se^{-2}) (Neal *et al.*, 1987).

Según Gissel-Nielsen *et al.* (1984) el contenido de selenio en las plantas está asociado a la concentración de selenio en el suelo. La deficiencia de selenio es un problema en el continente americano, principalmente en países como Canadá, EUA y algunos de Sudamérica (Sanson, 1990; McDowell, 1997).

Los estudios publicados en México hasta el momento, revelan a la zona norte del país como selenífera y del altiplano hacia las costas como seleno-deficientes (Ramírez-Bibriesca *et al.*, 2001). Así, el déficit de selenio es uno de los principales factores para la presentación de enfermedades como necrosis hepática, retención placentaria, distrofia muscular o enfermedad del músculo blanco, entre otras (Mufarrege, 2002; Underwood y Suttle, 2003).

2.5. Vitamina E

La vitamina E es un compuesto liposoluble bajo el nombre de tocoferoles, en sus formas alfa, beta, gamma y delta tocoferoles y como tocotrienoles (alfa, beta, gamma y delta). Todos los compuestos a base de vitamina E se diferencian entre sí, por su absorción, contenido y potencia de dicha vitamina.

El α -tocoferol es la forma biológicamente más activa de la vitamina E. La vitamina E disponible en el mercado se encuentra en forma de acetato DL- α -tocoferol (Church *et al.*, 2003; Boggero y Castro, 2005).

La función biológica de la vitamina E consiste en el control de los procesos oxidativos a nivel de la membrana celular inhibiendo la formación de radicales libres de fosfolípidos. También tendría un efecto estabilizante de membrana por medio de una interacción fisicoquímica específica, la cual se llevaría a cabo entre las cadenas metílicas de α -tocoferol y el ácido araquidónico de los fosfolípidos que componen dicha membrana.

La vitamina E está distribuida en las membranas de las células, es un antioxidante soluble con una especificidad potencial por los sitios de peroxidación de lípidos, sin embargo, la función de la vitamina E está relacionada con varios factores en sistemas de defensa, principalmente como antioxidante, protegiendo la célula de efectos perjudiciales del estrés oxidativo (Combs, 1998).

Antioxidantes de la membrana: los más importantes son: los tocoferoles, las ubiquinonas y carotenoides también participan en esta función.

Antioxidantes solubles: los antioxidantes solubles incluyen NADPH y NADH, ácido ascórbico, glutatión reducido y otros como ácido úrico, tiol, tioredoxin, bilirrubina, polifenoides, y varias proteínas (cobre: ceruloplasmina, albúmina; hierro: transferrina, mioglobina).

Enzimas antioxidantes: las enzimas antioxidantes incluye superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa, tioredoxin reductasa, y catalasa (Combs, 1998).

La vitamina E también modula la síntesis de las prostaglandinas; en algunos tejidos una cantidad baja de vitamina E en el organismo modifica la actividad de la hialuronidasa aumentando la permeabilidad del tejido conjuntivo subcutáneo (particularmente en cerdos) y el endotelio de los capilares placentarios; de allí los trastornos ocasionados a nivel del aparato reproductor femenino (Boggero y Castro, 2005). También, se disminuye la producción de prostaglandinas por los microsomas de los músculos, los testículos y el bazo en tanto que aumenta su producción por las plaquetas (Church *et al.*, 2003).

La vitamina E cumple con otras funciones como: participación en la respiración celular en la cadena respiratoria, participación en la síntesis de la coenzima Q y en la síntesis y metabolismo de los ácidos nucleicos (Wang *et al.*, 2006).

2.6. Antioxidantes y radicales libres

2.6.1. Antioxidantes

El término antioxidante originalmente fue referido a una sustancia química que prevenía el consumo de oxígeno molecular (Martill, 1947). Los antioxidantes pueden formar parte de enzimas que directa o indirectamente protegen a las células contra los efectos adversos de numerosas drogas y sustancias carcinogénicas. Tienen la capacidad de disminuir la concentración de radicales libres en el organismo (Bendich, 1990).

Los antioxidantes pueden tener una función de enzima como: superóxido dismutasa, Se-catalasa, Se-glutatión peroxidasa o como compuestos biológicos no enzimáticos como la coenzima Q, el α -tocoferol (Vitamina E), ácido ascórbico (Vitamina C), vitamina A y β -carotenos, entre otros.

Los antioxidantes dietarios más ampliamente usados incluyen a la vitamina E, vitamina C, carotenoides, flavonoides, L-histidina y albúmina. La N-acetil-L-cisteína, es un antioxidante que ha ganado popularidad en años recientes por tener habilidad de evitar la proliferación de moléculas pro inflamatorias (Boon y Soon, 2004).

2.6.2. Radicales libres

Los radicales libres (RL) son átomos o grupos de átomos que tienen al menos un electrón no apareado, lo que hace que sea altamente reactivo (Barrett, 2005), tienden a asociarse a un electrón libre, por lo que son altamente tóxicos y capaces de reaccionar con diversas moléculas orgánicas, mecanismo por el cual provocan daños a nivel celular y tisular, causando alteraciones funcionales en moléculas como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (Toyokuni, 1999).

De la gran variedad de RL que se producen en el metabolismo celular, se puede mencionar al átomo de hidrógeno (H), superóxido de oxígeno ($O^{\cdot-}$), hidroxilo (OH), tiol (RS) (Halliwell, 1994; Ferrer *et al.*, 1999).

En la Figura 1 se puede observar una representación esquemática del daño producido por los radicales libres en los fosfolípidos de las membranas celulares. Los trazos negros representan enlaces saturados; los blancos insaturados; los círculos, las bases. Los radicales libres se fijan en diversos puntos de las cadenas y los “puentean” (forman enlaces cruzados), las desorganizan y las rompen (Giménez, 1993).

Con ello las estructuras fosfolipídicas de las membranas se desorganizan y destruyen, afectando además de la pared celular, las membranas citosólicas (mitocondrias, núcleo, etc.) con la siguiente pérdida de su funcionalidad y eventual ruptura, liberándose el contenido de los organelos y de la misma célula. La liberación de enzimas lisosómicas puede además potenciar el daño celular inducido por los radicales libres (Combs, 1998).

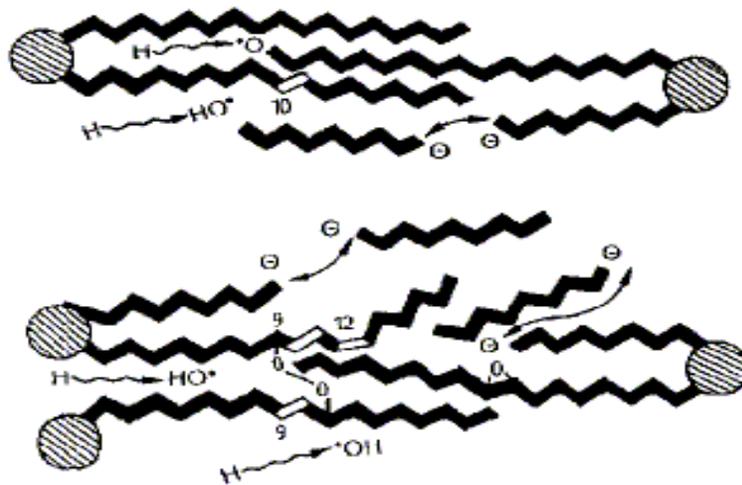


Figura 1. Representación esquemática del daño producido por los radicales libres en los fosfolípidos de las membranas celulares (Giménez, 1993).

2.7. Actividad biológica del Selenio (Glutación peroxidasa)

La más importante actividad biológica del selenio parece ser a través de la enzima glutación peroxidasa (GSH-Px; Arthur *et al.*, 2003), la cual junto con la vitamina E y algunos otros agentes antioxidantes son capaces de reducir los efectos peroxidativos en las células vivas. El selenio y la vitamina E previene la formación de peróxidos grasos sustituyendo un hidrogeno (H) a los radicales libres, antes de que continúe la formación de radicales libres a partir de ácidos grasos insaturados.

La concentración de selenio total varía grandemente de un tejido a otro y de especie a especie, por ejemplo, en eritrocitos humanos únicamente 10% del selenio está presente en GSH-Px. Comparado con 75% en ovinos y 100% en ratas (Jonsson *et al.*, 1969).

La GSH-Px se reconoce generalmente por su función antioxidante. Esta enzima de peso molecular de 88,000 daltons, tiene cuatro subunidades con cuatro átomos de selenio cada molécula (Jaramillo *et al.*, 2005). Existen, sin embargo, diferentes formas de esta enzima, las cuales funcionan en las membranas de diferentes sitios (citósólica, plasmática, intestinal y pulmonar), cada una quizá con especificidad al sistema antioxidante necesitado por este tejido (López *et al.*, 2003).

La GSH-Px representa además el 75% del selenio sanguíneo, estando contenida en el interior de los glóbulos rojos a los que se incorpora durante la eritropoyesis (Hill *et al.*, 1992). El hecho de que exista una fuerte correlación entre selenio sanguíneo y GSH-Px, y que su determinación en sangre sea rápida y sencilla, hace que esta enzima sea en la actualidad, una de las medidas indirectas más importantes en el diagnóstico de procesos carenciales (Thompson *et al.*, 1980; Oblitas *et al.*, 2000).

La GSH-Px dependiente de selenio desempeña un papel central en los procesos de óxido-reducción celulares, al catalizar las reacciones que ayudan a destruir tanto el peróxido de hidrógeno como a los peróxidos de ácidos grasos (hidroperóxidos) que se generan en el organismo. En la figura 2 se indican las reacciones celulares en las que participa la GSH-Px.

Los peróxidos son reducidos mediante la reacción general catalizada por la GSH-Px, en la cual el glutatión reducido (GSH) actúa como donador de hidrógeno; a continuación el glutatión oxidado se reduce de nuevo, es decir, es regenerado por reacciones subsiguientes, mediante una reacción en la que participan la glutatión reductasa y un donante de hidrógeno (NADPH+H⁺) (Maas, 1990).

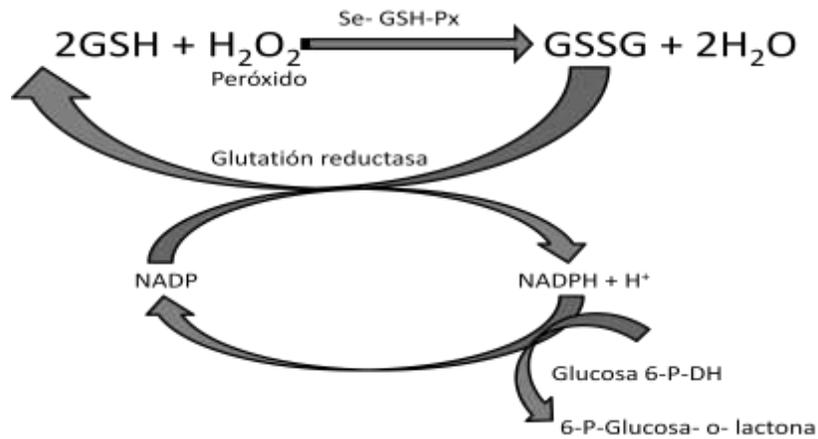


Figura 2. Reacciones en las que participa la glutatión peroxidasa (Maas, 1990).

Los mecanismos antioxidantes pueden ser clasificados dentro de dos grandes grupos:

- ♦ *Grupo enzimático:* catalizan las reacciones de los radicales libres, estando integrado por la superóxido dismutasa (mitocondrial y plasmática), la catalasa, la glutatión peroxidasa; todas ellas actúan acelerando las reacciones por las cuales los radicales libres se reducen rápidamente a agua.

- ♦ *Grupo no enzimático:* está constituido por determinadas macromoléculas como la transferrina, ceruloplasmina o albúmina al actuar como antioxidantes ligándose a determinados elementos de transición, dentro de los cuales el Fe es el más importante.

Finalmente compuestos como ascorbatos solubles en agua, glutatión, uratos, vitamina E, ubiquinonas y β -caroteno actúan rompiendo las cadenas de peroxidación una vez que éstas han sido iniciadas (Cisneros, *et al.*, 1997).

2.8. Selenio y Vitamina E en la reproducción

A pesar de la función del selenio, en los procesos reproductivos no está bien establecido, hay evidencias de que los animales presentan mayores necesidades de selenio durante la etapa reproductiva, puesto que en las rutas metabólicas de los organismos en desarrollo, con un alto número de células en mitosis, se originan gran cantidad de radicales libres como productos intermediarios. Cuando estos peróxidos no son destruidos por medio de la GSH-Px se producen alteraciones en las membranas celulares principalmente el rompimiento de membrana que compromete la integridad funcional de proteínas, hidratos de carbono, lípidos y ácidos nucleídos, con lo cual hacen que las rutas metabólicas (glucólisis, ciclo de Krebs y cadena de transporte de electrones) se perturben fácilmente y ocurran gran cantidad de disturbios bioquímicos cuya consecuencia final será la incapacidad del animal para mantener la función reproductiva, entre otros procesos (Forero, 2004; Koyuncu y Yerlikaya, 2007).

Las células del organismo necesitan comunicarse entre sí con el fin de regular y coordinar su desarrollo, diferenciación y división. Las hormonas casi nunca actúan directamente en la maquinaria celular, sino que deben unirse a receptores específicos. La ubicación de los receptores en la célula blanco va a estar directamente relacionada con la naturaleza química de las hormonas y su capacidad para atravesar la membrana celular (De Alba, 1985).

La reacción entre hormona y receptor no sólo proporciona especificidad, sino que también es el determinante inicial de la magnitud de la acción hormonal.

