



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**Evaluación de la fertilidad obtenida por dos técnicas de
inseminación artificial en ovinos utilizando agua de coco como
diluyente para el semen.**

TESIS

**Que para obtener el título de:
Médico veterinario zootecnista**

**Presenta:
Raúl Cano García**

**Asesor:
M en C Jorge Alfredo Cuéllar Ordaz**

Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

U. N. A. M.
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD OBTENIDA POR DOS TÉCNICAS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN OVINOS UTILIZANDO AGUA DE COCO COMO DILUYENTE PARA EL SEMEN.

Que presenta el pasante: **RAÚL CANO GARCÍA**
Con número de cuenta: **08927836-5** para obtener el Título de: **Médico Veterinario Zootecnista**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 30 de Mayo de 2014.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	M. en C. Jorge Alfredo Cuéllar Ordaz	
VOCAL	M.P.A. Rosalba Soto González	
SECRETARIO	Dr. José Alfredo Medrano Hernández	
1er SUPLENTE	Dra. María del Carmen Espejel del Moral	
2do SUPLENTE	M.V.Z Luis Armando Contreras Méndez	

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).
En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.
(Art.127 REP)
HHA/Vc

AGRADECIMIENTOS

Dedico mi tesis a todos mis seres queridos. Porque gracias a su apoyo, es que Yo he podido llegar a cerrar este gran ciclo.

Padre, gracias porque con tu ejemplo de vida me has enseñado a ser un Hombre Familia.

Madre, gracias por cuidarme y alimentarme con tanto Amor.

Alma, gracias por el gran Amor que expresas a toda nuestra Familia y por dar la vida a esos tres maravillosos angelitos que nos han traído tantas alegrías.

Liliana, hay un Sol dorado, brillante, hermoso detrás de nuestra sombra y tú me has dejado ver el tuyo muchas veces. Porque respeto tu luz y tu sombra puedo quererte mucho. Gracias también por traer a este mundo ese maravilloso Sol llamado Iván David.

Paty, he aprendido a escucharte mejor y a ver la gran Sabiduría que llevan tus palabras. Admiro mucho tu fortaleza interior y sabe que cuentas conmigo siempre.

Mauricio, eres una gran bendición para nuestra Familia, que nunca se te olvide eso.

Juan Carlos, Iván David, Emiliano y Sofía Abril, gracias por toda la luz, la alegría y las miles de risas que nos han regalado. Pero sobre todo, gracias por inspirarme a ser un mejor Hombre cada día.

Juan Carlos Zavala Pérez, gracias por ser parte de nuestra Familia y por la alegría que tú y tu Familia nos han compartido.

Ángel Cervantes Cruz, porque literalmente has sido un ángel que ha venido ayudar a mi Familia, mil gracias.

J. Alfredo Cuéllar Ordaz, siento un profundo agradecimiento hacia usted, porque al igual que mi Padre, siempre me ha apoyado.

A la Madre Tierra (Gaia), porque la profesión del Médico Veterinario Zootecnista siempre estará muy ligada a su cuidado y a vivir en Armonía con ella y todos los seres vivos que aquí habitamos.

Muchas bendiciones, besos y abrazos a todos. Los quiero mucho. Gracias, gracias, gracias.

Índice

	Pág.
Resumen.....	5
Introducción.....	6
Hipótesis y objetivos.....	33
Materiales y métodos.....	34
Resultados y discusión.....	38
Conclusiones.....	41
Bibliografía.....	42

Evaluación de la fertilidad obtenida por dos técnicas de inseminación artificial en ovinos utilizando agua de coco como diluyente para el semen.

Cano, G.R.

Resumen.

Con el objetivo de encontrar una técnica de IA en ovinos que además de dar buenos porcentajes de fertilidad, sea económica y práctica para poder realizarla a nivel de campo, se evaluaron dos técnicas de inseminación: A) Transcervical (ITC) y B) Intrauterina (IIU). Para este estudio se sincronizó la reproducción de 62 ovejas de raza Suffolk múltiparas en condición corporal 3.0 y 3.5 (en una escala del 1 al 5) utilizando esponjas intravaginales comerciales, que contienen 40 mg. de acetato de fluorogestona FGA (*Chronogest*, Intervet). Las esponjas se aplicaron de manera manual y se dejaron por 14 días. Dos días antes de la remoción de las esponjas, las ovejas recibieron por vía intramuscular 200 U.I. de eCG (gonadotropina coriónica equina) antes PMSG (gonadotropina sérica de yegua preñada) (*Folligon*, Intervet). La inseminación se realizó a tiempo fijo a las 55 horas después de la remoción de las esponjas, utilizando 200 millones de espermatozoides por dosis de semen refrigerado diluido con agua de coco para la ITC y 100 millones para la IIU. El semen utilizado fue obtenido de dos eyaculados de un semental adulto (más de 3 años) de la raza Suffolk con una concentración espermática promedio conocida de más de 5 mil millones/ml. Las ovejas se dividieron en tres grupos. El grupo 1 (n= 22) recibió monta natural (MN) de tres carneros con fertilidad probada, el grupo 2 (n= 20) fue inseminado vía transcervical (ITC) y el grupo 3 (n= 20) se inseminó por vía intrauterina (IIU) por medio de un equipo de laparoscopia. Como respuesta a los tratamientos se tuvo una fertilidad de 72%, 25%, 63% para MN, ITC e IIU respectivamente. Se puede concluir que el porcentaje de fertilidad más alto es para la monta natural, la técnica de inseminación intrauterina fue la que tuvo mejores porcentajes de fertilidad, en comparación con la inseminación transcervical (variante Nunes, 2003). Sin embargo, ésta es una técnica sofisticada que difícilmente podrá emplearse de forma rutinaria en el campo.

I. Introducción.

En el año 2012, se publicó un estudio sobre la producción ovina en México, financiado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México con apoyo de especialistas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, en donde se reconoce que la producción ovina, tiene y mantendrá en el futuro una gran importancia productiva, económica, social, cultural y ecológica, y si bien es cierto, que ocupa por su impacto económico, uno de los últimos lugares en la industria pecuaria, es reconocida como una actividad importante dentro del subsector ganadero por el alto valor que representa al constituir un componente beneficioso para la economía del campesino de escasos recursos y por la gran demanda de sus productos, especialmente entre la población urbana de las grandes ciudades, como el Distrito Federal y su área conurbada del Estado de México, Guadalajara y Monterrey.¹ Éste mismo estudio menciona que para hacer de la producción ovina en México una actividad rentable, competitiva y sustentable, hay varios aspectos que, en corto plazo, deben considerarse seriamente, entre los cuales destacan; el establecimiento de esquemas de cruzamiento para la producción de carne; la competitividad, al abatir los costos de producción y mejorar los parámetros productivos actuales.¹

El éxito de una unidad de producción ovina (UPO) depende de su nivel de eficiencia para producir carne, leche o lana, al respecto es reconocido que la mayoría de las UPO del país utilizan sistemas tradicionales de producción, lo cual se refleja en bajos parámetros productivos y reproductivos de las mismas. Lo anterior pone en riesgo la permanencia de dichas unidades, por lo cual es necesario evaluar los sistemas actuales de producción en el país y considerar la posibilidad de utilizar biotecnologías que permitan mejorar dicha situación y ayudar a satisfacer la creciente demanda de productos de origen animal y así coadyuvar a la seguridad alimentaria, clave para lograr un país autodependiente.²

La utilización de diversas técnicas biotecnológicas tales como la sincronización de celos, el control de la ovulación, la inseminación artificial y la transferencia de embriones permiten multiplicar y difundir animales de alto valor genético.²

El mejoramiento genético es muy importante para el continuo desarrollo de las UPO al igual que de las otras especies de interés zootécnico, siempre y cuando el germoplasma difundido venga de animales con mérito genético probado. La inseminación artificial juega un papel relevante como herramienta para la difusión de este germoplasma y ya que ésta se ha venido refinando con el paso del tiempo, ahora se puede contar con más de una técnica de IA las cuales se usarán dependiendo de las condiciones que demanda cada unidad de producción.²

El potencial de la técnica de inseminación artificial (IA) para mejorar parámetros productivos ha sido demostrado en la mayoría de las especies de interés zootécnico, es por ello que la técnica ha sido ampliamente adoptada principalmente en las unidades de producción de ganado lechero, no así en la especie ovina, donde la falta de difusión se ha debido fundamentalmente en el manejo del semen, en las bajas tasas de concepción y los altos costos.²⁵ El uso de la IA en ovinos generalmente ha sido asociado a la necesidad de sincronizar celos, sin embargo, la eficacia de un programa de IA en ovinos está afectada por una gran cantidad de factores entre los cuales se pueden mencionar las características del semen (fresco, frío o congelado), el tipo de celo (natural o inducido), la edad de la oveja (primíparas o múltiparas), la época del año (reproducción o anestro), el semental, la técnica de inseminación (pericervical, transcervical o intrauterina) y las características individuales de cada UPO.³

En los ovinos, el uso de la IIU por medio de laparoscopia ha resuelto parcialmente el problema de la baja fertilidad, ya sea utilizando semen fresco, refrigerado o congelado (Salomon y Maxwell, 2000 citado por Soto, 2008). El gran inconveniente es que la técnica necesita de equipo costoso y personal capacitado, además que el manejo de los animales es más complicado. La técnica de ITC resulta ser una de las más económicas, ya que por la naturaleza propia de la técnica no utiliza equipo muy sofisticado, además la técnica en sí y el manejo de los animales es relativamente sencillo y práctico para poder trabajar a nivel de campo pero aun los porcentajes de fertilidad obtenidos son muy bajos, haciéndola poco redituable para el productor.²

II. Revisión de literatura.

2.1. Fisiología de la reproducción.

2.2. Ciclo estral de las ovejas.

2.2.1. Características del ciclo estral.

Las ovejas exhiben *estro* o *calor* a intervalos regulares durante la estación reproductora (de agosto a febrero). El *estro* es el período fértil y si la hembra no concibe, se repite cada 16 a 17 días en la mayoría de las ovejas (con márgenes de 14 a 19 días). En los animales más jóvenes este intervalo puede ser uno o dos días menor. La cadena de acontecimientos que se repiten y conducen a los períodos estrales regulares recibe el nombre de ciclo estral.⁴

Por razones de simplicidad, el ciclo estral se puede dividir en dos fases, la fase folicular (período de crecimiento folicular) y fase lútea (período de cuerpo lúteo). El *estro* se presenta en la última parte de la fase folicular que es relativamente corta, entre 3 y 4 días, ocupando la fase lútea el resto del ciclo (unos 13 días aprox.).⁴

El ciclo estral es controlado por una secuencia de cambios hormonales que son gobernados por el hipotálamo y la hipófisis los que interactúan con los ovarios y el útero.⁵ Por lo tanto, el control completo de la reproducción involucra una delicada acción recíproca entre el eje hipotálamo-hipofisiario, los ovarios y el útero.⁶

El control que ejerce el hipotálamo sobre la secreción de gonadotropinas hipofisiarias, está mediado por los factores liberadores o inhibidores como es el caso de la hormona estimulante de las gonadotropinas (GnRH), sustancias producidas y secretadas por las neuronas hipotalámicas que pasan a la hipófisis anterior por medio del sistema portal hipofisiario.⁶

Se han identificado a la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) como las hormonas gonadotrópicas secretadas por la hipófisis y que controlan el ciclo estral.⁷ La hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH) sintetizada por células neuroendocrinas en el hipotálamo induce la liberación de ambas, FSH y LH, de la hipófisis anterior.⁸ En la figura 1, se muestra el ciclo estral de la oveja.

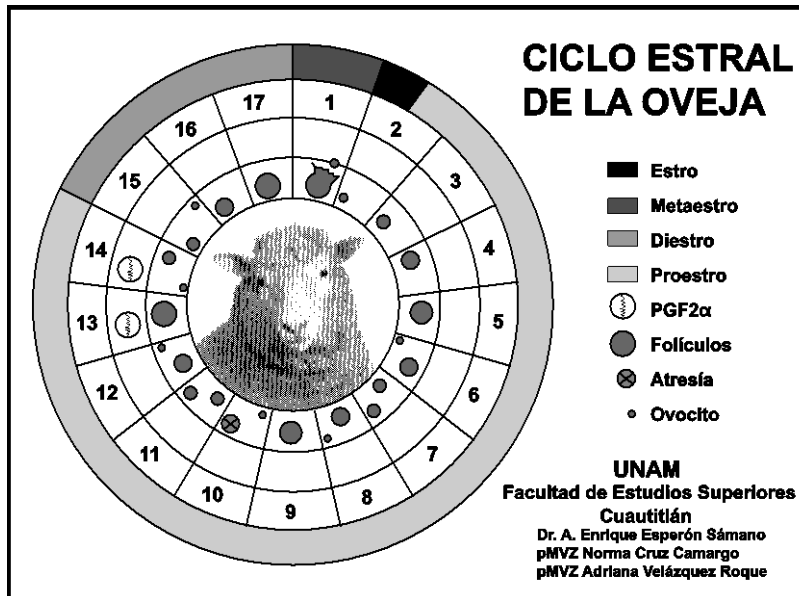


Figura 1. Ciclo estral de la oveja. Fuente: Soto et al. (2008).

2.2.2. Fase folicular.

El crecimiento folicular se encuentra bajo el control de las dos gonadotropinas liberadas en la hipófisis, llamada hormona foliculo-estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH). La FSH estimula el crecimiento temprano de los folículos y la LH es necesaria para completar las últimas fases del crecimiento. Además de provocar el crecimiento folicular las gonadotropinas hacen que el folículo sintetice hormonas sexuales femeninas, estrógenos, que se liberan al torrente circulatorio. Los folículos de Graaf, producen cantidades, relativamente grandes de estrógenos. Al principio, el nivel relativamente bajo de estrógenos en la sangre (2 pg/ml) provoca en la hipófisis un efecto negativo (inhibitorio) sobre la secreción de gonadotropina. Esto colabora a evitar un estímulo excesivo a los ovarios. Sin embargo, cuando el nivel de estrógenos es lo suficientemente alto (20 pg/ml) se dispara la oleada de LH a partir de la hipófisis. Este efecto llamado *oleada pre-ovulatoria de LH*, produce cambios en la pared del folículo que conducen a su rotura y liberan el ovocito.⁴

A su vez, esta etapa puede ser subdividida de acuerdo con las características endocrinas y conductuales que manifiestan los animales en: proestro y estro.²¹

Proestro: esta fase comienza cuando ocurre la regresión del cuerpo lúteo (CL) del ciclo anterior y las concentraciones de progesterona se disminuyen. Aquí aumenta la concentración de estradiol e inhibina secretados por el o los folículos que comenzaron su desarrollo durante el diestro. La duración del proestro está determinada por el grado de desarrollo en que se encuentre el folículo. El final de esta etapa coincide con el inicio de la receptibilidad sexual. La secreción de FSH es constante y no está regulada por GnRH sino por el estradiol y la

inhibina folicular. Por ello durante el proestro las concentraciones de FSH son bajas. Contrariamente la LH por efecto del estradiol ha comenzado a incrementar la frecuencia de secreción y a disminuir la amplitud de sus pulsos, lo que acentúa la producción de andrógenos con el consecuente incremento de la producción de estradiol.

En esta fase, la creciente producción de estrógenos foliculares inicia la preparación del aparato reproductivo para el apareamiento. El útero se aprecia agrandado y edematoso, las glándulas endometriales aumentan de tamaño, por lo cual se dice que entran en una fase proliferativa. En la vagina, el número de capas celulares del epitelio comienza a incrementarse y las capas superficiales se vuelven cornificadas.²¹

Estro: Es la etapa de receptibilidad sexual o calor donde la hembra busca activamente al macho, acepta la monta y el apareamiento. Su nombre deriva del griego *oistros*, que significa deseo desenfrenado. Debido a que ésta es la etapa más fácilmente reconocible por la conducta que muestra la hembra, el inicio del ciclo estral (día cero) corresponde al primer día del estro. En el ovario, el o los folículos en desarrollo alcanzan su madurez y tamaño preovulatorio, induciéndose las máximas concentraciones de estradiol y la LH, de modo que se produce el pico preovulatorio de LH que será responsable de la ovulación.

Los estrógenos son los responsables de inducir la conducta sexual, que varía en intensidad entre las diferentes especies. Sus signos más característicos son: inquietud, aumento de la locomoción, vocalizaciones e inapetencia, sin embargo, el que es considerado como definitivo del estro es la inmovilidad frente al macho para aceptar la cópula. En los rumiantes el cerebro requiere una exposición previa a progesterona para sensibilizarlo a la acción del estradiol. Es por ello que la ovulación del primer ciclo estral de la pubertad o estación reproductiva no se acompaña de manifestación de celo.²¹

El estradiol también produce cambios fisiológicos en el aparato reproductivo que tienen la finalidad de favorecer la atracción del macho, la cópula y la fertilización. El endometrio aumenta la síntesis de proteínas, produciéndose una secreción de moco cervical y vaginal con apariencia líquida y cristalina, y se aprecia la apertura del cérvix. El moco cervical tiene la finalidad de favorecer el desplazamiento de los espermatozoides al útero, así como de retener aquellos espermatozoides no viables para que sean fagocitados o eliminados junto con las secreciones vaginales.²¹

2.2.3. Fase lútea.

Después de la ovulación, el folículo de Graaf roto forma el *cuerpo hemorrágico*. Por la influencia de la oleada de LH, las células de la granulosa, en la pared del folículo roto, proliferan y se transforman en células luteínicas que subsiguientemente llenan el antro del folículo. A los 4 ó 5 días el cuerpo hemorrágico se transforma en cuerpo amarillo sólido, *cuerpo lúteo*, este proceso es conocido como de *luteinización*.⁴

A su vez, esta etapa puede ser subdividida de acuerdo con las características endocrinas y conductuales que manifiestan los animales en: Metaestro y diestro.²¹