La cantidad de receptores ocupados por la hormona es el componente fundamental que rige la magnitud de la acción de la hormona en la célula blanco (Pérez *et al.*, 2005). Estas moléculas receptoras de las superficies de las células que responden a la acción hormonal, pueden ser inactivadas durante la peroxidación lipídica.

Investigaciones realizadas en la década de los 50s determinaron que la mayoría de estos efectos dañinos causados por los peróxidos pueden ser atribuidos a la formación de radicales libres. En roedores, por ejemplo, la involución del cuerpo lúteo (CL) ha sido relacionada con un incremento de la producción de este tipo de radicales por parte del ovario, principalmente superóxido (O_2^-) y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2). En consecuencia, estas moléculas pueden generar daño en las membranas plasmáticas de las células luteales, provocando otras alteraciones como:

- ◆ Pérdida de los receptores para gonadotropinas.
- ◆ Disminución de la formación de adenosin-monofosfato cíclico (AMPC).
- ◆ Disminución de la capacidad esteroideogénica del CL durante la involución (Matheus y López, 2008).

El aporte de selenio exógeno, como correctivo de la deficiencia, disminuye significativamente la probabilidad de presentación de este tipo de problemas. La acción antioxidante de la glutatión peroxidasa, se refleja incluso en el proceso mismo de la ovulación, protegiendo al ovocito del daño oxidativo generado por los procesos intrínsecos de la ruptura folicular y del acción de enzimas proteolíticas presentes en el lumen del cuerno uterino.

Adicionalmente, el selenio es capaz de inducir la migración de leucocitos en general, hacia sitios donde se presenten alteraciones de las membranas celulares por acción de radicales libres, funcionando como un factor quimiotáctico para las células de defensa del organismo (O'Callaghan y Boland, 1999).

Diversos estudios reportan que una deficiencia de selenio está asociada con problemas de infertilidad en machos al inhibir la secreción de testosterona y ocasionar una pérdida de la integridad estructural de la cola del espermatozoide, con la consecuente pérdida de motilidad (Matheus y López, 2008); y en hembras, al bloquear la expresión de receptores a LH, inhibir la producción de óxido nítrico que es una sustancia esteroidogénica que afecta principalmente la síntesis de estradiol y ocasionar una mayor incidencia de retenciones placentarias y la esteroidogénesis del ovario (Grela y Sembratowicz 1997; Kamada y Ikumo, 1997), así como el incremento en la presentación de ovarios quísticos, estros “silenciosos” o erráticos, aumento de días abiertos, disminución en la tasa de crecimiento y aumento de susceptibilidad a infecciones de diferente etiología (Cruz *et al.*, 1998; Oblitas *et al.*, 2000).

Wu *et al.* (1973) observaron que ratas que recibieron dietas selenodeficientes e hijos de ratas alimentadas con dietas selenodeficientes tuvieron baja producción de espermatozoides, además de un incremento en la producción de espermatozoides con anomalías y baja motilidad, y que el hecho de suplementar vitamina E (acetato de alfa-tocoferol, 100 ppp) no evitó dicho trastorno.

Datos reportados por Segerson y Ganapathy (1980) sugirieron que el aumento en la fertilización de óvulos en borregas tratadas con selenio más vitamina E se debió a un incremento en el número de contracciones uterinas hacia el oviducto en el tiempo de monta, posiblemente debido a que más espermatozoides fueron transportados al oviducto.

Sin embargo, Segerson *et al.* (1980) encontraron que el selenio es más importante que la vitamina E para afectar la motilidad uterina y la velocidad de contracción, pero aparentemente no influye en el número de picos eléctricos por minuto o la amplitud media de esos picos.

Mohammed *et al.* (1991) llevaron a cabo un estudio para correlacionar valores de selenio en sangre y el riesgo de presentación de quistes ováricos en vacas Holstein, encontrando que animales con niveles por arriba de 169 ng ml^{-1} corrían riesgo doble de presentar quistes ováricos comparados con los que presentaban niveles menores de 108 ng ml^{-1} de selenio en sangre.

Balicka-Ramisr *et al.* (2005) observaron que en ovejas, hay mayor mortalidad de corderos (12.4%), que en aquellas ovejas a las que se les aplicó una dosis de 5 ml de selenito de sodio al 1% en dos dosis al día 10 después de la cubrición y 14 días antes del parto.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La productividad de los ovinos depende de, entre otros factores, de su desempeño reproductivo, por lo que el sistema a implementarse en los rebaños ovinos, debe ser lo más intenso posible, puesto que son los propios animales los que establecen sus ciclos productivos, lo que el hombre hace, es disminuir la cantidad de animales improductivos (Palacios *et al.*, 2004).

En la actualidad, existen técnicas que permiten el manejo del ciclo estral, como es el caso de la sincronización de los eventos reproductivos por medios hormonales como las prostaglandinas, esponjas o dispositivos impregnados de progesterona o un análogo de ésta. Y pueden ser reforzados con estrategias de alimentación en ciertas etapas del animal.

A pesar de la amplia adopción de los métodos de sincronización de estros con progestágenos, la fertilidad de las ovejas inseminadas después de sincronizar el estro, es muy variable. En algunos casos, los estudios reportan disminución de la fertilidad por efectos de motilidad espermática, ya que los espermatozoides pierden la capacidad de atravesar el cérvix y llegar al útero a fecundar al óvulo, u óvulos de mala calidad, por lo que no se logra mantener una gestación (Kusina *et al.*, 2000). Estos métodos actualmente no son muy efectivos, por lo cual, es importante buscar otras formas para mejorar la fertilidad.

El selenio es un oligoelemento que, a través de su incorporación en la enzima glutatión peroxidasa, y complementado con la vitamina E, desempeñan un papel muy importante en los mecanismos celulares de defensa contra peróxidos (Underwood y Suttle, 2003; Mercadal *et al.*, 2005).

Este hecho ha motivado que, este micromineral, sea relacionado con funciones biológicas tan importantes como la inmunidad, el crecimiento y la reproducción (McDowell, 1997).

En este último sentido, se ha estudiado la interrelación del selenio con la función reproductiva en diversas especies y sistemas de explotación. O'Callaghan y Boland (1999) mencionaron que el selenio mediante la acción antioxidante de la glutatión peroxidasa, protege al ovocito del daño oxidativo generado por los procesos intrínsecos de la ruptura folicular y de la acción de enzimas proteolíticas presentes en el lumen del cuerno uterino, por lo que ayuda a mantener la integridad de la membrana, logrando un óvulo de mejor calidad para ser fecundado.

El objetivo fue mejorar la fertilidad de la oveja Pelibuey con un protocolo de sincronización de estros por nueve días con dispositivos intra-vaginales impregnados con progesterona y la aplicación de selenio y vitamina E subcutánea dos días antes del retiro de la progesterona, una alimentación dirigida alta en energía, suministrada tres días antes del retiro de los dispositivos y la eCG, con la hipótesis que la aplicación de selenio, vitamina E y una estrategia alimentación en ovejas Pelibuey con estro sincronizado mejoran la fertilidad.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

El presente estudio se realizó durante los meses de septiembre de 2008 a marzo de 2009 en las instalaciones del Laboratorio de Ovinos y Caprinos (LaROCa) del Colegio de Postgraduados, ubicado en el Km 36.5 de la Carretera Federal México-Texcoco en Montecillo, Municipio de Texcoco, estado de México; el cual se localiza geográficamente a 19° 29' N y 98° 53' O, a 2250 msnm. El clima predominante se describe con la fórmula climática de tipo Cb (wo) (w) (i) g, que corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y precipitación anual de 636.5 mm, con una temperatura media anual de 15.2°C (Köppen, modificado por García, 1988).

4.2. Animales

Se utilizaron 96 ovejas de pelo primíparas de la raza Pelibuey, con peso vivo (PV) promedio de 33.91 ± 0.3 kg y 8 meses de edad. Las hembras tenían una condición corporal entre 3.5–4.0 en escala de 1 a 5 (Russel *et al.*, 1969). La alimentación fue a base de una dieta balanceada, la cual se detalla en páginas siguientes (Cuadro 1 y 4). Antes de iniciar la fase experimental las ovejas fueron desparasitadas con Closantil 5% ® (60 mg de closantel, según las indicaciones del Laboratorios Chinoin), se vitaminaron con 500,000 UI de vitamina A, 75,000 UI de vitamina D₃ y 50 UI de vitamina E (Vigantol®, laboratorios Bayer) y se vacunaron con Bobac 8®, (Laboratorios Intervet) para protegerlas contra las principales enfermedades clostridiales. Las ovejas estuvieron alojadas en corrales provistos de agua, alimento y sales minerales† a libre acceso.

4.3. Protocolo de sincronización y tratamientos

Tratamientos

En la presente investigación se evaluaron ocho tratamientos, los cuales se describen a continuación:

Tratamiento 1	P	Aplicación de dispositivo intra-vaginal con 0.3 g de progesterona (CIDR®).
Tratamiento 2	P+Se-VE	Progesterona y aplicación de selenio más vitamina E.
Tratamiento 3	P+eCG	Progesterona y aplicación de 300 UI de eCG.
Tratamiento 4	P+AD	Progesterona y alimentación dirigida alta en energía.
Tratamiento 5	P+Se-VE+eCG	Progesterona y la aplicación de selenio, vitamina E y eCG.
Tratamiento 6	P+Se-VE+AD	Progesterona y la aplicación de selenio, vitamina E y alimentación dirigida
Tratamiento 7	P+eCG+AD	Progesterona y la aplicación de eCG y alimentación dirigida.
Tratamiento 8	P+Se-VE+eCG+AD	Progesterona y la aplicación de selenio, vitamina E, eCG, y alimentación dirigida.

CIDR: Dispositivo intra-vaginal liberador de progesterona

eCG: Gonadotropina corionica equina

Protocolo de sincronización

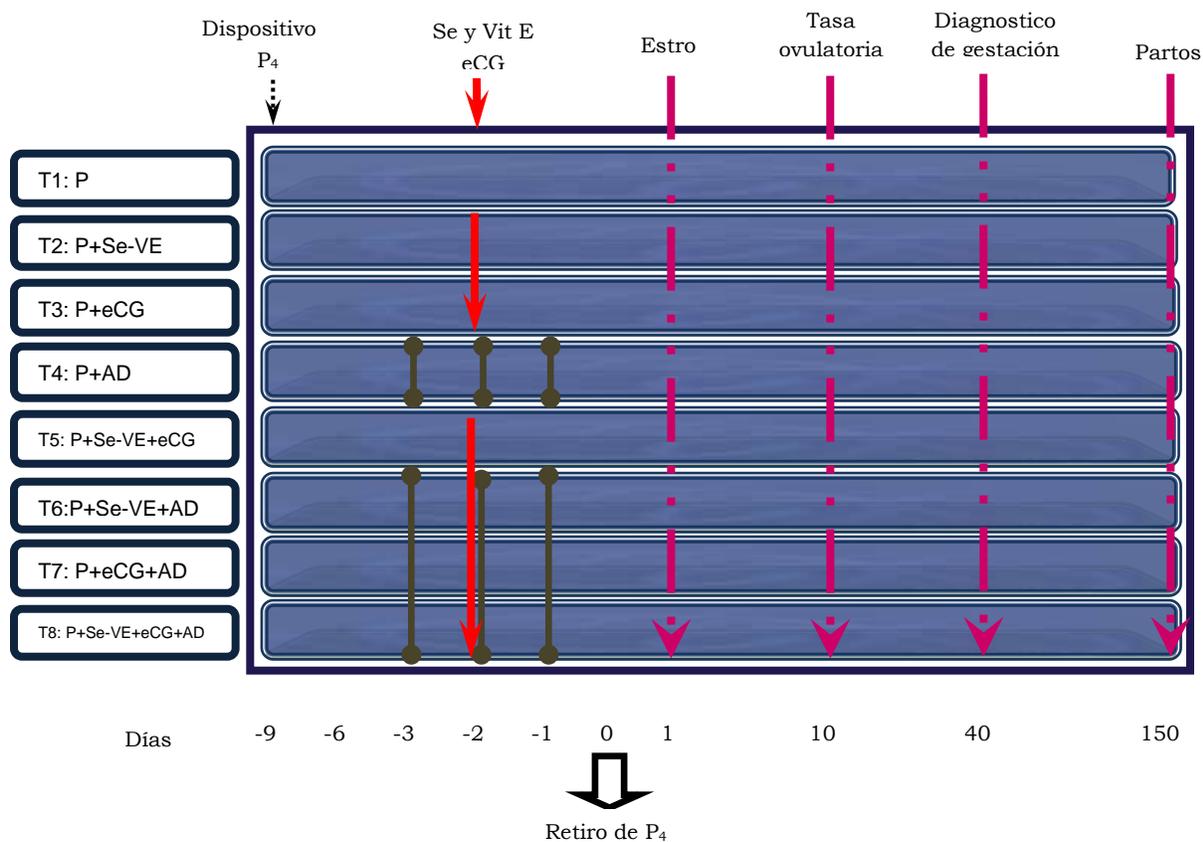
El estro de las ovejas se sincronizó, mediante la aplicación de un dispositivo intra-vaginal con 0.3 g de progesterona (CIDR® Laboratorios Pfizer) el cual estuvo colocado durante 9 días. Durante este periodo se realizó una revisión diaria a cada oveja, para verificar la presencia del dispositivo.