Metaestro: esta etapa principia cuando ha terminado la receptividad sexual y concluye en el momento en que hay un CL funcional bien establecido. Tiene una duración aproximada de 12 hrs. Corresponde al periodo de transición entre la predominancia estrogénica y el incremento en las concentraciones de progesterona. El estradiol y la inhibina disminuyen súbitamente después de la ovulación, permitiéndose el incremento en las concentraciones de FSH que causan el reclutamiento de la primera oleada folicular. Durante esta fase, el ovario contiene al CL que se desarrolla, llamado cuerpo hemorrágico, principalmente bajo la influencia de la LH. Para la formación del CL, las células de la granulosa y de la teca del folículo inician inmediatamente su luteinización y diferenciación en las células esteroidogénicas. Por otro lado, el aumento en la concentración de progesterona provoca cambios físicos induciendo a las glándulas endometriales a que inicien su fase secretora y produzcan el histotrofo o leche uterina. Estas secreciones tienen la finalidad de nutrir al embrión hasta que se lleve a cabo la implantación. Lo anterior es posible gracias a que los estrógenos preovulatorios favorecieron la formación de receptores uterinos a progesterona.²¹

Diestro: ésta se considera la etapa más larga del ciclo estral (12 a 13 días) y se caracteriza por la plena funcionalidad del cuerpo lúteo, abarcando desde que esta estructura es funcional hasta la destrucción del mismo. Durante esta fase, la progesterona alcanza sus máximas concentraciones (4 ng/ml) y ejerce un efecto negativo en la liberación de LH debido a que inhibe la formación de receptores hipofisarios a GnRH, así como la secreción de GnRH. Adicionalmente, se observan repetidos incrementos en la secreción de FSH con el consecuente aumento en el desarrollo folicular y las concentraciones plasmáticas de estradiol e inhibina. Sin embargo, estos folículos no pueden concluir su maduración y sufren regresión. La progesterona estimula la actividad secretora del endometrio con la finalidad de albergar una posible gestación; adicionalmente, el cérvix se cierra, se reduce la secreción del moco cervical y vaginal, el cual adopta una apariencia pegajosa y opaca para impedir el paso de microorganismos al útero. Al término del diestro, los estrógenos han sensibilizado al endometrio para que forme receptores a oxitocina. En ese momento se inicia un mecanismo de retroalimentación positiva para la secreción de prostaglandinas-F₂ alfa. La función de prostaglandinas-F₂ alfa es destruir al cuerpo lúteo cuando no ocurrió la fertilización. Debe considerarse que para que el útero sea capaz de producir prostaglandinas-F₂ alfa tiene que tener un periodo previo de exposición a progesterona.²¹ En la figura 2, se muestran los niveles hormonales durante el ciclo estral de las ovejas.

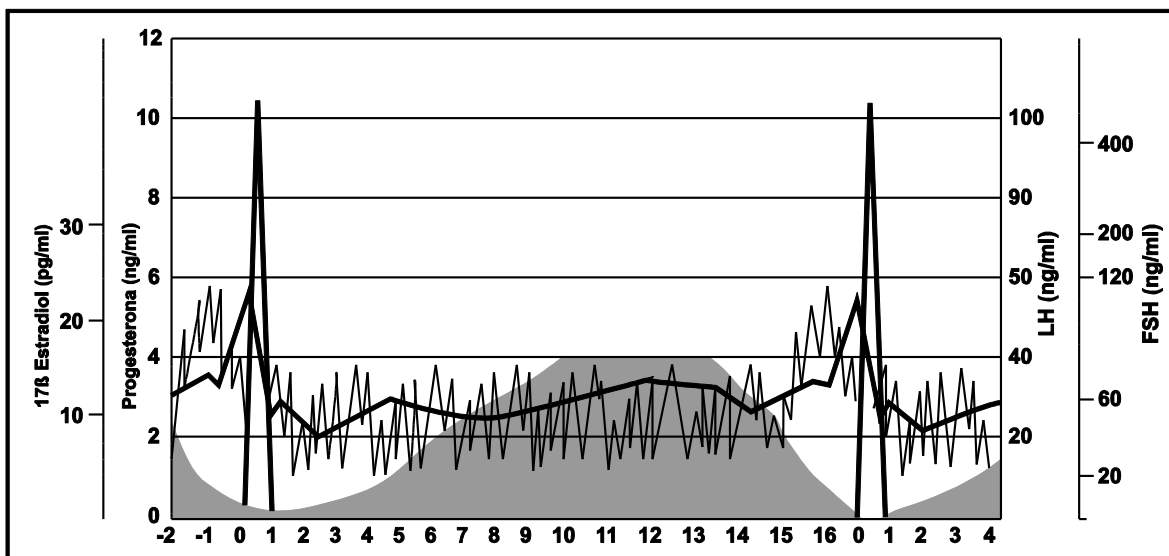


Figura 2. Niveles hormonales durante el ciclo estral de la oveja.

Fuente: Soto et al. (2008).

2.2.4. Estación reproductora.

En regiones templadas, la oveja es paléstrica estacional, de modo que sus crías nacen durante la época más favorable del año, la primavera. La duración de la estación de apareamiento varía con la duración del día, la raza y la nutrición. Esta estacionalidad es regida por el fotoperiodo; la actividad estrual comienza durante la época en que los días se hacen más cortos. En las zonas tropicales, donde hay menor variación de la duración del día, las ovejas nativas tienden a reproducirse todo el año. Por tanto, cuando las razas de clima templado se introducen en los trópicos, pierden gradualmente su estacionalidad y siguen los patrones reproductivos característicos del nuevo ambiente. La temperatura elevada y la alimentación deficiente, pueden restringir la actividad sexual durante algunos meses del año en los trópicos. Pero poco después del inicio de la temporada de lluvias aumenta dicha actividad.²² El genotipo influye en la temporada reproductiva. Las ovejas de raza Dorset, Merino y Rambouillet, que se originaron cerca del ecuador, tienen temporada de apareamiento más prolongada, que las razas británicas, como la Southdown y Hampshire.

La actividad folicular cambia durante todo el año en sincronía con los patrones circanales de secreción de prolactina y la duración del día, pero al parecer las fluctuaciones en la prolactina no se relacionan con la estacionalidad del apareamiento en la oveja.²²

La melatonina, una hormona pineal, modula la respuesta a los cambios en el fotoperiodo en ovejas. Las concentraciones de esa hormona son altas durante periodos de oscuridad y bajas durante periodos de luz; es probable que estas diferencias en el patrón de secreción de melatonina actúen como la señal que indica la duración del día al eje neuroendocrino.²²

2.3. Manipulación del ciclo estral en ovejas.

2.3.1. Fisiología de la sincronización.

La manipulación del ciclo estral de las ovejas supone el empleo de técnicas que controlen artificialmente el estado hormonal, ya sea mediante la acción de hormonas exógenas o empleando métodos que obliguen a la oveja a alterar su propio estado hormonal, con la finalidad de hacer entrar en celo a grupos de animales como respuesta al tratamiento. En el control artificial del estado hormonal, puesto que la progesterona puede considerarse como el “organizador” del ciclo estral, la manipulación del nivel de progesterona se convierte en un medio adecuado para el control del celo. El periodo de secreción de progesterona puede finalizarse sincronizadamente en un grupo de ovejas acortando o alargando el periodo artificialmente.²³

En las ovejas cíclicas se controla el momento del estro por la secreción de progesterona del cuerpo lúteo (CL), la cual ejerce una retroalimentación negativa en la secreción de LH, por lo que los eventos endocrinos que conducen a la maduración de folículos preovulatorios y su subsecuente ovulación son inhibidos hasta que declinan los niveles de progesterona en el momento de la regresión del CL. Así, la sincronización del estro y la ovulación realmente significa el control de la duración del tiempo de vida del CL.⁹

Para la sincronización del estro y la ovulación, el uso de Prostaglandinas (PGF2alfa) y sus análogos sintéticos son tratamientos muy usados y su mecanismo de acción consiste en inducir la regresión prematura del cuerpo lúteo, con lo que se interrumpe la fase prostestacional del ciclo estral y se inicia uno nuevo. Se ha encontrado que al administrar por vía intramuscular PGF2alfa entre los días 4 a 6 del ciclo y una segunda dosis con 9 ó 10 días de diferencia, el 100% de las ovejas y cabras presentan estro 40 horas después de la aplicación (Castro,1996).²⁷

Sin embargo, la principal desventaja del uso de prostaglandinas para el control del ciclo estral es que no pueden ser utilizadas en hembras que no estén ciclando de forma natural, por ejemplo en la estación de anestro, además que es posible inducir el aborto si las hembras están gestantes. También se han encontrado evidencias de una inhibición parcial del transporte espermático, disminuyendo la fertilidad cuando se usa inseminación artificial.²⁷

2.3.2. Sincronización del ciclo estral.

Se entiende por sincronización del celo a la presentación simultánea y dirigida del estro en un grupo de hembras en época reproductiva. Para ello, deberán utilizarse fármacos (progestágenos) capaces de inhibir el celo durante algún tiempo, alargando deliberadamente los ciclos estrales para que posteriormente, al suspender la sustancia inhibidora, el celo sobrevenga masivamente en un mismo momento en todas las hembras tratadas.¹⁰

La progesterona o sus análogos progestágenos son administrados entre los 12 y 14 días, para que debido a la retroalimentación negativa en el hipotálamo y la pituitaria, las ovejas no puedan continuar su ciclo durante el tratamiento. Para el final del tratamiento los cuerpos lúteos de las ovejas han regresado, sin importar en qué fase del ciclo se encontraban al comenzar el tratamiento, a la suspensión del fármaco las ovejas entran en celo durante los próximos dos o tres días.¹¹