Tres días antes del retiro del dispositivo con progesterona, se les aplicó a todas las ovejas 1 ml de un análogo de prostaglandina F2 α (5 mg de dinoprost, Lutalyse®, Laboratorios Pharmacia Animal Health) con la finalidad lisis cualquier cuerpo lúteo presente y de esta manera, homogenizar el estado del ciclo estral. Simultáneamente, las ovejas fueron pesadas para conocer la dosis adecuada de selenio y vitamina E por oveja. Así mismo se inició con el suministro de una alimentación dirigida, proporcionada a razón de 2.4 kg por animal, distribuida dos veces al día con 2.9 Mcal EM Kg⁻¹ de MS (Cuadro 3).

Dos días antes del retiro de la progesterona se aplicaron 300 U.I. de eCG (Folligon®, Laboratorios Intervet), para estimular el crecimiento, desarrollo y maduración de los folículos y la dosis adecuada de selenio y vitamina E (MuSe® Laboratorios Schering-Plough) a los animales correspondientes según tratamiento. El día 0 del protocolo de investigación, se procedió a remover los dispositivos de progesterona (Figura 3).

4.4. Dosis de Selenio y Vitamina E

La aplicación subcutánea de selenio y vitamina E, fue a dosis de 1 ml/50 Kg PV. El producto utilizado (MuSe®) contenía por cada mililitro, 10.95 mg de selenito de sodio; equivalente a 5 mg de selenio y 50 mg (68 UI) de vitamina E (acetato de d-alfa tocoferol), según etiqueta. En promedio se aplicó 0.66 ± 0.01 ml oveja⁻¹, del producto MuSe®, lo que equivale a 7.23 ± 0.11 mg de selenito de sodio; ó 3.3 ± 0.1 mg de selenio y 33 ± 0.50 mg (45 ± 0.1 UI) de vitamina E.



Alimentación Dirigida con 2.9 Mcal EM/Kg MS por 3 días.



Aplicación subcutánea de selenio y vitamina E, MuSe® 1ml/50 kg PV.

Aplicación intramuscular de 300 UI de eCG/animal.

Figura 3. Aplicación de los tratamientos para evaluar la influencia de selenio y vitamina E en la fertilidad de ovejas Pelibuey, de acuerdo al protocolo de investigación.

4.5. Alimentación

Las ovejas de los tratamientos con alimentación dirigida recibieron una dieta balanceada alta en energía (Cuadros 1 y 2), proporcionada a razón de 2.4 kg animal⁻¹ distribuida dos veces al día, durante tres días. El resto de ovejas recibieron 1.4 kg animal⁻¹ de la dieta general del rebaño, distribuida dos veces al día (Cuadro 3 y 4).

Cuadro 1. Composición de la dieta alta en energía ofrecida a ovejas Pelibuey.

Ingrediente	Materia Seca (%)
Maíz rolado	34
Heno de alfalfa	25
Heno de avena	10
Pasta de soya	6.5
Salvado de trigo	6.0
Melaza	6.0
Cascarilla de soya	5.0
Gluten de maíz	3.0
Aceite de soya acidulado	2.0
Minerales †	1.5
Fosfato dicálcico	0.5
Carbonato de calcio	0.5

† Vitalal Reproductor®, Servicios Especializados en Producción Animal. Cada 1000 g contiene: calcio, 8.30%; fósforo, 12.0%; magnesio, 4.0%; sodio, 17.42%; cloro, 26.91%; potasio, 0.319%; azufre, 530 ppm; manganeso, 2,000 ppm; hierro, 2,622 ppm; zinc, 4,000 ppm; cobre, 500 ppm; yodo, 100 ppm; selenio, 30 ppm; cobalto, 40 ppm; vitamina A, 100,000 UI; vitamina D, 25, 000 UI y vitamina E 100 UI.

El programa utilizado para formular la dieta fue ARIES (1997). La composición del alimento se determinó mediante análisis proximal el cual se muestra en los Cuadros 2 y 4 para ambas dietas proporcionadas a los animales.

Cuadro 2. Análisis proximal* de la dieta alta en energía ofrecida a ovejas Pelibuey.

Elemento	Base húmeda (%)	Base seca (%)	Análisis calculado
Materia Seca	94.32	100.00	89.34
Humedad	5.68	0.00	10.66
Proteína Cruda	15.93	16.89	16.17
Fibra Cruda	12.56	13.12	13.30
Cenizas	7.90	8.62	7.35
Extracto Etéreo	3.06	3.25	4.35
Energía Metabolizable		2.9 Mcal kg ⁻¹	2.8 Mcal kg ⁻¹

* Laboratorio de Nutrición, Depto. De Zootecnia, UACH, Chapingo, Méx.

Cuadro 3. Composición de la dieta general del rebaño.

Ingrediente	Materia Seca (%)
Heno de avena	40.0
Maíz rolado	16.0
Salvado de trigo	14.0
Rastrojo de maíz	10.0
Cascarilla de soya	9.0
Pasta de soya	8.5
Minerales †	1.0
Ortofosfato	0.5
Carbonato de calcio	1.0

† Vitasal Reproductor®, Servicios Especializados en Producción Animal. Cada 1000 g contiene: calcio, 8.30%; fósforo, 12.0%; magnesio, 4.0%; sodio, 17.42%; cloro, 26.91%; potasio, 0.319%; azufre, 530 ppm; manganeso, 2,000 ppm; hierro, 2,622 ppm; zinc, 4,000 ppm; cobre, 500 ppm; yodo, 100 ppm; selenio, 30 ppm; cobalto, 40 ppm; vitamina A, 100,000 UI; vitamina D, 25, 000 UI y vitamina E 100 UI.

Cuadro 4. Análisis proximal* del alimento general del rebaño.

Elemento	Base húmeda (%)	Base seca (%)	Análisis Calculado
Materia Seca	94.47	100.00	89.48
Humedad	5.53	0.00	10.52
Proteína Cruda	12.86	13.61	13.46
Fibra Cruda	9.37	9.93	10.07
Cenizas	4.24	4.96	4.23
Extracto Etéreo	2.17	2.30	3.08
Energía Metabolizable		2.4 Mcal kg ⁻¹	2.5 Mcal kg ⁻¹

* Laboratorio de Nutrición, Depto. De Zootecnia, UACH, Chapingo, Méx.

4.6. Manejo de los animales

Detección del estro

La detección de estros se llevó a cabo en todas las ovejas a partir de las 12 horas posteriores al retiro de los dispositivos impregnados con progesterona. Realizándose detecciones cada 4 horas hasta el momento que presentaron estro, para ello se utilizaron carneros enteros provistos de un mandil para evitar la cópula. Se determinó que una oveja mostró estro si permitía la monta del macho quedándose totalmente inmóvil. Las ovejas detectadas en estro se separaron e identificaron para posteriormente ser inseminadas 18 horas después de detectado este comportamiento por la técnica de laparoscopia.

Inseminación intrauterina

La inseminación artificial fue por vía intrauterina, el semen fue depositado con una pistola en los cuernos uterinos de la oveja. Se utilizó 0.25 ml de semen fresco diluido con una concentración de 230×10^6 espermatozoides por ml, previo a esto se hizo la colecta del mismo y la evaluación correspondiente.

La preparación de los animales para la inseminación artificial por laparoscopia, fueron privadas de agua y comida 12 horas antes de llevar a cabo la inseminación con el fin de reducir el contenido ruminal y poder localizar más rápidamente los cuernos uterinos y evitar la regurgitación. La inseminación artificial se llevó a cabo 18 horas después de la detección del estro. Antes de realizar la inseminación, el vientre de las ovejas fue rasurado y lavado en un área de 10 a 12 centímetros delante de la ubre hacia la parte anterior, y la piel fue esterilizada con cloruro de benzalkonio al 1%. El tren posterior de las hembras fue levantado en un ángulo de 75° utilizando una camilla especial para inseminación artificial. Se aplicó 1 ml de anestésico local (Xilocaína al 2%®, Astra) vía subcutánea, aproximadamente de 3 a 5 cm de la parte anterior de la ubre, y de 3 a 4 cm a cada lado de la línea media, y 4 ml de Emicina LA® (Tetraciclina, 1 ml/10 kg P.V., Laboratorios Pfizer) vía intramuscular, como antibiótico, teniendo cuidado en no lesionar los vasos sanguíneos. El trocar, la cánula y el telescopio utilizados en la operación, fueron inmersos en una solución antiséptica (Cloruro de Benzalkonio al 1%), posteriormente fue provocado el neumoperitoneo. En seguida, el trocar y el explorador fueron insertados en la cavidad peritoneal al lado izquierdo y derecho de la línea media, localizados los cuernos uterinos mediante el endoscopio, se procedió a introducir la pistola previamente preparada con una pajilla de 0.25 ml y depositar el semen. Una vez retirada la pistola y el trocar se aplicó un cicatrizante (Topazone®. Furazolidona, Laboratorios PiSA) en las perforaciones para evitar futuras infecciones.

Tasa de gestación

Inmediatamente después de la inseminación se realizó la detección de estros todos los días (mañana y tarde por 30 minutos) hasta el día 35 post-inseminación, con la ayuda de machos provistos de mandil, con la finalidad de observar a las hembras que no quedaron gestantes, al mostrar retorno a estro, de igual forma identificar a las gestantes al no retornar al estro

4.7. Mediciones

Tasa ovulatoria

A los 10 días después del estro, con la ayuda de un ecógrafo (SonoVet 2000®) equipado con un transductor de 4-7 Mhz se contó el número de cuerpos lúteos (CL) presentes en la superficie de ambos ovarios.

Diagnostico de gestación

A los 40 días después de la inseminación artificial, se realizó el diagnostico de gestación con un ecógrafo equipado con un transductor de 4-7 Mhz.

4.8. Características de respuesta

Incidencia de estros. La presencia de estros se determinó mediante el número de ovejas que manifestaron estro.

Inicio y distribución del estro. El inicio del estro fue determinado como tiempo al estro de las ovejas, después de retirado el dispositivo de progesterona. La distribución se determinó con el número de ovejas que entraron en estro en determinado intervalo de tiempo.

Tasa ovulatoria. La tasa ovulatoria se determinó contando el número de cuerpos lúteos presentes en la superficie de los ovarios de cada oveja.

Retorno a estro. Determinada como las ovejas que manifestaron estro, después de la inseminación artificial

Fertilidad. Para definir esta variable, se consideraron a todas las ovejas que no retornaron a estro durante los primeros 35 días post-inseminación.

Parición. Corresponde al número de ovejas que parieron, después del primer servicio, del total de ovejas en el tratamiento.

Fecundidad. Determinada como el número de corderos nacidos entre el número de ovejas en el tratamiento.

Prolificidad. Medida por el número de corderos nacidos por oveja parida.

4.9. Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó mediante pruebas de Chi cuadrada en las variables expresadas en conteos (%) y análisis de varianza por el procedimiento de modelos lineales general (PROC GLM) del paquete estadístico SAS (2002) en las variables numéricas. Se realizó además, una comparación de medias por la prueba de Tukey en las variables que mostraron diferencias, por los factores estudiados.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2^3 ($2 \times 2 \times 2$). Teniendo tres factores y dos niveles en cada uno: selenio (con y sin), eCG (con y sin) y Alimentación dirigida (alta y media), para las características de incidencia del estro, inicio del estro y distribución del estro, tasa ovulatoria, retorno al estro, fertilidad, parición, fecundidad y prolificidad.

El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + S e_i + E_j + A_k + (S e E)_{ij} + (S e A)_{ik} + (E A)_{jk} + (S e E A)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta de la l-ésima repetición, del i-ésimo efecto de Se-VE, del j-ésimo efecto de eCG y del k-ésimo efecto de Alimentación Dirigida.

μ = Media general.

Se_i = Efecto i-ésimo de selenio, vitamina E, $i=0, 1$; (0= Sin, 1=Con)

E_j = Efecto j-ésimo de eCG, $j=0, 1$; (0= Sin, 1=Con)

A_k = Efecto del k-ésimo efecto de alimentación dirigida, $k=0, 1$; (0= Media, 1=Alta)

$(Se E)_{ij}$ = Interacción entre el i-ésimo efecto de Se-VE y el j-ésimo efecto de eCG.

$(Se A)_{ik}$ = Interacción del i-ésimo efecto de Se-VE y el k-ésimo efecto de AD.

$(E A)_{jk}$ = Interacción entre el j-ésimo efecto de eCG y el k-ésimo efecto de AD.

$(Se E A)_{ijk}$ = Efecto de la triple interacción entre el i-ésimo efecto de Se-VE, j-ésimo efecto de eCG y el k-ésimo efecto de AD.

ϵ_{ijkl} = Error aleatorio asociado a cada observación, donde $\epsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2)$

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Incidencia de estros

La respuesta a la incidencia de estros en ovejas Pelibuey (n=96), no mostró diferencias entre tratamientos ($p>0.05$), lo que significa que la administración de selenio, vitamina E y alimentación dirigida, no tuvieron efecto en la presentación de estros. El 99% de ovejas mostraron estro.

Cuadro 5. Porcentaje de incidencia de estro en ovejas Pelibuey tratadas con Selenio y vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.

Tratamiento	No. de ovejas tratadas.	No. de ovejas que presentaron estro	Estros (%)
T 1	12	12	100
T 2	12	12	100
T 3	12	12	100
T 4	12	12	100
T 5	12	12	100
T 6	12	11	91.7
T 7	12	12	100
T 8	12	12	100

T1: Progesterona (P); **T2:** P + Selenio y vitamina E (Se-VE); **T3:** P + Gonadotropina corionica equina (eCG); **T4:** P + Alimentación Dirigida (AD); **T5:** P + Se-VE + eCG; **T6:** P + Se-VE + AD; **T7:** P + eCG + AD; **T8:** P + Se-VE + eCG+ AD.