Existen varios métodos para sincronizar el estro, y pueden clasificarse en dos categorías principales los naturales y los farmacológicos. Los métodos farmacológicos son eficaces en sincronizar el estro, casi a la vez, en todas las hembras tratadas de un rebaño, aunque tienen el inconveniente del costo de la compra y administración de los fármacos. El método natural es más barato, pero no agrupa, tan estrechamente, a las hembras en estro y sólo se puede utilizar en determinadas épocas del año.⁴

Método natural. La introducción de un lote de machos de forma brusca en un grupo de ovejas, que han estado sin la presencia de los mismos durante un período de, al menos, un mes, provoca la aparición de celos y ovulaciones en la época final del anestro, fenómeno conocido como *efecto macho*. El efecto macho destinado a la inseminación cervical, aumenta considerablemente los resultados de fertilidad con semen fresco o congelado, en comparación a los conseguidos con sincronización artificial y a un coste mucho más reducido.²³

Cabe mencionar que este método sólo ha resultado ser eficaz antes del comienzo de la estación reproductiva, cuando la mayoría de las hembras no son cíclicas. La mayoría de las ovejas mostrarán estros fértiles dentro de los 24 días. El estro inducido de esta manera está sincronizado tan estrechamente como para que la inseminación programada tenga éxito.⁴

Métodos farmacológicos. Los métodos farmacológicos se pueden dividir en dos tipos, basados en diferentes principios fisiológicos. El primero se basa en la administración de progestágenos sintéticos (o progesterona) para estimular la acción de un cuerpo lúteo natural. El segundo tipo se basa en la administración de PGF2-alfa, este método depende de la presencia de un CL funcional, por lo que sólo se puede utilizar en la época reproductiva.⁴

Existen varios métodos de administrar progestágenos a ovejas y cabras, pero el más conveniente y más comúnmente usado a nivel comercial implica la utilización de esponjas intravaginales impregnadas con el fármaco.¹²

A continuación se describe de manera detallada la técnica de inducción y sincronización de estros o calores en ovejas y cabras utilizando esponjas intravaginales:

- *Esponjas intravaginales.* Las esponjas intravaginales se fabrican a nivel comercial en México bajo los nombres de *Chronogest* del laboratorio Intervet o *Repromap* del laboratorio Upjohn. Las esponjas *Chronogest* contienen 30, 40 ó 45 mg de acetato de

fluorogestona (FGA), como progestágeno sintético. Las esponjas que contienen 30 mg se recomiendan utilizar en ovejas en anestro, las de 40 mg para ovejas estación reproductiva, así como en hembras primerizas y las de 45 mg para cabras en cualquier época del año. Las esponjas *Repromap* contienen 60 mg de acetato de medroxiprogesterona (MAP) y se utilizan para todos los fines. Cada esponja lleva incorporada una cuerda para facilitar su retirada.⁴

- *Colocación de la esponja.* Las esponjas se insertan dentro de la vagina con la ayuda de un aplicador o vaginoscopio, que consiste en un tubo de plástico y una varilla. Antes de su colocación, cada esponja debe ser impregnada en toda su superficie con alguna crema o pomada antiséptica, como por ejemplo *Bovoflavina*. El aplicador también se debe humedecer entre cada tratamiento con una solución antiséptica que ayuda a desinfectarlo y lubricarlo. La esponja se sitúa en la parte ancha del aplicador y se empuja hasta el otro extremo con la ayuda de la varilla, de tal forma que el cordel queda en el interior a todo lo largo del aplicador. A continuación y con la hembra en posición natural (esto es, parada en sus cuatro extremidades) se inserta el aplicador cargado con la esponja, junto con la varilla, dirigiéndolo hacia el techo de la vagina y tratando de hacer un ángulo de 20 grados y a una profundidad de 10 a 15 cm, sin que para ello se precise aplicar mucha fuerza. Es importante que antes de introducir el aplicador, se lave perfectamente la zona de la vulva con una solución desinfectante para evitar el arrastre de microorganismos al interior de la vagina. Una vez que el aplicador está en posición, la esponja se empuja con la varilla dejándola en el fondo de la vagina. Al retirar el aplicador parte del cordel de la esponja deberá quedar exteriorizado de la vagina. Las hembras primerizas pueden tener vaginas muy estrechas, en tales casos, no se debe utilizar el aplicador, es mejor empujar la esponja con el propio dedo.⁴
- *Retirada de la esponja.* La esponjas se retiran después de transcurrido el período de inserción recomendado (12 a 14 días en ovejas y de 16 a 18 para cabras). Se jala el cordel hacia fuera con cierta inclinación hacia abajo y con mucha suavidad, aunque con firmeza. La retirada de la esponja, a menudo está acompañada de la salida de un líquido maloliente procedente de la vagina, esto es normal a no ser que el líquido se vea acompañado de pus o sangre, lo que sería signo de lesión o infección vaginal. Una vez retiradas las esponjas, la mayoría de las hembras presentan estro a los 2 ó 3 días.⁴

2.3.3. Estimulación de la ovulación.

La estimulación de la ovulación se hace necesaria cuando las ovejas se van a inseminar en época de anestro, además los métodos utilizados para la estimulación de la ovulación, tienen

la ventaja de aumentar el índice de ovulaciones en las hembras con lo que se podrán tener mejores probabilidades de partos dobles.¹²

Existen métodos naturales o farmacológicos para estimular la ovulación en las hembras:

Métodos naturales. Es la práctica de suplementar la dieta con concentrados a las hembras 15 días antes de comenzar el empadre o la aparición de los estros, se le conoce como *flushing*. Esta práctica aumenta en un 20 a 30% el índice de ovulaciones. El *efecto macho* anteriormente descrito, estimula tanto la aparición de los estros como la ovulación.¹²

Métodos farmacológicos. El más utilizado se basa en la administración de gonadotropinas exógenas, en la fase folicular del ciclo estral. Las gonadotropinas exógenas más comúnmente utilizadas para estimular la ovulación son extractos de hipófisis de caballo o cerdo o suero de yegua gestante (PMSG). La gonadotropina coriónica equina (eCG) antes (PMSG), es la más utilizada ya que es de relativa larga duración y sólo se precisa una aplicación. Como norma general, la dosis de eCG debe ser de 400 a 500 UI para hembras en estación reproductiva y de 600 a 700 UI fuera de la estación. La eCG se podrá inyectar en cualquier momento durante los dos días anteriores a la retirada de las esponjas. En la práctica, es conveniente inyectar la eCG al momento de remover las esponjas intravaginales, sin embargo, se ha podido comprobar que se tienen mejores porcentajes de fertilidad y prolificidad si se aplica de uno a dos días antes de retirar las esponjas, sobre todo en época no reproductiva.⁴

Los resultados del cuadro 1 muestran un incremento del 10% en la incidencia de celos al administrar una dosis baja o alta de gonadotropina coriónica equina (eCG) antes (PMSG).²

Cuadro 1. Efecto de dosis de eCG en la incidencia de celos en ovejas criollas.

Dosis de eCG (UI)	Ovejas tratadas	Ovejas en celo	% de Celos
0	10	8	80
250	10	9	90
500	10	9	90

Ávila *et al.* (1997).

La administración de eCG no sólo incrementa la incidencia de celos, sino que también adelanta el momento de inicio del celo por un lado y por otro incrementa el grado de sincronización de los calores, el cual es mayor al administrar 500 UI de la gonadotropina coriónica equina eCG (cuadro 2).²

Cuadro 2. Efecto de dosis de eCG (UI) en la distribución de celos en ovejas criollas.

Dosis de eCG (UI)	Ovejas Tratadas	Hora de celo							
		24		30		36		60	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
0	10	-	-	1	10	4	40	3	30
250	10	1	10	8	80	-	-	-	-
500	10	4	40	5	50	-	-	-	-

Rangel *et al.* (1993).

La administración de eCG, sin embargo, no puede justificarse sólo para adelantar la hora de inicio del celo o para incrementar el porcentaje de celos, se debe considerar que su costo es alto. Con base a lo anterior, hay estudios donde se demuestra el potencial de la eCG para modificar en primera instancia la tasa de ovulación. Los resultados del cuadro 3 muestran una tasa de ovulación superior al administrar 500 U.I. de eCG, lo cual es el reflejo de un mayor porcentaje de ovejas presentando ovulaciones múltiples en dicho grupo.²

Cuadro 3. Efecto de la dosis de eCG (UI) en la tasa de ovulación de ovejas Suffolk sincronizada con Acetato de fluorogestona (FGA).

Dosis de eCG	Cantidad de Ovejas	Cantidad de cuerpos lúteos	Tasa de ovulación (%)	
			Simple	Múltiple
250	22	1.54	64	36
500	22	3.21	9	91

Echegaray *et al.* (1997).

Resultados donde se demuestra la importancia del día de la administración de la ECG se presentan en el cuadro 4. La mejor opción es administrar la hormona 2 días antes de la remoción de la esponja, aun cuando ello significa un manejo más para el ganado. Por lo cual sería necesario realizar una evaluación económica de dicha práctica, antes de decidir implementarla.²

Cuadro 4. Efecto del momento de administración de la eCG en la tasa de ovulación de ovejas Romney Marsh.