Los primeros estudios realizados por Robinson (1964) mostraron claramente la efectividad de los progestágenos para sincronizar el estro en ovejas. Esta respuesta fue observada primeramente durante la estación reproductiva, mediante la colocación de esponjas intra-vaginales impregnadas con acetato de fluorogestona (FGA) por periodos de 12 a 14 días.

En otros estudios, Rosado *et al.* (1998) reportaron que 97% de las ovejas Pelibuey mostraron estro después de retirar la esponja, utilizando el método INRA (FGA por 12 d y 500 U.I de eCG al retirar FGA) o con la aplicación de eCG dos días antes de retirar FGA. Sin embargo, indicaron que esta respuesta es independiente al uso de eCG, con lo cual obtuvieron resultados similares a los de este trabajo respecto a la presentación de estros.

Se ha determinado de igual forma, que la incidencia del estro al tratar ovejas con dispositivos vaginales (CIDR) más eCG, es similar a aquellas encontradas con esponjas de FGA en combinación con eCG (Maxwell y Barnes, 1986) ya que estos autores reportan un 100% de las ovejas en estro, 48 horas después de la remoción del progestágeno.

El alto porcentaje de estros observado en el presente estudio, confirman la efectividad de la progesterona para sincronizar el ciclo estral de la oveja; la cual tiene un efecto inhibitorio en la secreción de la hormona luteinizante (LH), por lo que los eventos endocrinos que influyen en la maduración de los folículos preovulatorios y su ovulación posterior, son inhibidos (Evans *et al.*, 2002). Por lo tanto, al retirar el dispositivo con progesterona, el estro y la ovulación ocurre en un tiempo determinado. Además, de la acción de la prostaglandina para producir la lisis de los cuerpos lúteos presentes y eCG como estimulante del crecimiento folicular.

Koyuncu y Yerlikaya (2007) reportaron que una inyección de selenio o selenio y vitamina E tienen una influencia benéfica en la presentación de estros en ovejas Karacabey Merino. En un estudio realizado utilizando 30 ovejas por tratamiento, encontraron que la presentación de estros fue de 100 y 96.7% en ovejas tratadas con 5 ml al 0.1% de selenito de sodio y 5 ml al 0.1% de selenito de sodio más 250 mg de vitamina E, respectivamente; en comparación con el grupo testigo el cual presentó 86.7% de incidencia de estros.

Lo anterior pone de manifiesto la importancia de selenio y vitamina E, que en este caso pudo haber contribuido a una buena respuesta en la incidencia de estros, además de la influencia de la alimentación a nivel ovárico (Scaramuzzi *et al.*, 2006). En este estudio no se encontraron diferencias ($p>0.05$) entre tratamientos posiblemente debido a la excelente condición corporal que presentaron las hembras.

5.2. Inicio y distribución del estro

Se observaron diferencias significativas ($p\leq 0.05$) para inicio del estro. Las ovejas tratadas con eCG tuvieron un inicio del estro más rápido (Cuadro 6), en comparación con aquellas que se les aplicó Se-Ve y Alimentación dirigida. No se encontraron efectos de las interacciones. También se observó que la sincronización del estro fue mejor respecto a los restantes grupos (Cuadro 7).

Cuadro 6. Tiempo de inicio del estro (Media \pm error estándar) en ovejas Pelibuey tratadas con Selenio y vitamina E, con eCG y con Alimentación Dirigida.

Tratamiento	Nivel	Tiempo de inicio (h)
Selenio	Con	36.00 \pm 2.20 ^a
	Sin	38.04 \pm 2.90 ^a
eCG	Con	28.92 \pm 1.96 ^b
	Sin	45.32 \pm 2.66 ^a
Alimentación dirigida	Alta	39.48 \pm 2.16 ^a
	Media	34.64 \pm 2.96 ^a

a, b. Letra diferente dentro de cada columna indica diferencia significativa ($p\leq 0.05$).

Cardwell *et al.* (1998) mencionaron que el inicio del estro y el momento de la ovulación se presentan más rápido y son menos variables cuando a las ovejas se les aplica progestágenos en combinación con eCG.

Lo que concuerda con los resultados obtenidos en los grupos con eCG, ya que se observó una mejor sincronización del estro, pues en un periodo de 12 a 36 h después de haber retirado la progesterona, el 81% de las ovejas ya habían mostrado estro (Cuadro 7).

Córdova-Izquierdo *et al.* (2008) reportaron que el inicio del estro y el momento de la ovulación se presentan más rápido y son menos variables cuando a las ovejas se les aplica progestágenos por medio de un CIDR, con tiempo de inicio del estro de 36 a 44 horas después de remover el dispositivo, además de que la combinación de eCG puede reducir el tiempo de presentación del estro.

Leyva *et al.* (1998) encontraron que el inicio del estro se puede deber a la presencia de folículos grandes que ejercen una acción positiva para iniciar el estro por la producción de estradiol. Al igual que la ovulación, el estro inicia más pronto conforme al tamaño del folículo preovulatorio es mayor. Por lo que la aplicación de eCG para producir desarrollo folicular en el ovario, influyó para que se presentara el estro en un tiempo corto, más que el efecto de selenio, vitamina E y alimentación dirigida (Cuadro 6).

Otros reportes como el de Sönmeza *et al.* (2009) indicaron un inicio del estro de 31.0 ± 1.83 y 33.5 ± 1.71 h en cabras tratadas con vitamina E intramuscular, en dos dosis de 200 mg, una al momento del retiro de la esponja intra-vaginal impregnada con progesterona y otra al momento de la inseminación pericervical. De ahí la importancia de la vitamina E en el tiempo para la presentación del estro, sin embargo, en el presente trabajo la vitamina E como selenio no presentaron diferencia significativa.

El efecto “potencializador” de la sincronización del estro de la eCG se muestra en el Cuadro 7 al observar que las ovejas se agruparon mayormente en dos periodos de tiempo, de 12 a 24 h con 45.8% de las hembras en estro y de 25 a 36 h con 35.4%; seguido por las hembras a las cuales se les suministro la alimentación general del rebaño, pero con una dispersión mayor de estros.

Cuadro 7. Distribución de estros en ovejas Pelibuey tratadas con Selenio y vitamina E, con eCG y con Alimentación Dirigida.

Tratamiento	Nivel	Distribución de estros (%)						
		Periodo de tiempo (h)						
		12-24	25-36	37-48	49-60	61-72	73-84	>85
Selenio	Con	29.8	29.8	23.4	8.5	6.4	2.1	0.0
	Sin	31.3	29.2	16.7	8.3	4.2	8.3	2.1
eCG	Con	45.8	35.4	8.3	8.3	0.0	2.1	0.0
	Sin	14.9	23.4	31.9	8.5	10.6	8.5	2.1
Alimentación dirigida	Alta	17.0	34.0	25.5	17.0	2.1	4.3	0.0
	Media	43.8	25.0	14.6	0.0	8.3	6.3	2.1

Langford (1982) mencionó que se presenta una menor variabilidad en el inicio del estro por la aplicación de eCG, ya que favorece la producción de estrógenos por el folículo preovulatorio, los cuales actúan en el hipotálamo medio basal para desencadenar el proceso que culmina con la ovulación (Caraty *et al.*, 1999), lo cual mejora la sincronización de la ovulación, lo que concuerda con los resultados de este experimento. Siendo la sincronización de la ovulación esencial en la inseminación artificial, para que haya una coincidencia entre el óvulo y el espermatozoide.

Austin *et al.* (1999) indicaron que la variabilidad en el inicio del estro depende de la duración de la dominancia del folículo preovulatorio. La presentación tardía del estro y la baja sincronización, en algunos tratamientos, pudo deberse a que ocurrió un desarrollo folicular con menor velocidad, ya que principalmente fueron los tratamientos a los cuales no se les aplicó eCG los que presentaron un inicio del estro más tardío.

Por lo cual el desarrollo folicular pudo haber sido lento y los estrógenos hayan sido secretados en un tiempo más largo hasta alcanzar los niveles adecuados para inducir la secreción de FSH y LH y provocar el pico preovulatorio e inducir la ovulación.

5.3. Tasa ovulatoria

La tasa ovulatoria (TO) media fue de 1.3 ± 0.07 ovulaciones por oveja⁻¹. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Tasa ovulatoria (Media \pm error estándar) en ovejas Pelibuey tratadas con Selenio y vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.

Tratamiento	Media \pm EE
T 1	1.33 ± 0.19
T 2	1.25 ± 0.22
T 3	1.08 ± 0.19
T 4	0.92 ± 0.19
T 5	1.17 ± 0.17
T 6	1.36 ± 0.20
T 7	1.50 ± 0.20
T 8	1.42 ± 0.19

T1: Progesterona (P); **T2:** P + Selenio y vitamina E (Se-VE); **T3:** P + Gonadotropina corionica equina (eCG); **T4:** P + Alimentación Dirigida (AD); **T5:** P + Se-VE + eCG; **T6:** P + Se-VE + AD; **T7:** P + eCG + AD; **T8:** P + Se-VE + eCG+ AD.

Se sabe que el incremento en el consumo de energía o de energía más proteína por periodos cortos, puede inducir una respuesta reproductiva positiva en los ovinos al aumentar el número de ovulaciones (Williams *et al.*, 2001).

Teleni *et al.* (1989) encontraron que la respuesta en tasa ovulatoria está muy relacionada con la insulina-glucosa, IGFs. Estos compuestos intervienen en el crecimiento y las funciones metabólicas de las células de la granulosa, de la teca y luteínicas. Según este autor la tasa de entrada de glucosa es la que explica el incremento en la tasa ovulatoria, en este trabajo los animales recibieron una alimentación balanceada alta en energía (2.9 Mcal EM kg⁻¹) por lo que quizá la entrada de glucosa fue más alta en comparación con las hembras que no la recibieron. Smith (1985) menciona que aumentos de glucosa e insulina por dietas energéticas permiten un ahorro de proteína como precursor de energía, esto permite mayor disponibilidad de nitrógeno para sintetizar enzimas microsomales hepáticas. Así mismo puede existir una acción directa de la insulina sobre el hipotálamo estimulando la secreción de GnRH.

Bramley *et al.* (1976) encontraron una diferencia ($p \leq 0.01$) en la TO entre ovejas alimentadas con niveles bajos-bajos de energía metabolizable antes del empadre y durante el empadre (BB), bajos-altos (BA) y altos-altos (AA) (1.53, 2.13, 2.27 Mcal EM kg⁻¹) respectivamente observándose mayor cantidad de ovulaciones múltiples en los grupos BA y AA.

Evidencias recientes indican que el efecto del sistema insulina-glucosa a nivel folicular involucra un aumento de las proteínas transportadoras de glucosa 1 y 4 en las células de la granulosa y de la teca con el correspondiente aumento en la captación de glucosa por el ovario (Williams *et al.*, 2001). Se ha propuesto que el efecto anterior asociado con un aumento en las concentraciones circulantes de leptina, inducido por el incremento en las concentraciones plasmáticas de insulina, trae como consecuencia una disminución en la secreción de estradiol durante la fase folicular. De esta manera disminuye la retroalimentación negativa sobre la secreción de la hormona FSH, estimulándose la foliculogénesis e incrementándose eventualmente la tasa ovulatoria (Scaramuzzi *et al.*, 2006).

En el presente trabajo la TO no se vio afectada con la aplicación de Selenio, vitamina E, eCG y Alimentación dirigida. Sin embargo, en base a lo anterior se puede suponer que los pequeños incrementos numéricos se debieron a la administración de un “flushing” corto más la aplicación de eCG. Los cuales pudieron incrementar los niveles de insulina y con ello estimular el desarrollo de los folículos por acción de la eCG y lograr una mejor tasa ovulatoria, en relación al resto de tratamientos así como selenio para proteger la membrana plasmática.

Por otra parte se ha sugerido que la condición corporal es un componente importante en la determinación de la tasa ovulatoria en pequeños rumiantes (Downing y Scaramuzzi, 1991). Rhind *et al.* (1984) mencionaron que la condición corporal establece el número potencial de folículos aptos para ovular y el plano nutricional previo a la cubrición permite o no que todos ellos ovulen.

La condición corporal esta correlacionada positivamente con la tasa ovulatoria antes de la monta, sobre todo en los animales que se encuentran en un nivel moderado de condición corporal, pudiendo o no estar relacionado con el nivel de consumo de alimento (Gunn *et al.*, 1983). Forcada *et al.* (1992) reportaron que cuanto más alta condición corporal presentan las ovejas, la tasa ovulatoria aumentaba, concluyendo que la condición corporal tiene un papel muy importante en la actividad sexual de las ovejas.

Rhind *et al.* (1984) de manera independiente estudiaron el efecto de dos grados de condición corporal: (baja, alta), encontrando que la tasa ovulatoria del grupo con buena condición fue mayor que las ovejas con baja condición corporal. De acuerdo a lo anterior, es posible que la ausencia de efecto sobre la tasa ovulatoria en los tratamientos; estuviera relacionada con el potencial ovulatorio de los animales debido a su buena condición corporal en el que se encontraban.

Sin embargo, otra posibilidad es que los cambios inducidos por la aplicación de selenio, vitamina E, eCG y Alimentación dirigida no fueron suficientes para influir en esta característica ya que no siempre se consigue aumentar la tasa ovulatoria o la prolificidad, lo cual, puede atribuirse a la genética del animal (Trejo *et al.*, 2000).

5.4. Retorno al estro

Para esta característica el promedio a retorno al estro fue de 29.47%; sin encontrarse diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre los tratamientos dentro del factorial para esta característica, como se puede observar en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Porcentaje de retorno a estro en ovejas Pelibuey tratadas con Selenio y vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.

Tratamiento	N. de ovejas que retornaron a estro	Retorno a estro (%)
T 1	5	41.67
T 2	5	41.67
T 3	3	25.00
T 4	4	33.33
T 5	3	25.00
T 6	3	27.27
T 7	1	08.33
T 8	4	33.33

T1: Progesterona (P); **T2:** P + Selenio y vitamina E (Se-VE); **T3:** P + Gonadotropina corionica equina (eCG); **T4:** P + Alimentación Dirigida (AD); **T5:** P + Se-VE + eCG; **T6:** P + Se-VE + AD; **T7:** P + eCG + AD; **T8:** P + Se-VE + eCG+ AD.

Lozano *et al.* (2003) mencionaron que dietas bajas en energía está asociado con el retraso en la ovulación, disminución de las concentraciones séricas de progesterona e incremento de la producción de PGF2 α .

Lo que potencialmente puede afectar negativamente el desarrollo folicular y el potencial de los ovocitos para desarrollar embriones viables y también traería como consecuencia, retorno a nuevos ciclos estrales por la incapacidad de mantener la gestación. En el presente trabajo se utilizó una dieta alta en energía con 2.9 Mcal EM Kg⁻¹ MS, lo que posiblemente ayudó al menor retorno de las ovejas, en aquellos tratamientos que recibieron una alimentación dirigida.

Albuerne y Perón (1997) reportaron que los porcentajes de retorno a estro se incrementan en relación al peso del animal, esto es, a baja condición corporal, alto retorno al estro y alta condición corporal, alto retorno al estro, por lo que un animal debe de estar en una condición corporal media al momento de la cubrición. Lo cual probablemente se relaciona con la buena condición corporal (3.5–4) que se tenía en el momento de la inseminación de las ovejas y por ello no hubo diferencias entre tratamientos.

La presencia de retornos a estros en las ovejas probablemente fue debido a fallas en la ovulación, fallas en la fecundación o a una temprana mortalidad embrionaria ocurrida antes de la regresión del cuerpo lúteo, también el uso de la inseminación artificial, a pesar de presentar diversas ventajas, si no se realiza adecuadamente puede contribuir a altos porcentajes de retornos al estro por el manejo del semen, el cual puede sufrir ciertos cambios al ser extraídos, aumentando la probabilidad de tener menos espermatozoides viables para fecundar el óvulo. Sin embargo, a pesar de esas condiciones se espera que haya mejores resultados, ya que el semen es depositado directamente en los cuernos uterinos de la hembra, demostrándose que haciéndolo cuidadosamente puede tener resultados similares o iguales a los obtenidos por monta natural. En este caso la inseminación artificial se hizo cuidadosamente tratando de evitar daños al semen y que repercutiera en la fecundación del óvulo.

A pesar de ser valores numéricos, hay que poner especial interés en los tratamientos uno (solo progesterona) y dos (selenio), los cuales son valores elevados, así que se deben de tomar las debidas precauciones al utilizar estos tratamientos en futuras investigaciones y al realizar este tipo de manejo en las explotaciones ovinas.

5.5. Fertilidad

La media general de esta característica fue de 70.53%, no se encontraron diferencias ($p>0.05$) entre los tratamientos para esta característica, como se muestra en el Cuadro 10.

En este trabajo, en general se obtuvo una buena fertilidad, sin embargo, aunque no hubo diferencia significativa entre los tratamientos dentro del factorial. Se observo que en las ovejas tratadas con eCG tuvieron una mejor respuesta, como T7 en donde se obtuvo un 91.67% de ovejas gestantes (Cuadro 10).

Cuadro 10. Porcentaje de fertilidad a primer inseminación en ovejas Pelibuey tratadas con Selenio y vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.

Tratamiento	N. de ovejas inseminadas	N. de ovejas gestantes	Fertilidad (%)
T 1	12	7	58.33
T 2	12	7	58.33
T 3	12	9	75.00
T 4	12	8	66.67
T 5	12	9	75.00
T 6	11	8	72.73
T 7	12	11	91.67
T 8	12	8	66.67

T1: Progesterona (P); **T2:** P + Selenio y vitamina E (Se-VE); **T3:** P + Gonadotropina corionica equina (eCG); **T4:** P + Alimentación Dirigida (AD); **T5:** P + Se-VE + eCG; **T6:** P + Se-VE + AD; **T7:** P + eCG + AD; **T8:** P + Se-VE + eCG+ AD.

Vázquez *et al.* (2004) mencionaron que la aplicación de 400 U.I. de eCG 48 horas antes del retiro de las esponjas con acetato de fluorogestona, incrementa la tasa de ovulación y como consecuencia, el porcentaje de gestación. Martínez *et al.* (2007) obtuvieron el 80% de fertilidad al sincronizar ovejas de la raza Blackbelly, con acetato de medroxiprogesterona (MAP) y eCG manejadas en condiciones tropicales, estos resultados están por arriba a los encontrados en este trabajo con la utilización de eCG.

El tratamiento cinco numéricamente fue alto con 75% de fertilidad, notando la inclusión de selenio en este tratamiento. Yaeger *et al.* (1999) indicaron que un adecuado consumo de selenio es importante para mejorar los índices de fertilidad en los animales respecto a animales que no tienen acceso a éste, o a los que no lo consumen adecuadamente. Así mismo Hartley (1963) concluyó que las ovejas suplementadas con selenio y vitamina E incrementan el porcentaje de fertilidad, ya que mejora la integridad de membrana de los ovocitos, evitando la muerte celular prematura, además, de disminuir los índices de mortalidad embrionaria. Sin embargo, a pesar de los beneficios de selenio, esto no concuerda con los resultados de este trabajo, ya que como se ha mencionado solo hubo aumentos numéricos y no estadísticos dentro del factorial, debido quizá a la mayor influencia de las hormonas utilizadas que no permitieron la expresión del efecto de selenio y vitamina E sobre la membrana plasmática del ovocito.

Si se habla de alimentación dirigida, se dice que el consumo extra de nutrimentos justamente antes del empadre, puede favorecer la producción de óvulos, su fecundación y su implantación, por lo cual puede mejorarse la fertilidad y prolificidad a resultado de un incremento en la sobrevivencia embrionaria (Heredia *et al.*, 1985). Sin embargo, no todos los animales responden de esta manera y eventualmente la alimentación no mejora la fertilidad y prolificidad del rebaño, posiblemente debido al aumento en las fallas en la fertilización o muerte embrionaria temprana.

Resultados encontrados por Aguilera *et al.* (2001) con la utilización de inseminación artificial por vía intrauterina, muestran una fertilidad de 63.3% a un servicio, 24 h después de detectar a las ovejas en estro, con semen fresco durante la época reproductiva, inferiores a los encontrados en este trabajo con un 70%. Sin embargo, hay que hacer mención, que el bajo valor de fertilidad en algunos tratamientos podría deberse al semen fresco, por tratarse de un material menos protegido de factores externos tales como los cambios de temperatura, aun cuando las precauciones tomadas hayan intentado evitar riesgos. Otros efectos en cuestión de inseminación artificial es que se corre el riesgo de servir ovejas donde, el óvulo liberado, ha perdido la capacidad de ser fecundado u ovejas que no han ovulado cuando se realiza la inseminación por lo cual la fertilidad disminuye considerablemente.

Otros factores que pueden estar relacionados con la baja fertilidad, son entre ellos: defectos en el transporte del espermatozoide, la estación del año (Chemineau *et al.*, 1992), la edad del animal, el tipo de semental (Martin y Banchemo, 1999), factores de estrés (Dobson y Smith, 2000), mala calidad del ovocito (Kusina, 2000), presencia de folículos persistentes que hacen que haya ovocitos envejecidos que resultan en una baja fertilidad (Stock y Fortune, 1993).

La media general de esta característica fue 58.95%, no se encontraron efectos ($p > 0.05$) de selenio, vitamina E, eCG y alimentación dirigida y sus combinaciones, como se observa en el Cuadro 11.

Valencia *et al.* (1975) reportaron que el porcentaje de pariciones para borregas Pelibuey son superiores al 90%. Martínez *et al.* (1998) utilizando registros de empadres de 328 ovejas Pelibuey (62 corderas y 266 adultas) de trópico húmedo y evaluando la introducción repentina del macho, encontraron 74.1% de pariciones.

Así mismo este autor, utilizando ovejas Pelibuey en anestro y usando implantes de melatonina encontraron porcentajes de pariciones superiores a 80% (Martínez *et al.*, 2001), siendo estos resultados superiores a los encontrados en este trabajo, sin embargo, en ambos trabajos se utilizó monta natural a diferencia del presente en donde se utilizó inseminación artificial.

Azzarini y Valledor (1990) reportaron 42.4% de parición en ovejas Corriedale, inseminadas intrauterinamente con semen fresco, que es menor a los encontrados en este trabajo, sin embargo las condiciones de trabajo, así como los animales fueron diferentes.

Cuadro 11. Porcentaje de ovejas paridas a primer inseminación tratadas con Selenio y vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.

Tratamiento	N. de ovejas inseminadas	N. de ovejas paridas	Parición (%)
T 1	12	6	50.00
T 2	12	7	58.33
T 3	12	6	50.00
T 4	12	6	50.00
T 5	12	8	66.67
T 6	11	7	63.64
T 7	12	9	75.00
T 8	12	7	58.33

T1: Progesterona (P); **T2:** P + Selenio y vitamina E (Se-VE); **T3:** P + Gonadotropina corionica equina (eCG); **T4:** P + Alimentación Dirigida (AD); **T5:** P + Se-VE + eCG; **T6:** P + Se-VE + AD; **T7:** P + eCG + AD; **T8:** P + Se-VE + eCG+ AD.

Los bajos porcentajes de parición (Cuadro 11), posiblemente se deba a fallas al momento de la fertilización del óvulo, aunado a un aumento en la mortalidad embrionaria y fetal tardía. Hanly, (1961) mencionan que hay una mortalidad embrionaria temprana normal entre 20 a 40%. Algunos de los animales que no parieron, inicialmente se diagnosticaron gestantes, luego de un examen por ecografía transrectal.

Técnica usada para una detección temprana de gestación, que usualmente tiene una precisión por arriba del 94.0% (Fowler y Wilkins, 1984). Este hecho ocurre principalmente en ovejas con ovulaciones dobles de tal manera, que cuando ocurre una ovulación doble en el mismo ovario, uno de los embriones tiende a migrar al cuerno uterino contrario, por lo que está más expuesto a morir tempranamente (Doney *et al.*, 1973).

5.6. Fecundidad

Se encontró una media de 0.97 ± 0.09 corderos por oveja en el tratamiento. Sin encontrarse diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos, como se observa en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Fecundidad en ovejas Pelibuey (Media \pm error estándar) tratadas con Selenio y vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.

Tratamiento	N. de ovejas en el tratamiento	N. de corderos nacidos	Fecundidad
T 1	12	9	0.75 ± 0.25
T 2	12	12	1.00 ± 0.28
T 3	12	10	0.84 ± 0.27
T 4	12	8	0.84 ± 0.24
T 5	12	14	1.17 ± 0.27
T 6	12	11	0.92 ± 0.26
T 7	12	14	1.17 ± 0.24
T 8	12	12	1.00 ± 0.30

T1: Progesterona (P); **T2:** P + Selenio y vitamina E (Se-VE); **T3:** P + Gonadotropina corionica equina (eCG); **T4:** P + Alimentación Dirigida (AD); **T5:** P + Se-VE + eCG; **T6:** P + Se-VE + AD; **T7:** P + eCG + AD; **T8:** P + Se-VE + eCG+ AD.

El resultado de fecundidad promedio fue de 0.97 corderos por oveja (Cuadro 12), el cual es mayor en comparación con lo reportado por Cortez (1999) con un valor de 0.82 corderos por oveja en la raza Pelibuey con inseminación artificial.

Un estudio con ovejas primiparas de la raza Pelibuey en condiciones de pastoreo y suplementación en trópico, sometidas a efecto macho, encontraron una fecundidad de 0.70 vs 1 siendo mayor la fecundidad en aquellas ovejas suplementadas pero sin encontrarse diferencias significativas (Ramón y Sanginés, 2002). La fecundidad encontrada en el presente puede ser atribuible a la baja cantidad de ovejas que quedaron gestantes.

Alabart *et al.* (2002) utilizando 3819 ovejas de diferentes razas de entre 1 a 12 años de diferentes ganaderías sincronizadas con esponjas con 40 mg de acetato de fluorogestona (FGA) durante 12-14 días y 480 UI de eCG al momento de retirar las esponjas encontraron una fecundidad de 0.804 corderos por oveja.

Raso *et al.* (2004) encontraron una fecundidad de 0.68 a 0.99 en ovejas Merino, evaluando cuatro tratamientos de sincronización de celo, obteniendo los mejores resultados en las ovejas con la utilización de esponjas con medroxiacetato de progesterona (MAP) por seis días y 300 UI de eCG al retirar las esponjas, valores muy similares a los encontrados en este experimento, aunque el tipo de animales fue diferente.

La fecundidad está relacionada con tasa ovulatoria, fertilidad y prolificidad, por lo que factores que afecten a las anteriores tienen repercusión en esta característica. El incremento numérico de algunos tratamientos probablemente se deba a incrementos de prolificidad, así como a las hembras que quedaron gestantes, siendo en general los tratamientos en los que se les aplicó eCG los que mostraron mejores resultados.