Administración de ECG	Cantidad de ovejas	Cantidad de cuerpos Lúteos
A la remoción	28	1.89
2 días antes	26	4.50
4 días antes	26	3.42

Rangel *et al.* (1993).

2.4. Colección y evaluación del semen.

Los métodos para la colección y evaluación de semen han sido mejorados a través del tiempo con la finalidad de que sean más rápidos y adecuados para la prueba de predicción de la fertilidad el carnero.¹⁴

Independientemente del método para la colección del semen, es necesario que el procedimiento reúna las siguientes condiciones fundamentales:¹⁰

- a) Recoger en la forma más higiénica el material.
- b) Que los espermatozoides sufran el menor daño posible.
- c) Que no cause trastorno al reproductor donante.

La extracción con vagina artificial es más recomendable porque no hay crueldad en la práctica, no se causa daño y se obtiene una buena cantidad y calidad del semen.¹⁵

2.4.1. Recolección de semen con vagina artificial. Este método proporciona al semental un medio similar al de la vagina de la hembra por lo que se estimula y eyacula, tiene varias ventajas dada su rapidez y limpieza, no es estresante para el semental y proporciona un semen colectado de mejor calidad, también se puede recolectar el semen, varias veces al día. La única desventaja es que el semental debe de tener un entrenamiento previo para que logre eyacular con éxito dentro de la vagina artificial.⁴

2.4.2. Recolección de semen con electro-eyaculador. Se debe usar cuando se precise recolectar semen de un macho que no es posible entrenarlo a la vagina artificial; este método tiene el inconveniente de producir malestar en el macho, no se pueden hacer recolecciones frecuentes y es común la contaminación con orina. Este método es útil para evaluar la calidad

seminal de un gran número de machos y para confirmar el resultado de las vasectomías antes de utilizar machos celadores.⁴

2.4.3. Evaluación del semen. Después de recogido el semen y antes de usarlo se debe determinar, cuidadosamente, tanto la cantidad como la calidad del eyaculado.⁴

Las pruebas de rutina a que se somete el semen son:

I. *Color y olor.* El color normal de un eyaculado debe ser blanco cremoso. Las variaciones pueden indicar una serie de anomalías, por ejemplo: un color de lechoso a acuoso está asociado generalmente a baja concentración de espermatozoides, el caso contrario sería un color cremoso intenso. Por la observación del color pueden detectarse algunas anormalidades. Por ejemplo: una coloración roja o rosada, indica la presencia de sangre; un color amarillo puede estar asociado con la presencia de orina o pus.²⁵

II. *Volumen de eyaculado.* Este suele poseer un rango muy variable que puede oscilar entre 0.3 a 2.00cc. Se mide directamente en el tubo donde se hace la colección, que por esta razón siempre debe estar graduado. Las variaciones que se presentan pueden deberse al individuo, edad, estación del año, número de servicios, cansancio y enfermedades.²⁵

III. *Motilidad masal.* La motilidad en masa de los espermatozoides es el sistema más simple para la determinar la movilidad del semen fresco. Para realizar esta medición, se coloca una gota de semen sobre un portaobjetos limpio, seco y templado (37° C), se cubre y se observa con pocos aumentos (40x). La estimación de la motilidad de los espermatozoides se hace sobre la base del vigor o potencia de la onda según si está o no presente dicho movimiento. Normalmente se valora en porcentaje de 0 a 100, aunque esta forma de valoración es subjetiva, con la práctica se puede hacer una estimación bastante segura.⁴

IV. *Motilidad progresiva o individual.* Se utiliza para muestras de semen que se han diluido, o que se han conservado. Se deposita una gota de semen sobre un portaobjetos limpio, a 37° C y se coloca un cubreobjetos, se debe observar con objetivo de 40x ó 100x. El paso a través del campo visual hacia adelante y sin movimientos de rotación de los espermatozoides, es lo que se denomina motilidad progresiva. Uno de los criterios que se pueden tomar, es seguir cuatro espermatozoides, a los cuales, dependiendo de la velocidad y capacidad para cruzar el campo visual, se le asigna un score o porcentaje.²⁵

V. *Concentración espermática.* La determinación, con exactitud, de la concentración, es decir, del número de espermatozoides por unidad de volumen (normalmente expresado en ml), es muy importante ya que sólo así se sabe cuántas ovejas o cabras se pueden inseminar con un eyaculado. El semen de carnero de buena calidad contiene entre 3.5 y 6.0 mil millones

de espermatozoides por mililitro de eyaculado.⁴ Esta puede ser medida básicamente por dos métodos, uno directo y otro indirecto. El método directo consiste en el conteo de espermatozoides en una cámara para contar células como son la de Neubauer, hemocitómetro o cámara cuenta glóbulos.²⁵

VI. *Morfología espermática.* El examen morfológico del semen es una prueba de control de calidad. Cada eyaculado contiene una serie de espermatozoides anormales, pero si la proporción de éstos es muy alta entonces el semen es de baja fertilidad.⁴

Los espermatozoides anormales se pueden detectar en un frotis de semen teñido. Para el examen rutinario de la morfología de los espermatozoides se puede utilizar la tinción de eosina-nigrosina.

Los pasos para preparar el frotis son los siguientes: a) Se colocan sobre un extremo del portaobjetos una o dos gotas de colorante y una pequeña gota de semen, b) Se mezcla el semen y el colorante y se extienden sobre el portaobjetos, con la ayuda del borde de otro portaobjetos, de tal manera que se forme una delgada película sobre el portaobjeto, c) Se deja secar la muestra y se observa al microscopio con objetivos de 100x, d) Se deben examinar por lo menos 100 espermatozoides de diferentes campos, e) Se anota la cantidad de espermatozoides normales y de los distintos tipos de anormales. Las muestras de semen que contengan más del 15% de espermatozoides anormales no se deben utilizar en un programa de IA.⁴

2.5. Procesamiento del semen.

Una de las mayores ventajas de la IA es que los sementales de gran valor pueden utilizarse para inseminar muchas más hembras que las que podrían cubrir por monta natural. Cuando se utiliza la IA en ovejas, tanto el volumen de inseminado como la cantidad de espermatozoides que contiene se reduce sustancialmente al compararlo con la inseminación natural. El límite inferior, generalmente aceptado como resultante de un buen índice de fertilización, tras la IA transcervical, es de 100 millones de espermatozoides por dosis inseminada y para IA intrauterina 20 millones. Un volumen adecuado para utilizar tanto en inseminación transcervical, como intrauterina varía de 0.5 a 0.25 ml; para inseminación vaginal se debe utilizar un volumen mayor. El problema de reducir la cantidad de espermatozoides a la dosis requerida, manteniendo un volumen adecuado, se soluciona mediante la dilución del semen. Además los diluyentes utilizados proporcionan a los espermatozoides nutrientes, sistema amortiguador a los cambios de pH y un ambiente isotónico. Además, protegen a los espermatozoides del choque del frío al reducir la temperatura para conservarlos.⁴

Ya que 1 ml de semen puro puede ser utilizado para inseminar alrededor de 20 ovejas, es de interés el uso de diluyentes que además de extender el eyaculado a una mayor cantidad de hembras, posibilita su empleo en un tiempo más prolongado.¹⁶

Un buen diluyente no debe ser tóxico para los espermatozoides, con un pH y presión osmótica compatibles con la sobrevivencia espermática; ser de bajo costo y de fácil preparación. Entre los existentes, se destacan los diluyentes a base de leche descremada y a base de agua de coco.¹⁶

El procesamiento del semen de carnero presenta los siguientes problemas a vencer: tasa de dilución, el diluyente utilizado y la técnica de IA.¹⁶

La tasa de dilución está relacionada con la cantidad de espermatozoides y el volumen a ser depositado en el tracto genital de la oveja. Cada diluyente presenta una condición particular de osmolaridad y pH, componentes importantes para la manutención de la sobre vivencia de los espermatozoides.¹⁶

Son diversos los diluyentes utilizados en la tecnología del semen de ovinos, por ejemplo el citrato-yema de huevo, leche descremada, tris yema de huevo, lactosa-yema de huevo-leche.¹⁶ Silva 1990 evaluó *in vitro* el semen de ovinos de pelo razas Morada Nova y Santa Inés. Después de realizada la colecta, cada eyaculación fue dividida en dos porcentajes iguales, siendo una diluida en agua de coco con osmolaridad y pH corregidos para el semen de ovino y la otra fue diluida en leche en polvo glucosado, concluyendo que los diluyentes utilizados demostraron eficiencia como medio de dilución para semen de ovinos de las razas estudiadas.¹⁶

No sólo la tasa de fertilidad fue superior a los diluyentes convencionales, también hubo un mayor nacimiento de crías hembras, indicando un favorecimiento a los cromosomas X y un detrimento a los cromosomas Y en los espermatozoides.¹⁶ Aunque no se ha encontrado otra referencia que apoye estos datos.