5.7. Prolificidad

La media general para esta característica es de 1.61 ± 0.07 , sin encontrarse diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Prolificidad en ovejas Pelibuey paridas a primer inseminación (Media \pm error estándar) tratadas con Selenio y Vitamina E en combinación con eCG y Alimentación Dirigida.

Tratamiento	N. de ovejas paridas	N. de corderos nacidos	Índice de prolificidad
T 1	6	9	1.50 \pm 0.22
T 2	7	12	1.71 \pm 0.18
T 3	6	10	1.67 \pm 0.21
T 4	6	8	1.33 \pm 0.21
T 5	8	14	1.75 \pm 0.16
T 6	7	11	1.57 \pm 0.20
T 7	9	14	1.56 \pm 0.18
T 8	7	12	1.71 \pm 0.29

T1: Progesterona (P); **T2:** P + Selenio y vitamina E (Se-VE); **T3:** P + Gonadotropina corionica equina (eCG); **T4:** P + Alimentación Dirigida (AD); **T5:** P + Se-VE + eCG; **T6:** P + Se-VE + AD; **T7:** P + eCG + AD; **T8:** P + Se-VE + eCG+ AD.

Para incrementar el porcentaje de partos múltiples, es necesario aumentar la tasa ovulatoria. Los tratamientos basados en progestágenos, eCG (Bister *et al.*, 1999) y el efecto energético de la alimentación (Downing y Scaramuzzi, 1991) aumentan la tasa ovulatoria, por lo tanto mayor número de óvulos de ser fecundados e incrementar el número de corderos por parto, sin embargo, esto es contrario a lo que se observa en este trabajo en donde no hubo diferencia entre tratamientos (Cuadro 13).

En las razas de pelo manejadas en climas tropicales, la raza Pelibuey está considerada como una de las más prolíficas. El uso de selenio más vitamina E, eCG y alimentación dirigida no incrementó la prolificidad, sin embargo, los resultados son ligeramente superiores a los reportados por otros autores como González-Reyna *et al.* (1991) y Galina *et al.* (1996), quienes reportan valores de 1.3-1.5 de prolificidad en ovejas Pelibuey. Así como a los reportados en ovejas Corriedale, los cuales van de 1.2-1.6 de prolificidad con semen fresco a 48 h del retiro de esponjas (Romano *et al.*, 1996).

Rosado *et al.* (1998) encontraron en borregas Pelibuey bajo pastoreo suplementadas un mes antes y un mes después del parto una prolificidad de 1.79, siendo superior a las encontradas en este trabajo.

Se sabe que la condición corporal guarda una estrecha relación con la tasa ovulatoria y, por ende, con la cantidad de corderos nacidos (Downing y Scaramuzzi, 1991; Hindson, 1994), de tal manera que aquellas ovejas que se encuentran en una mejor condición de peso, tendrán una tasa de partos múltiples mayor (Newton *et al.*, 1980). Sin embargo no concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, ya que a pesar de que las ovejas se encontraban en una condición corporal buena no mostraron diferencias significativas tanto para tasa ovulatoria así como para prolificidad.

El hecho de que la prolificidad no haya sido diferente entre los tratamientos evaluados, plantea la posibilidad de que el selenio, así como la vitamina E puede actuar solo a nivel de membrana celular, protegiéndola del daño oxidativo y permitiendo de esta forma tener óvulos de mejor calidad para ser fecundados, no así aumentando la prolificidad, además no se debe a que las ovejas no sean prolíficas, sino a los métodos que se utilizaron, siendo muy similares los valores.

VI. CONCLUSIONES

1. En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que la utilización de un dispositivo intra-vaginal (CIDR) con Selenio, vitamina E, eCG, Alimentación Dirigida y sus combinaciones, inducen la presentación del estro.
2. La aplicación de CIDR más 300 UI de eCG sincroniza y homogenizan las manifestaciones externas de estro.
3. El uso de Selenio más vitamina E, eCG, Alimentación dirigida y sus combinaciones no aumenta la tasa ovulatoria, fertilidad, parición, fecundidad y prolificidad en la oveja Pelibuey con excelente condición corporal.

VII. LITERATURA CITADA

- Aguilera, M., J. Jorge, T. Echegaray, L. José, D. Olivera y G. Terán. 2001. Inseminación artificial con semen refrigerado en ovejas. In: Memorias de II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos y XI Congreso Nacional de Producción Ovina. Mérida, Yucatán, México.
- Aisen, E.G. 2004. Reproducción ovina y caprina. En: Preparación de las hembras. Detección y control del estro y la ovulación. Figueiredo, 5ª. ed. Inter-Médica, S.A.I.C.I., Buenos Aires, Argentina.
- Alabart, J.L., J. Folch, M.A. Ciudad, E. Fantova, E. Sevilla y F.J. Quintin. 2002. Efecto de la edad de la oveja rasa Aragonesa sobre la fertilidad en la inseminación artificial dentro del esquema de mejora de la UPRA-OVIARAGÓN S.C.L. *Reprod.* 966-967.
- Albuerne, R., y N. Perón. 1997. Condición corporal y peso vivo de la oveja Pelibuey. Efecto sobre la tasa reproductiva. *Rev. Cub. Reprod. Anim.* 22(2):21-26.
- Amiridis, G.S., I. Valasi, and I. Menegatos. 2005. Luteal stage dependence of pituitary response to gonadotrophin-releasing hormone in cyclic dairy ewes subjected to synchronization of ovulation. *Reprod. Fert. Develop.* 17:769-774.
- ARIES. 1997. Least Cost and Ration Analysis Programs for Sheep. Version number 2.0. Department of Animal Science, University of California Davis, CA.
- Arthur, J.R., R.C. McKenzie, and G.J. Beckett. 2003. Selenium in the immune system. *J. Nutr.* 133(5):1457-1459.
- Austin, E. J., M. Mihn, M.P. Ryan, and J.F. Roche. 1999. Effect of duration of dominance of the ovulatory follicle on onset of estrus and fertility in heifers. *J. Anim. Sci.* 77:2219-2226.
- Azzarini, M., y F. Valledor. 1990. Efecto de la eCG y de carneros vasectomizados sobre la reproducción de ovejas sincronizadas e inseminadas por vía laparoscópica con semen fresco o congelado en otoño. *Prod. Ovina.* 3:35-45.
- Balicka-Ramisr, A., B. Pilarczyk, and M. Wieczorek. 2005. The influence of selenium on reproductive efficiency in sheep. *ISAH.* 2:514-517.
- Barrett, S. 2005. Antioxidants and other phytochemicals: Current Scientific Perspective. En: <http://www.Antioxidants and other phytochemicals.ht>
- Bendich, A. 1990. Antioxidant vitamins and their functions in immune responses. *Adv. Exp. Med. Biol.* 262:35-55.
- Bister, J.L., B. Noel, B. Perrad, S.N.M. Mandiki, J. Mbayahaga, and R. Paquay. 1999. Control of ovarian follicle activity in the ewe. *Dom. Anim. Endocr.* 17:315-328.

- Boggero, C., y R. Castro. 2005. Carencia de Selenio (Se) y Vitamina E. Arch. Zootec. 34:113-120.
- Boon, P., and P.J. Soon. 2004. Carotenoid action on the immune response. J. Nutr. 134:257-261.
- Bramley, P.S., H.L. Denehy., and J.E. Newton.1976. The effect of different planes of nutrition before mating on the reproductive performance of Masham ewes. Vet. Rec. 99:294-296.
- Caraty, A., B. Delaleu, D. Chesneau, and C. Fabre-Nys. 2002. Sequential role of E2 and GnRH for the expression of estrous behavior in ewes. Endocr. 143:139-145.
- Caraty, A., B. Delaleu, D. Chesneau, R. Deghenghi, and C. Fabre-Nys. 1999. Sequential role of estradiol and the preovulatory GnRh secretion for the full expression of estrus behavior in the ewe. Annual Meeting of the Society of Neuroscience. 23-28 October, Miami-Beach, USA. Abst.
- Chimineau, P., B. Malpaux, J.D. Delgadillo, Y. Guérin, J.P. Ravault, J. Thimonier, and J. Pelletier. 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. Anim. Reprod. Sci. 30:157-184.
- Church, D.C., W.G. Pond, y K.R. Pond. 2003. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2ª ed. Ed. Limusa-Wiley. México, D. F. 635 pp.
- Cisneros, P.E., B.J. Pupo, y M.E. Céspedes. 1997. Enzimas que participan como barreras fisiológicas para eliminar los radicales libres. Rev. Cub. Invest. Biomed. 16(1):10-15.
- Combs, J.G.F. 1998. The vitamins. Fundamental Aspects in nutrition and Health. Ed. Academic Press. Second Edition. California, USA. 618 pp.
- Córdova-Izquierdo, A., J. Córdova, J. Córdova, y L. Guerra. 2008. Procedimientos para aumentar el potencial reproductivo en ovejas y cabras. Rev. Vet. 19:67-79.
- Cortez, R. C. 1999. Sincronización de estros e inseminación a tiempo fijo en ovejas Pelibuey. Tesis de Maestría. Instituto de Recursos Genéticos y productividad-Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo de México. 87 pp.
- Cox, N.M., M.J. Stuart, T.G. Althen, W.A. Bennet, and H.W. Miller. 1987. Enhancement of ovulation rate in gilts by increasing dietary energy and administering insulin during follicular growth. J. Anim. Sci. 64:507-516.
- Cruz, V., S. Andres, J. Sánchez, C. Zaragoza, R. Barrera, y R. Jiménez. 1998. Interacción selenio-reproducción en ovino extensivo de Dehesa. Prod. Ovina y Caprina. 23:567-570.
- Cuellar, O.J.A. 2003. Perspectivas de la ovinocultura en México. Memorias del II Seminario sobre producción intensiva de ovinos. Villahermosa, Tabasco. Pp.7-11.

- De Alba, J. 1985. Reproducción Animal. Ediciones Científicas. La Prensa Médica Méx. S.A. 538 pp.
- Dobson, J.M., and R.F. Smith. 2000. What is stress, and how does it affect reproduction. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61:743-752.
- Doney, J.M., R. G. Gunn, and W.F. Smith. 1973. Transuterine migration and embryo survival in sheep. *J. Reprod. Fert.* 34:363-367.
- Downing, J.A., and J.R. Scaramuzzi. 1991. Nutrient effects on ovulation rate, ovarian function and the secretion of gonadotrophin and metabolic hormones in sheep. *J Reprod. Fertil.* 43(Suppl):209-227.
- Evans, N.P., T.A. Richter., D.C. Skinner., and J.E. Robinson. 2002. Neuroendocrine mechanisms underlying the effects of progesterone on the oestradiol-induced GnRH/LH surge. *Reprod. Suppl.* 59:57-66.
- Ferrer, V.D., F.C. Jorge, C.I. Cutiño, R.R. García, y G.L. Arce. 1999. Radicales libres y su papel en la homeostasia neuronal. Instituto de medicina. *MEDISAN* 3(3):5-11.
- Forcada, M.F., M.J.A. Abecia, G.L. Zarazaga, y M.C. Lozano. 1992. Influencia del plano de alimentación sobre los parámetros reproductivos en ovejas de reducido nivel ovulatorio. *Arch. Zootec.* 41:113-120
- Forero, L.E. 2004. Fallas reproductivas asociadas a deficiencias de microminerales. *Rev. Cub. Invest. Biomed.* 19(1):15-20.
- Fowler, D.G., and J.G. Wilkins. 1984. Diagnosis of pregnancy and number of fetuses in sheep by real-time ultrasound imaging I. Effects of number of fetuses, stage of gestation, operator and breed of ewe on accuracy of diagnosis. *Liv Prod Sci.* 11: 137-450.
- Galina, M.A., R. Morales, E. Silva, and B. López. 1996. Reproductive performance of hair sheep Pelibuey and Blackbelly under Mexican tropical management. *Small. Rum. Res.* 22:31-38.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 3^a ed. Editorial FOCET. 246 pp.
- Giménez, J.R. 1993. Radicales libres y antioxidantes en clínica humana. Ed. IDEPSA. Madrid. Pp. 30-42.
- Gissel-Nielsen, G., U.C. Gupta, M. Lamond, and T. Westermack. 1984. Selenium in Soils and plants, and its importance in livestock and human nutrition. *Adv. Agr.* 37:397-460.
- Godfrey, R.W., L. Gray, and J.R. Collins. 1995. Estrus synchronization of sheep in the tropics using either controlled internal drug release (CIDR) dispensers or prostaglandin F2 α (PGF). *J. Anim. Sci.* 73:232-237.