2.5.1. El agua de coco.

El agua de coco (*Cocos nucífera*), perteneciente a la subfamilia Cocosidea, de la familia Palmaea, está compuesta de soluciones ácidas naturales y estériles, conteniendo sales, proteínas, vitaminas, minerales y factores de crecimiento. En estado natural, contiene sustancias que induce a la diferenciación celular vegetal, retirando las células del estado durmiente, verificó que el principio activo de los factores de crecimiento es una sustancia, con propiedades parecidas a las auxinas y citocinas, que regula el crecimiento y promueve la división celular en los vegetales, en los hongos y en algunos protozoarios.¹⁶

2.5.2. Composición del agua de coco.

El agua de coco madura (fruto de 6 meses), está compuesta por aminoácidos, azúcares, vitaminas y minerales (cuadro 5).

En la fase de maduración inicial, esto es, el fruto verde con seis meses de edad, el agua de coco presenta una osmolaridad de alrededor de 500 miliosmoles y un pH de 4.5.

Sobre la forma de gel y estabilizado, el agua de coco ha mostrado excelentes resultados en al aumento de las tasas de partos, índice de proliferación y en la fertilidad. Además de eso, se ha observado el incremento en el número de hembras, en relación al número de machos nacidos de cabras inseminadas, con semen caprino diluido en agua de coco.¹⁶

Los resultados iniciales observados en cabras inseminadas con semen diluido en agua de coco fueron de 68% contra 60% en la tasa de partos, en el diluyente leche 180% y 110%, respectivamente en la tasa de prolificidad, demostrando un incremento de fetos. Además de eso, fueron obtenidos 72% de hembras contra 28% de machos, siendo que esas proporciones fueron de 43% y 57%, respectivamente (cuadro 6).

Cuadro 6. Fertilidad de cabras inseminadas con semen diluido en agua de coco y leche.

Parámetros	Agua de coco	Leche
Fertilidad a los 60 días	88% (194)	85% (136)
Tasa de parto	68% (150)	60% (96)
Tasa de prolificidad	180% (266)	110% (105)
Proporción de hembras	72% (194)	43% (45)
Proporción de machos	28% (72)	57% (60)

Fuente: Nunes (1987).

Estudiando el comportamiento *in vitro* del semen humano diluido en agua de coco o su fracción activa, fueron estadísticamente, superiores para la viabilidad y porcentaje de espermatozoides móviles. A través de la prueba de termo resistencia a 37° C del semen canino diluido en agua de coco, observó porcentajes de motilidad superiores sobre todo en el final de la incubación, cuando fue comparado con los resultados obtenidos con el diluyente a base de leche.¹⁶

Cuadro 5. Composición del agua de coco de un fruto de seis meses de maduración.

Aminoácidos	µg/ml
Aspártico	5.4
Glutámico	78.7
Serina	65.8
Glicina	13.9
Aspargina	10.4
Treanina	26.3
Alanina	177.1
Glutamina	113.4
Lisina	22.5
Arginina	16.8
Prolina	21.6
Valina	15.1
Leucina	31.6
Fenilalanina	10.2
Tirosina	3.1
Aminobutírico	168.8
Homoserina	5.2
Histina, metionina e hidroxiprolina	(traza)
Azúcares	mg/ml
Sacarosa	8.9
Glucosa	2.46
Fructosa	2.51
Vitaminas	mg/ml
Ácido nicotínico	0.64
Ácido pantoténico	0.52
Biotina	0.02
Riboflavina	0.01
Ácido fólico	0.002
Tiamina y piridoxina	(traza)
Minerales	mg/100ml
Potasio	312.0
Cloro	183.0
Sodio	105.0
Fósforo	37.0
Magnesio	30.0
Azufre	24.0
Hierro	0.1
Cobre	0.04
Calcio	(traza)

Fuente: Nunes (1987).

Resultados superiores para el agua de coco como diluyente, en relación con la leche, fueron encontrados en las evaluaciones de porcentaje de espermatozoides móviles y la motilidad progresiva del semen ovino incubado a +15° C durante 24 horas (cuadro 7).¹⁶

Cuadro 7. Porcentaje de espermatozoides móviles y motilidad masal del semen ovino diluido en agua de coco y leche, incubado a 15° C.

Tiempo de incubación (horas)	Agua de coco		Leche	
	% espermatozoides móviles	Motilidad masal	% espermatozoides móviles	Motilidad masal
5	85	4.5	80	4.5
4	80	4.5	70	4.0
6	70	4.0	60	3.5
8	60	4.0	50	3.0
24	50	3.0	60	2.0

Fuente: Nunes (1987).

2.6. Inseminación artificial.

La inseminación artificial (IA) en ovejas ofrece un potencial para una rápida difusión del progreso genético, sin embargo, las características del cérvix en la oveja con baja penetrabilidad, obliga a utilizar dosis de semen fresco y muchas mayores de semen congelado, lo cual redundaría en un bajo aprovechamiento del eyaculado para semen en fresco y bajos índices de gestación en el caso del congelado.¹⁷

Tres sitios se han utilizado para la inseminación en ovejas: a) inseminación vaginal o pericervical, b) inseminación transcervical y c) inseminación intrauterina.¹⁸

El éxito de la IA en ovejas depende de varios factores, estos incluyen: a) calidad del semen, b) cantidad de células espermáticas por dosis, d) tiempo del estro en la oveja, e) número de inseminaciones, f) tiempo de inseminación y g) sitio de depósito del semen.¹⁸

El problema de la barrera cervical puede ser salvada por la deposición uterina del semen con laparoscopia o por el método de inseminación transcervical. Sin embargo, la proporción de ovejas que es posible penetrar el cérvix por medios tradicionales es baja, debido a la presencia de sacos no alineados en el lumen cervical.¹⁹

La fertilidad de las ovejas inseminadas por vía cervical usando semen congelado con bajo número de células espermáticas, es sensiblemente menor que el obtenido cuando igual número de espermatozoides provenientes de muestras de semen congelado son depositados

en el lumen uterino mediante laparoscopia.²⁰ En el cuadro 8 se muestran los resultados obtenidos con inseminación artificial en México.

Cuadro 8. Porcentajes de fertilidad obtenidos en México, utilizando inseminación artificial en ovinos (valores máximos y mínimos).

Tipo de semen	Estro natural (%)	Estro sincronizado (%)	Estro inducido (%)
Semen fresco	70 - 90	50 - 70	30 - 50
Semen refrigerado	50 - 70	40 - 50	30 - 40
Semen congelado (vía cervical)	30 - 50	30 - 40	25 - 30
Semen congelado (vía uterina, por laparoscopia)	90 - 95	80 - 90	70 - 80

Fuente: Trejo y Valencia (1988) citado por Soto et al. 2008.

2.6.1. Inseminación transcervical.

La inquietud de depositar el semen traspasando la barrera que representa el anatómicamente tortuoso cérvix de ovinos llevó al desarrollo de la técnica de inseminación transcervical. La técnica consiste en fijar con unas pinzas uno de los labios de la entrada del cérvix y retraerlo hacia la vagina con la finalidad de introducir un dispositivo de inseminación a través del cérvix. Estudios en el extranjero reportaron porcentajes de penetración completa en el 82% de las ovejas en 2.6 minutos. Similarmente, en México, Rangel (1997) reportó un 87% de penetración cervical en ovejas Criollas en un tiempo promedio de cinco minutos y 37 segundos. En la actualidad existe poca información utilizando dicha técnica a nivel comercial, no obstante hay evidencias que demuestran la factibilidad de obtener niveles de fertilidad aceptables (51-68 %) utilizando semen congelado.²

La técnica requiere de un alto nivel de manipulación cuidadosa, ya que la presencia de sangre puede ocasionar la formación de adherencias y comprometer la capacidad de reproducción posteriormente al utilizar monta natural. Así mismo, no existe información sobre la efectividad de la técnica al utilizarla varias ocasiones en el mismo animal.²

En el Cuadro 9 se puede observar el porcentaje promedio de fertilidad obtenida mediante las técnicas de inseminación cervical (IAC) y la inseminación intrauterina (IAU) de las principales razas lecheras españolas.²⁴

Cuadro 9. Aspectos más destacados de la IA en los esquemas de selección de las razas ovinas lecheras españolas.

	Churra	Latxa	Manchega
Año inicio IA	1986	1985	1988
Ganaderías	60	186	114
Total ovejas IA	40.256	79.557	27.308
Total ovejas ITC	31.589	79.457	26.751
Total ovejas IAU	8.667	100	557
Ovejas IA 1992	10.869	12.171	6.607
Ovejas IA 1993	12.000	12.700	11.000
Fertilidad media:			
IAC	33%	48%	41%
IAU	60%	-	67%
Prolificidad media	1.45	1.56	1.52

Fuente: Buxadé (1998)

La aplicación por vía cervical del semen refrigerado con sincronización hormonal en lotes de ovejas más o menos numerosos, es el predominante para la IA de las ovejas de leche.²³

El nivel de fertilidad con aplicación cervical oscila entre el 35 y el 70 %, mientras que el caso de la intrauterina oscila entre el 50 y el 80 %.²³

La inseminación transcervical se ha utilizado en varios estudios con semen fresco en la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH). Los resultados de un estudio donde se inseminaron ovejas Suffolk se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Porcentaje de gestación de ovejas Suffolk inseminadas transcervicalmente depositando semen fresco en tres partes del aparato reproductor.²

Sitio de depósito	Ovejas inseminadas	% de gestación (n)
Entrada del cérvix	9	55.56 (5)
Mitad del cérvix	12	58.33 (7)
Útero	37	64.86 (24)

Fuente: Núñez, 2001. Citado por Rangel 2002.

La utilización de la técnica con semen fresco o congelado ha generado resultados variables. En general, los resultados demuestran mayor variabilidad al utilizar semen congelado comparativamente con semen fresco, lo cual alerta sobre la factibilidad de utilizar la técnica con semen congelado y generar resultados atractivos para el productor. Una gran cantidad de factores pueden estar originando dichos resultados, lo cual obliga a los técnicos involucrados en el área a generar metodologías más eficientes.²

La aplicación de semen congelado por vía cervical, en celo natural o sincronizado, es poco utilizada, debido a la disparidad y bajos resultados medios de fertilidad obtenidos. La

fertilidad suele ser un 20% inferior de la que se consigue en condiciones parecidas con semen fresco.²⁴ El cuadro 11 muestra resultados de inseminación artificial con semen congelado.

Cuadro 11. Resultados reproductivos de la IA exocervical con semen descongelado en España.

Raza	Fertilidad	Prolificidad	Autor
Manchega	57%	-	Vázquez y col. 1988
	34%	1.6	Garde, 1993
Latxa	33%	1.8	Beltrán y cols. 1989

Fuente: Buxadé 1998. (IA doble y sobre celo natural).

2.6.2. Técnica de inseminación transcervical.

Para la inseminación artificial transcervical (ITC), el mejor método para sujetar a las hembras es el denominado “sobre la barra”, en el que el animal se inclina con la cabeza hacia abajo, colocando su parte posterior sobre la barra de un cerca o redil (pueden usarse también pacas de forraje) (fig. 3). Esto se logra con la ayuda de otra persona que, desde el interior del corral, mantiene los cuartos traseros sobre la barra del mismo o sobre las pacas mientras las patas delanteras quedan apoyadas en el suelo.⁴

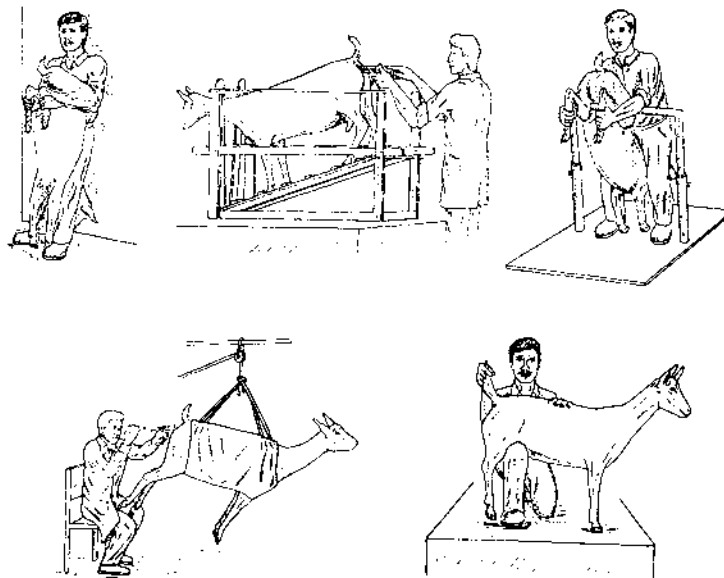


Figura 3. Técnica de sujeción “sobre la barra” para la inseminación transcervical de pequeños rumiantes. Fuente: Nunes y Pérez (2001).

Una vez sujeta la hembra, se limpia la vulva con una toalla desechable, el espéculo se debe introducir en la vagina con las pinzas cerradas y paralelo a los labios de la vulva. Se debe evitar el tratar de introducir el espéculo por la fuerza, ya que esto puede ocasionar lesiones en los tejidos. Después de insertado unos 10 a 13 cm, el espéculo puede rotar unos 90° y abrir sus pinzas. Se dirige, entonces, el haz de luz de la lámpara hacia la vagina anterior, a través del espéculo abierto. El cérvix se localiza fácilmente manipulando el espéculo hacia los lados (fig. 4). Las pinzas del espéculo no deben permanecer abiertas mucho tiempo para evitar que molesten al animal. Si se hace difícil la localización del cérvix, es aconsejable mover la postura de sujeción del animal.⁴

La pipeta de inseminación debe ser cargada por un ayudante. Una vez cargada se introduce la pistola de inseminación, a través de las pinzas abiertas del espéculo, hasta llegar a los primeros anillos del cérvix. Cuando ya está insertada la pistola dentro del cérvix, se retira ligeramente el espéculo y se procede a depositar el semen, la retirada del espéculo permite el cierre de la vagina anterior lo que impide el reflujos del semen. Después de depositado el semen se retiran, primero la pistola de inseminación y luego el espéculo.⁴

Para evitar la dispersión de enfermedades es necesario limpiar y desinfectar cuidadosamente todo el instrumental entre cada inseminación.

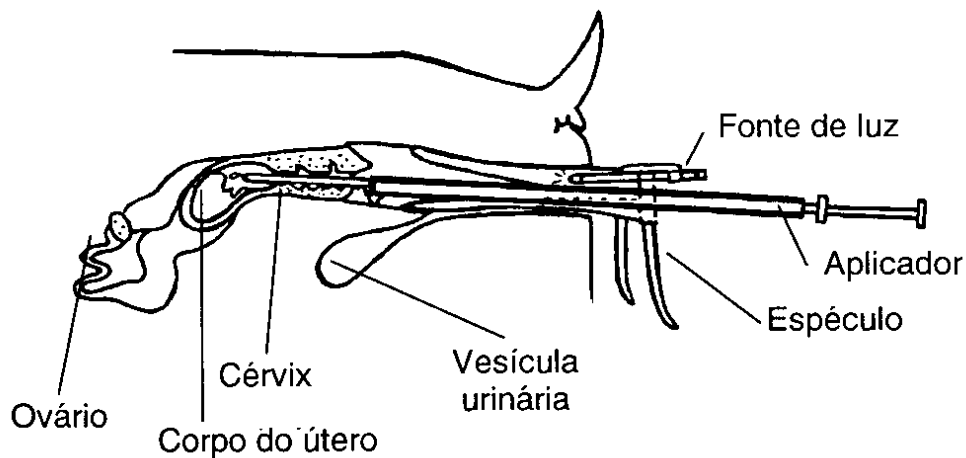


Figura 4. Técnica de inseminación artificial transcervical.
Fuente: Nunes y Pérez (2001).

2.6.3. Inseminación intrauterina.

La necesidad de alcanzar niveles de fertilidad altos utilizando tanto semen fresco como congelado llevó al desarrollo de la técnica de inseminación intrauterina (IIU). El depósito del semen directamente en los cuernos uterinos se puede llevar a cabo mediante una laparotomía medio-ventral o con la ayuda de un laparoscopio.²

Los resultados de algunos estudios utilizando inseminación intrauterina con semen fresco o congelado se presentan en los cuadros 12 y 13. El nivel de fertilidad es consistentemente superior al utilizar semen fresco comparativamente con el uso de semen congelado, sin embargo, existe gran variabilidad en los resultados independientemente del tipo de semen utilizado. Ello sugiere la influencia de una gran cantidad de factores medioambientales en la eficiencia de ésta técnica de inseminación.²

Cuadro 12. Resultados reproductivos de la IAO intrauterina con semen descongelado en ovejas de leche en España.

Raza	Fertilidad	Prolificidad	Autor
Churra	65%	1.4	Anel y col. 1992
Manchega	64%	1.7	Pérez y cols. 1993
Latxa	43%	1.4	Beltrán y cols. 1989

Fuente: Buxade 1998. (IAO doble y sobre celo natural).

Cuadro 13. Resultados de fertilidad tras la IAO a gran escala en los países con programas de selección en ovino de leche.

País	Raza	Ovejas IA	Fert.(%)	Observaciones
España	Latxa	83.019	46	1984-94
	Churra	46.900	35	IAC 1986-94
		12.217	60	IAU 1991-94
Francia	Manchega	45.000	39	1988-94
	Lacaune	1.917.677	62	Mayo-junio 1975-1983
	Manech	48.448	46	
Italia	Sarda	12.000	45	IAC 1994
		320	55	IAU

Fuente: Buxadé 1998.