- González-Bulnes, A., D.C. Díaz, R.M. García-García, B. Urrutia, J.A. Carrizosa, and López-Sebastián. 2005. Origin and fate of preovulatory follicles after induced luteolysis at different stages of the luteal phase of the oestrous cycle in goats. *Anim. Reprod. Sci.* 86:237-245.
- González-Reyna, A., M.J. Valencia, W.C. Foote, and B. D. Murphy. 1991. Hair sheep in México: reproduction in the Pelibuey sheep. *Anim. Breeding Abstracts.* 59:509-524.
- Gordon, I. 1997. *Controlled Reproduction in sheep and Goats.* CAB International. London, U. K. Pp 86-115.
- Gordon, I. 1983. *Controlled breeding in farm animals.* Pergamon Press, Oxford. Pp 181-195.
- Grela, E.R., and I. Sembratowicz. 1997. Organic selenium compounds in animal feeding. *Med. Vet.* 53:385-386.
- Gunn, R.G., W.F. Smith, A.J. Senior, E. Barthram, and D.A. Sim. 1983. Premating pasture intake and reproductive responses in North Country Cheviot ewes in different body conditions. *Anim. Prod.* 36:509-518.
- Gutiérrez, C.G., J. Oldham, T.A. Bramley, J.G. Gong, B.K. Campbell, and R. Webb. 1997. The recruitment of ovarian follicles is enhanced by increased dietary intake in heifers. *J. Anim. Sci.* 75:1876-1884.
- Hafez, E.S.E. 1989. Ciclos reproductivos. En: *Reproducción e Inseminación Artificial en animales.* 5a. ed. Ed. Interamericana McGraw-Hill. México. Pp: 116-141.
- Halliwell, B. 1994. Free radicals and antioxidants: A personal view. *Nutr. Rev.* 52:253-265.
- Hanly, S. 1961. Prenatal mortality in farm animals. *J. Reprod. Fertil.* 2:182-194.
- Haresing, W. 1992. Manipulation of reproduction in sheep. Review. *J. Repr. Fert.* 45:127-139.
- Haresing, W. 1981. The influence of nutrition on reproduction in the ewe. *Anim. Prod.* 32:197-202.
- Hartley, W.J. 1963. Selenium and ewe fertility. *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.* 23:20-27.
- Heredia, A.M., F. Quintal, y R.O. Rodríguez. 1985. Evaluación de dos escalas de condición física por medio del comportamiento reproductivo de la oveja Pelibuey. *Memoria de la Reunión de Investigación Pecuaria en México, D.F.* P. 217.
- Heredia, A.M., T.M. Méndez y M.A. Velázquez. 1991. Factores que influyen en la estacionalidad reproductiva de la oveja Pelibuey. *Memoria de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Tamaulipas, México.* P. 115.

- Hill, F.I., T.K. Wyeth, and A.F. Death. 1992. Blood selenium concentrations and glutathione peroxidase levels of un supplemented and supplemented alpacas in New Zealand. En: Trace Elements: Roles, risks and remedies. Proceedings of the New Zealand Trace Elements Group Conference. New Zealand. Pp. 135-140.
- Hindson, J. 1994. Differential diagnosis of weight loss in the ewe. In pract. 16:204-208.
- Jaramillo, S., N.A. Villa, and F. A. Pineda. 2005. Blood activity of superoxide dismutase and glutathione peroxidase in grazing dairy heifers. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 40:1115-1121.
- Jonsson, G., P. Lindberg, G. Nordstrom, and B. Pherson. 1969. Selenium content in whole blood and musculature in conjunction with parturient paresis and the downer syndrome in cows. Acta Vet. Scand. 10:104-105.
- Kamada, H., and H. Ikumo. 1997. Effect of selenium on cultured bovine luteal cells. Anim. Reprod. Sci. 46:203-211
- Karsch, F.J., G.E. Dahl, N.P. Evans, J.M. Manning, K.P. Mayfield, S.M. Moenter, and D.L. Foster. 1993. Seasonal changes in gonadotropin-releasing hormone secretion in the ewe: alteration in response to the negative feedback action of estradiol. Biol. Reprod. 49:1377-1383.
- Koyuncu, M., and H. Yerlikaya. 2007. Effect of selenium-vitamin E injections of ewes on reproduction and growth of their lambs. South Afric. J. Anim. Sci. 37(3):233-41.
- Kusina, N.T., F. Tarwirei, H. Hamudikuwanda, G. Agumba, and J.A. Mukwena. 2000. Comparison of the effects of progesterone sponges and ear implants, PGF₂alpha, and their combination on efficacy of estrus synchronization and fertility of masona goat does. Therio. 53:1567-1580.
- Langford, A.G. 1982. Influence of eCG and time of artificial insemination on fertility of progestogen treated sheep in confinement. J. Anim. Sci. 54(6):1205-1211.
- Leyva, V., B.C. Buckrell, and J.S. Walton. 1998. Regulation of follicular activity and ovulation in ewes by exogenous progestagen. Therio. 50:395-416.
- López, M., M. Miranda, J. Hernández, C. Castillo, and J.L. Benedito. 2003. Glutathion peroxidasa (GSH-Px) en las patologías asociadas a deficiencias de selenio en rumiantes. Arch. Med. Vet. 29(2):171-180.
- Lozano, J.M., P. Lonergan, M.P. Boland, and D. O'Callaghan. 2003. Influence of nutrition on the effectiveness of superovulation programmes in ewes: effect on oocyte quality and post-fertilization development. Reprod. 125:543-553.
- Lubbadeh, W.F. 1986. The use of progesterone and eCG in the control of estrus and twinning awassi sheep. Dirasat Agri. Sci. 13:85-91.

- Maas, J. 1990. Selenium deficiency in cattle. In: Proceeding XVI World Buiatrics Congress. Salvador, Brasil. Pp. 3-13.
- Martill, H.A. 1947. Antioxidants. *Ann. Rev. Biochem.* 16:177-192.
- Martin, B.G., y H.G. Banchemo. 1999. Nutrición y reproducción en rumiantes. In: Memorias del 1er Curso Internacional de Fisiología de la Reproducción de Rumiantes. 8. 9 y 10 de septiembre. Montecillos, México. Pp. 27-58.
- Martínez, R.R.D., C. Cruz, I. Rubio y L.A. Zarco. 1998. Influencia del carnero sobre la ocurrencia de estros en la oveja Pelibuey. *Vet. Méx.* 29(1):111-115.
- Martínez, R.R.D., L. A. Zarco, I. Rubio, C. Cruz, J. Valencia. 2001. Efectos de los implantes subcutáneos de melatonina y la suplementación alimentaria, sobre la inducción de la actividad ovárica en ovejas Pelibuey durante la época de anestro. *Vet. Méx.* 32(4):237-247
- Martínez, T.J.J., F.F. Izaguirre, O.L. Sánchez, G.C.G. Castillo, P.G. Martínez, y H.G. Torres. 2007. Comportamiento reproductivo de ovejas barbados barriga negra sincronizadas con MAP y diferentes tiempos de aplicación de eCG durante la época de baja fertilidad. *Rev. Científica. FCV-LUZ.* 17(1):47-52.
- Matheus, C.N., y A. López. 2008. Asociación entre la concentración sérica de testosterona y la actividad de la enzima glutatión peroxidasa en testículos de ratones en diferentes edades. *Rev. Científica. FCV-LUZ.* 18(3):305-311.
- Maxwell, W.M.C and D.R. Barnes. 1986. Induction of estrus in ewes using a controlled internal drug release device and eCG. *J. Agric. Sci.* 106:201-203.
- McDowell, R.L. 1997. Minerals for grazing ruminants in tropical regions. 3^a ed. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. P. 35.
- Mercadal, G.C., M. Torra, R. Santamarina, P.A. Deulofeu, y A.M. Ballesta. 2005. Importancia del selenio en la práctica clínica. *Química Clínica* 24(3):141-148.
- Miller, S., S.W. Walker, J.R. Arthur, F. Nicol, K. Pickard, M.H. Lewin, A.F. Howie, and G.J. Beckett. 2001. Selenite protects human endothelial cells from oxidative damage and induces thioredoxin reductase. *Clin. Sci.* 100:543-550.
- Mohammed, H.O., M.E. White, C.L. Guard, M.C. Smith, G.D. Mechoa, C.W. Booker, L.D. Warnick, J.J. Dascanio, and D.G. Kennev. 1991. A case-control study of the association between blood selenium and cystic ovaries in lactating dairy cattle. *J. Dairy. Sci.* 74:2181-2185.
- Mufarrege, D.J. 2002. Nutrición mineral de los ovinos en Corrientes y entre ríos. Informe de Divulgación. Estación Experimental INTA. Mercedes, Argentina.

- Muñoz-Gutiérrez, M., D. Blache, G.B. Martín, and R.J. Scaramuzzi. 2004. Ovarian follicular expression of mRNA encoding the type I IGF receptor and IGF-binding protein -2 in sheep following five days of nutritional supplementation with glucose, glucosamine or lupins. *Reprod.* 128:747-756.
- Neal, R.H., G. Sposito, K.M. Holtzclaw, and S.J. Traina. 1987. Selenite adsorption on alluvial soils: I. Soil composition and pH effects. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:1165-1169.
- Newton, J.E., J.E. Beets and R. Wilde. 1980. The effect of body condition and time of mating on the reproductive performance of Masham ewes. *Anim. Prod.* 30:235-260.
- O'Callaghan, D., H. Yaakub, P. Hyttel, L.J. Spicer, and M.P. Boland. 2000. Effect of nutrition and superovulation on oocyte morphology, follicular fluid composition and systemic hormone concentrations in ewes. *J. Reprod. Fert.* 118:303-313
- O'Callaghan, D., and M.P. Boland. 1999. Nutritional effects on ovulation, embryo development and the establishment of pregnancy in ruminants. *Anim. Sci.* 68: 299-314.
- Oblitas, F., P.A. Contreras, M. Phil, T.M. Bohmwald, y M.V.F. Wittwer. 2000. Efecto de la suplementación con selenio sobre la actividad sanguínea de glutatión peroxidasa (GSH-Px) y ganancia de peso en bovinos selenio deficientes mantenidos en pastoreo. *Arch. Med. Vet.* 32(1):511-520.
- Padilla, R.F., S.G. Mapes, y K.F. Jiménez. 1988. Perfiles hormonales durante el ciclo estral de la oveja. *Téc. Pec. Méx.* 26:96-108.
- Palacios, C., S. Martín, J.A. Abecia, F. Forcada, J.A. Valares, I. Palacin, F. Deletang, y A. Martino. 2004. Intervalo entre partos en ganado ovino de leche: Influencia de la raza y del sistema reproductivo empleado. XXIX Jornadas Científicas de la SEOC.
- Pérez, R.J., S.A. Aguilar, G.A. Villa, y H. Serrano. 2005. Relación entre estructura y función de receptores para hormonas esteroidales: receptores estrogénicos. *Vet. Méx.* 36(4):437-452.
- Pijoan, J.J. 1983. Aspectos endocrinos en diversas fases reproductivas de las ovejas 1. Ciclo estral. *Vet. Méx.* 14:229-234.
- Ramírez-Bibriesca, J.E., J.L. Tórtora, A. Aguirre, and L.M. Hernández. 2001. Diagnosis of selenium status in grazing dairy goats on the Mexican Plateau. *Small. Rumin. Res.* 41:81-85.
- Ramón, U.J.P., y J.R. Sanginés. 2002. Respuesta al efecto macho de primarias Pelibuey en condiciones de pastoreo y suplementación en trópico. *Téc. Pecu. Méx.* 40(3):309-317.

- Raso, M., O. Buratovich y M. Villa. 2004. Comparación de 4 tratamientos de sincronización de celos en ovinos. Carpeta Técnica, Ganadería No. 9. EEA INTA Esquel.
- Rhind, S.M., J.M. Doney, R.G. Gunn and I.D. Leslie. 1984. Effects of body condition and environmental stress on ovulation rate, embryo survival, and plasma follicle stimulating hormone, luteinizing hormone, prolactin and progesterone profiles in Scottish Blackface ewes. *Anim. Prod.* 38:201-209.
- Robinson, T.J. 1964. Synchronization of Oestrus in sheep by intravaginal and subcutaneous application of progestin impregnated sponges. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 5:47-52.
- Rodríguez-Iglesias, R.M., N.H. Ciccioli, H. Irazoqui, and C. Giglioli. 1996. Ovulation rate in ewes after single oral glucogenic dosage during a ram-induced follicular phase. *Anim. Reprod. Sci.* 44:211-221.
- Romano, J.E., E. Rodas, A. Ferreira, I. Lago and A. Benech. 1996. Effects of progestagen ECG and artificial insemination time on fertility and prolificacy in Corriedale ewe. *Small Rum. Res.* 23:157-162.
- Romo, G.S. 1999. Técnicas avanzadas en la reproducción (primera parte). *Revista del borrego*. Edición No. 0. En <http://www.borrego.com.mx>
- Rosado, J., E. Silva, and M.A. Galina. 1998. Reproductive management of hair sheep with progesterone and gonadotropins in the tropics. *Small Rum. Res.* 27:237-242.
- Rotruck, J.T., A.L. Pope, H.E. Ganther, A.B. Swanson, D.G. Hafeman and W.C. Hoekstra. 1973. Selenium biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Sci.* 179:588-590.
- Russel, A.J.F., J.M. Doney, and R. G. Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agric. Sci.* 72:451-454.
- Sagarpa. 2000. Situación actual y perspectiva de la producción de carnes en México 1990 – 2000. Elaborado por la Dirección General de Ganadería y el Centro de Estadística Agropecuaria: En: <http://www.oeidrus-slp.gob.mx>
- Sanson, R.L. 1990. Selenium supplementation of sheep by topdressing pastures under high rainfall conditions. *J. Vet.* 38:1-3.
- SAS. Institute Inc. 2002. SAS User Guide Statistics, version 9.0. SAS Institute Inc., Cary, N.Y.
- Scaramuzzi, R.J., B.K. Campbell, J.A. Downing, N.R. Kendall, M. Khalid, M. Muñoz-Gutiérrez, and A. Somchit. 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod. Nutr. Dev.* 46:339-354.

- Segerson, E. C., and S. N. Ganapathy. 1980. Fertilization of ova in selenium/vitamin E treated ewes maintained on two planes of nutrition. *J. Anim. Sci.* 51:386-394.
- Segerson, E.C., T. Riviere, R. Bullock, S. Thimaya, and S.N. Ganapathy. 1980. Uterine contractions and electrical activity in ewes treated with selenium and vitamin E. *Biology Reprod.* 23:1023-1028.
- SIAP. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2009. Número de cabezas, producción, precio y valor de cabezas sacrificadas. En <http://www.siap.gob.mx/>
- Silva, J. H., M.A. Quiroga, y N.J. Auza. 2000. Selenio en el rumiante. *Med Vet* 17(10):229-246.
- Skinner, D.C., A. Caraty, and R. Allingham. 2001. Unmasking the progesterone receptor in the preoptic area and hypothalamus of the ewe: no colocalization with gonadotropin-releasing neurons. *Endocr.* 142:573-579.
- Smith, J. F. 1985. Protein, energy and ovulation rate. In: Land R B and Robinson D W, *Genetics of Reproduction in Sheep*. Butterworths, London. Pp. 349-359.
- Sönmeza, M., T. Bozkurt, G. Türk, S. Gür, M. Kizil, and A. Yüce. 2009. The effect of vitamin E treatment during preovulatory period on reproductive performance of goats following estrous synchronization using intravaginal sponges. *Anim. Reprod. Sci.* 114:183-192.
- Stock, AE., y Fortune, J.E. 1993. Ovarian follicular dominance in cattle: relationship between prolonged growth of the ovulatory follicle and endocrine parameters. *Endocr.* 132:1108-1114.
- Teleni, E., A.N. Boniface, S. Sutherland, and K. W. Entwistle. 1989 The effect of depletion of body reserve nutrients on reproduction in *Bos indicus* cattle. *Draught Animal Power Project Bulletin*, 8-10. August. University. Townsville, Australia.
- Thimonier, J. 1981. Practical uses of prostaglandins in sheep and goat. *Acta Vet Scand. Suppl.* 77:193-208.
- Thompson, K.G., A.J. Fraser, B.M. Harrop, and J.A. Kirk. 1980. Glutathione peroxidase activity in bovine serum and erythrocytes in relation to selenium concentrations of blood, serum and liver. *Res. Vet. Sci.* 28:3-6.
- Toyokuni, S. 1999. Reactive oxygen species-induced molecular damage and its application in pathology. *Pathol. Int.* 49:91-102.
- Trejo, T.N. 2000. Suplementación antes del servicio y tasa de ovulación en ovejas criollas. Tesis de Maestría. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. Pp 4- 74.
- Underwood, E.J. y N.F. Suttle. 2003. Los minerales en la nutrición del ganado. 3ª ed. Ed. Acribia. Madrid, España. 637 pp.

- Valencia, M. and E. González. 1993. Pelibuey sheep in Mexico. En: Hair sheep of western Africa and the Americas. Edit. H. A. Fithugh. G. E. Bradford. Publ. Westview Press. USA. Chap. 2 (1):55-73.
- Valencia, Z.M., R.H. Castillo y V.J.M. Berruecos. 1975. Reproducción y manejo del borrego tabasco o pelibuey. Tec. Pec. Méx. 29:66-72.
- Vázquez, A.J.F., H.F.M. Loya, E.J.A. Quintero, R.E.G. Cienfuegos, y R.A. González. 2004. Efecto de la dosis de eCG y tiempo de aplicación sobre la manifestación de estro y tasa de ovulación en ovejas de pelo. En: XXXII Reunión anual de la Asociación Mexicana de producción animal. Monterrey, Nuevo León, México Pp 67-71.
- Viñoles, C. 2003. Effect of nutrition on follicle development and ovulation rate in the ewe. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala 2003. 56 pp.
- Wang, J.Y., L.L. Wen, Y.N. Huang, Y.T. Chen, and M.C. Ku. 2006. Dual effects of antioxidants in neurodegeneration: direct neuroprotection against oxidative stress and indirect protection via suppression of glia-mediated inflammation. Curr. Pharm. Des. 12(27):3251-3533.
- Whagner, P.D. 2002. Selenoprotein W. Methods Enzymol. 347:179-187.
- Williams, S.A., D. Blache, G.B. Martin, R. Foot, M.A. Blackberry, and R.J. Scaramuzzi. 2001. Effect of nutritional supplementation on quantities of glucose transporters 1 and 4 in sheep granulosa and theca cells. Reprod. 122:947-956.
- Wu, S.H., J.E. Oldfield, P.D. Whanger, and P.H. Weswig. 1973. Effect of selenium, vitamin E, and antioxidants on testicular function in rats. Biol. Reprod. 8:625-629.
- Yaeger, M. J., D. Regg, L. Holler, L. Tammy, J. David, and S. Palmer. 1999. The effect of subclinical selenium toxicosis on pregnant beef cattle. J. Vet. Diag. Invest. 10:268-273.
- Zamora, R., J.M. León, J. Quiroz, J. Puntas, G. García, y J.V. Delgado. 2004. Influencia de los efectos ambientales sobre la prolificidad en el ovino segureño. FEAGAS. 25:105-107.

VIII. ANEXOS

A1. Procedimiento PROC GLM para Incidencia de estros

Información del nivel de clase

	Clase	Niveles	Valores		
	Se-VE	2	0 1		
	eCG	2	0 1		
	AD	2	0 1		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > F
Se-VE	1	0.01041667	0.01041667	1.00	0.3201
eCG	1	0.01041667	0.01041667	1.00	0.3201
AD	1	0.01041667	0.01041667	1.00	0.3201
Se-VE+eCG	1	0.01041667	0.01041667	1.00	0.3201
Se-VE+AD	1	0.01041667	0.01041667	1.00	0.3201
eCG+AD	1	0.01041667	0.01041667	1.00	0.3201
Se-VE+eCG+AD	1	0.01041667	0.01041667	1.00	0.3201
Error	88	0.91666667	0.01041667		
Total correcto	95	0.98958333			
	R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Estro Media	
	0.073684	10.31364	0.102062	0.989583	

A2. Procedimiento PROC GLM para Inicio de estros

Información del nivel de clase

	Clase	Niveles	Valores		
	Se-VE	2	0 1		
	eCG	2	0 1		
	AD	2	0 1		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > F
Se-VE	1	85.134492	85.134492	0.34	0.5616
eCG	1	6349.209576	6349.209576	25.32	<.0001
AD	1	571.043412	571.043412	2.28	0.1349
Se-VE+eCG	1	510.062514	510.062514	2.03	0.1574
Se-VE+AD	1	172.310430	172.310430	0.69	0.4094
eCG+AD	1	806.086005	806.086005	3.21	0.0764
Se-VE+eCG+AD	1	0.000020	0.000020	0.00	0.9998
Error	87	21813.96019	250.73517		
Total correcto	94	30370.33529			
	R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Inicio E Media	
	0.281735	42.75844	15.83462	37.03274	

A3. Procedimiento PROC GLM para Tasa ovulatoria

Información del nivel de clase

	Clase	Niveles	Valores		
	Se-VE	2	0 1		
	eCG	2	0 1		
	AD	2	0 1		

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > F
Se-VE	1	0.19611849	0.1961185	0.44	0.5094
eCG	1	0.13619339	0.1361934	0.30	0.5823
AD	1	0.19611849	0.1961185	0.44	0.5094
Se-VE+eCG	1	0.19611849	0.1961185	0.44	0.5094
Se-VE+AD	1	0.19611849	0.1961185	0.44	0.5094
eCG+AD	1	1.39462036	1.3946204	3.12	0.0808
Se-VE+eCG+AD	1	0.72046306	0.7204631	1.61	0.2076
Error	87	38.87878788	0.44688262		
Total correcto	94	41.93684211			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	TO Media
0.072920	53.36707	0.668493	1.252632

A4. Procedimiento PROC GLM para Retorno al estro

Información del nivel de clase

	Clase	Niveles	Valores		
	Se-VE	2	0 1		
	eCG	2	0 1		
	AD	2	0 1		

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > F
Se-VE	1	0.05320054	0.05320054	0.25	0.6207
eCG	1	0.40526047	0.40526047	1.88	0.1740
AD	1	0.14308819	0.14308819	0.66	0.4176
Se-VE+eCG	1	0.14308819	0.14308819	0.66	0.4176
Se-VE+AD	1	0.05320054	0.05320054	0.25	0.6207
eCG+AD	1	0.03072863	0.03072863	0.14	0.7068
Se-VE+eCG+AD	1	0.14308819	0.14308819	0.66	0.4176
Error	87	18.76515152	0.21569140		
Total correcto	94	19.74736842			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Retorno Media
0.049739	157.5731	0.464426	0.294737

A5. Procedimiento PROC GLM para Fertilidad

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Se-VE	2	0 1
eCG	2	0 1
AD	2	0 1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > F
Se-VE	1	0.05320054	0.05320054	0.25	0.6207
eCG	1	0.40526047	0.40526047	1.88	0.1740
AD	1	0.14308819	0.14308819	0.66	0.4176
Se-VE+eCG	1	0.14308819	0.14308819	0.66	0.4176
Se-VE+AD	1	0.05320054	0.05320054	0.25	0.6207
eCG+AD	1	0.03072863	0.03072863	0.14	0.7068
Se-VE+eCG+AD	1	0.14308819	0.14308819	0.66	0.4176
Error	87	18.76515152	0.21569140		
Total correcto	94	19.74736842			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Fertilidad Media
0.049739	65.85143	0.464426	0.705263

A6. Procedimiento PROC GLM para Parición

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Se-VE	2	0 1
eCG	2	0 1
AD	2	0 1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > F
Se-VE	1	0.07158665	0.07158665	0.28	0.5985
eCG	1	0.11653047	0.11653047	0.45	0.5019
AD	1	0.07158665	0.07158665	0.28	0.5985
Se-VE+eCG	1	0.07158665	0.07158665	0.28	0.5985
Se-VE+AD	1	0.11653047	0.11653047	0.45	0.5019
eCG+AD	1	0.01915220	0.01915220	0.07	0.7852
Se-VE+eCG+AD	1	0.22139939	0.22139939	0.86	0.3552
Error	87	22.29545455	0.25626959		
Total correcto	94	22.98947368			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Parición Media
0.030189	85.87843	0.506231	0.589474

A7. Procedimiento PROC GLM para Fecundidad

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Se-VE	2	0 1
eCG	2	0 1
AD	2	0 1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > F
Se-VE	1	0.50468165	0.50468165	0.60	0.4399
eCG	1	0.50468165	0.50468165	0.60	0.4399
AD	1	0.09269663	0.09269663	0.11	0.7403
Se-VE+eCG	1	0.09269663	0.09269663	0.11	0.7403
Se-VE+AD	1	0.50468165	0.50468165	0.60	0.4399
eCG+AD	1	0.01029963	0.01029963	0.01	0.9120
Se-VE+eCG+AD	1	0.25749064	0.25749064	0.31	0.5808
Error	87	72.91666667	0.83812261		
Total correcto	94	74.90526316			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Fecundidad Media
0.026548	94.53433	0.915490	0.968421

A8. Procedimiento PROC GLM para Prolificidad

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Se-VE	2	0 1
eCG	2	0 1
AD	2	0 1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > F
Se-VE	1	0.41406398	0.41406398	1.37	0.2468
eCG	1	0.27647981	0.27647981	0.92	0.3429
AD	1	0.17880804	0.17880804	0.59	0.4448
Se-VE+eCG	1	0.03797896	0.03797896	0.13	0.7241
Se-VE+AD	1	0.00845029	0.00845029	0.03	0.8677
eCG+AD	1	0.02272789	0.02272789	0.08	0.7847
Se-VE+eCG+AD	1	0.00228496	0.00228496	0.01	0.9310
Error	87	14.46031746	0.30125661		
Total correcto	94	15.35714286			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Prolificidad Media
0.058398	34.15182	0.548868	1.607143

A9. Variables reproductivas en ovejas Pelibuey tratadas con Selenio y Vitamina E, con eCG y con Alimentación dirigida.

Factor	Nivel	Incidencia de estro (%)	Retorno al estro (%)	Fertilidad (%)	Parición (%)	Inicio del estro (h)	Tasa ovulatoria	Fecundidad	Prolifidad
Media ± error estándar									
Selenio	Con	97.92 ^a	31.96 ^a	68.09 ^a	67.70 ^a	36.00 ± 2.20 ^a	1.30 ± 0.09 ^a	1.02 ± 0.14 ^a	1.69 ± 0.10 ^a
	Sin	100.0 ^a	27.08 ^a	72.92 ^a	56.25 ^a	38.04 ± 2.90 ^a	1.21 ± 0.09 ^a	0.90 ± 0.12 ^a	1.52 ± 0.10 ^a
eCG	Con	100.0 ^a	22.92 ^a	77.08 ^a	62.50 ^a	28.92 ± 1.96 ^b	1.29 ± 0.09 ^a	1.04 ± 0.13 ^a	1.67 ± 0.10 ^a
	Sin	97.92 ^a	36.17 ^a	63.83 ^a	55.32 ^a	45.32 ± 2.66 ^a	1.21 ± 0.10 ^a	0.88 ± 0.13 ^a	1.54 ± 0.10 ^a
Alimentación Dirigida	Alta	97.92 ^a	25.53 ^a	74.47 ^a	61.70 ^a	39.48 ± 2.16 ^a	1.30 ± 0.10 ^a	0.98 ± 0.13 ^a	1.55 ± 0.11 ^a
	Media	100.0 ^a	33.33 ^a	66.67 ^a	56.25 ^a	34.64 ± 2.96 ^a	1.21 ± 0.09 ^a	0.94 ± 0.13 ^a	1.67 ± 0.09 ^a

^{a,b}. Letras diferentes dentro de cada columna indica diferencia significativa (p≤0.05)