En general la inseminación intrauterina genera los niveles de fertilidad más altos independientemente de utilizar semen fresco, frío o congelado, por lo cual actualmente es la técnica más utilizada en nuestro país. Sin embargo, presenta dos limitantes importantes, la primera es que debe ser realizada por técnicos especializados y con experiencia y la segunda es el alto costo del equipo utilizado. En el caso de la segunda desventaja, realmente no es una

limitante para el productor sino para el técnico inseminador, el productor solamente estaría demandando un servicio.²

2.6.4 Técnica de inseminación intrauterina.

La técnica de laparoscopia consiste en la introducción en la pared abdominal de dos cánulas de 5mm. Una de ellas sirve para deslizar el telescopio, la segunda recibe el aplicador del semen, denominado “aspic” que representa una aguja hipodérmica en el extremo, para perforar la pared uterina y depositar el semen.²⁷

La IA intrauterina se realizó en un corral próximo a donde estaban los animales; era una zona limpia y confortable. Estaba cerrado con disposición de tomas de corriente eléctrica y agua.

a) Sujeción de las hembras. Las ovejas se sujetaron y presentaron para la IA en dos camillas provistas con ruedas, una para la preparación de los animales en un área y otra para la IA. Se trató de hacer en el menor tiempo posible y el mínimo de trabajo; lo anterior para no provocar un estrés innecesario en los animales.

b) Las ovejas a inseminar por laparoscopia estuvieron sin comida y agua al menos 24 horas antes de practicar la operación. Esto redujo el contenido de la vejiga y el rumen, lo que dio como resultado una más fácil localización del útero y evitó la regurgitación del contenido ruminal durante la intervención.

c) Las ovejas se rasuran alrededor de la ubre, la suciedad y la grasa se eliminaron mediante un lavado con jabón antiséptico o detergente. La piel se esterilizó con alcohol al 70% o solución de benzal. Después se aplicó localmente anestesia (xilocaína al 2%) por vía subcutánea, entre 5 y 7 cm adelante de la ubre y de 3 a 4 cm laterales a la línea media (en el lado izquierdo se administraron 3 ml y en el derecho 2 ml).

d) La hembra se colocó sobre la camilla con sus cuartos traseros levantados, con un ángulo de unos 40 a 45 grados y se procedió a insuflar con gas o aire, para esto se introdujo una aguja conectada a una manguera que viene del compresor de aire. Sólo fue necesario pasar un poco de aire para distender el abdomen y poder ver las vísceras (el exceso de aire provoca malestar en el animal). Después se introdujo un trocar de 7 mm del lado izquierdo del animal. Se puso especial atención que en el procedimiento no se lesionaran los órganos abdominales. El trocar de 5 mm se introdujo del lado derecho (fig. 5).

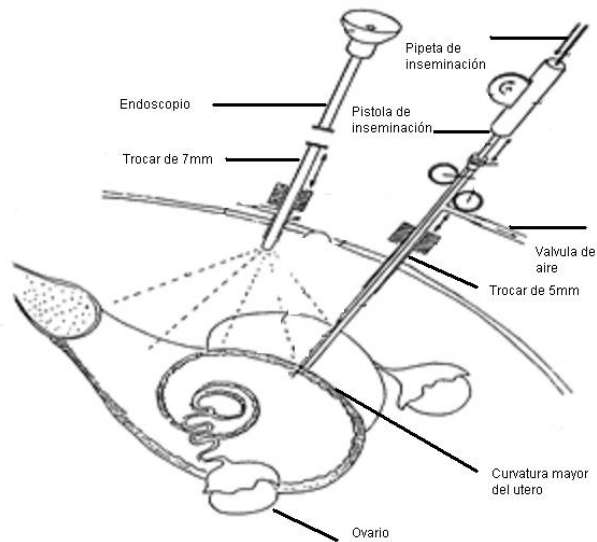


Figura 5. Técnica de inseminación artificial intrauterina.
Fuente: Nunes y Pérez (2001).

e) Una vez introducido el trocar se retiró quedando sólo la cánula por la cual se hizo pasar el endoscopio ya conectado a la fuente de luz, con el endoscopio fue fácil ver el interior del abdomen. El útero se localiza justamente anterior a la vejiga, pero ya en la camilla por la posición de la hembra, está por debajo de la vejiga. Para la inseminación, un ayudante preparó las pajillas de inseminación, introduciendo en éstas el volumen de semen requerido. Después de localizar el útero se retiró el trocar de 5 mm y se reemplazó por la pistola de inseminación. Se tuvo la precaución de no introducir ningún contaminante (por ejemplo, solución antiséptica, sangre, agua, etcétera) dentro de la cavidad abdominal y, en particular, en el útero, por medio de la pistola de inseminación. Observando a través del endoscopio, se pudo guiar la punta de la pipeta de inseminación (aspic) hacia un cuerno uterino. Debido a la posición del útero en la cavidad abdominal, es más fácilmente en cada uno de los cuernos del útero. Una vez localizado el sitio, la pipeta atraviesa la pared uterina, llegando hasta el lumen del útero, entonces se da la orden al ayudante para que empuje la mitad del semen, se retira la pipeta y se repite la operación en el otro cuerno.

f) Después de depositar el semen se retiró el endoscopio. Se desinfló la cavidad abdominal antes de retirarlo. A las pequeñas heridas abdominales se les aplicó un antiséptico en aerosol; también se administró una dosis profiláctica intramuscular de penicilina y estreptomicina. Se aseguró que el animal no tuviera ninguna hemorragia antes de soltarlo.

g) Entre cada inseminación el instrumental fue desinfectado y esterilizado.

3.0 Parámetros Reproductivos

3.1 Fertilidad

A la hora de abordar cualquier aspecto relativo a la producción ovina, se hace imprescindible conocer lo que representa exactamente los diferentes parámetros reproductivos. La utilización correcta de los mismos y el conocimiento de lo que representa cada uno de ellos tienen una gran importancia en la interpretación de los resultados de las cubriciones o inseminaciones y en la subsiguiente programación de las estrategias reproductivas que se adoptarán en el rebaño, a la par que nos facilitará la propia obtención de datos para calcular la eficiencia reproductiva de una determinada cubrición o bien de un periodo de tiempo de referencia, como por ejemplo el anual y con esto poder hacer un balance de los beneficios económicos que estamos o no obteniendo con nuestro rebaño.²⁶

En este sentido, la fertilidad se trata de un parámetro de gran importancia, pues refleja la eficiencia del proceso reproductivo. Se trata de un parámetro que a nivel comercial puede resultar de gran utilidad. Las ovejas gestantes se pueden determinar por ecografía a partir del mes de la cubrición, con lo que se trata de un diagnóstico de gestación relativamente precoz que nos sirve para identificar a las ovejas no gestantes y poder tomar la decisión más oportuna sobre ellas: desecho, incorporación a otra cubrición en un lote distinto, realizar un tratamiento hormonal, etc.²⁶

Formula: Fertilidad biológica = no. Ovejas gestantes/no. Ovejas a cubrir X 100

III. Hipótesis.

Ho. No existe diferencia sobre la fertilidad entre las ovejas servidas por monta natural con respecto a las ovejas inseminadas transcervical e intrauterinamente.

Ha. Existe efecto sobre la fertilidad de las ovejas servidas con monta natural con respecto a las ovejas inseminadas transcervical e intrauterinamente.

IV. Objetivos.

1. Comparar la fertilidad obtenida utilizando monta natural, las técnicas de inseminación intrauterina y transcervical bajo condiciones de campo utilizando semen refrigerado diluido en agua de coco (variante Nunes 2003, depositando el semen con agua de coco como diluyente en los primeros anillos del cérvix).

2. Determinar el porcentaje de fertilidad y factibilidad de utilización a nivel de campo de cada una de las técnicas empleadas.

V. Materiales y métodos.

5.1. Localización.

El trabajo se realizó en la unidad de producción ovina comercial: *Rancho Ovino* localizado en la comunidad de Tultengo, municipio de Tepeapulco, Hidalgo. El estado de Hidalgo se localiza en la zona centro del país, al oeste de la Sierra Madre Oriental, al noroeste de la altiplanicie meridional y al sur de la planicie costera nororiental, y se ubica geográficamente entre los meridianos 19° 36' y 21° 24' de latitud norte y los 97° 58' y 99°54' longitud oeste. Limita al norte con San Luis Potosí; al este con Puebla; al sureste con Tlaxcala; al sur con el Estado de México y al oeste con Querétaro. La extensión total de la entidad es de 20,870 km², que representan el 1.06% de la superficie total del país, Está conformado por 84 municipios, siendo Pachuca de Soto su capital.

El municipio de Tepeapulco se localiza al sur del estado de Hidalgo, colinda al norte con el municipio de Cuauhtepic de Hinojosa, al noroeste con el estado de Puebla, al sureste con el municipio de Apan, al sur con el estado de Tlaxcala, al oeste con el municipio de Emiliano Zapata y al noroeste con el municipio de Zempoala, su región geográfica se considera parte del altiplano. Se localiza a 19° 42' 47'' de longitud norte, y a 98° 27' 28'' de latitud oeste del meridiano de Greenwich. Su extensión es de 346 km² y se encuentra a 2,492 metros de altura sobre el nivel del mar.

5.2. Animales.

Se emplearon 62 ovejas de raza Suffolk con más de un parto en condición corporal 3.0 y 3.5 (en una escala del 1 al 5), con edades de entre dos y cinco años. El régimen alimenticio del rebaño incluye pastoreo diurno durante ocho horas al día sobre praderas nativas y un complemento de 400 g de un alimento balanceado con el 14% de proteína cruda por oveja al día, sales minerales comerciales y agua a libre acceso.

5.3. Metodología.

Para este estudio se sincronizó la reproducción de 62 ovejas utilizando esponjas intravaginales comerciales, que contienen 40 mg de acetato de fluorogestona (FGA) (*Chronogest*, Intervet). Las esponjas se aplicaron manualmente y se dejaron por 14 días. Dos días antes de la remoción de las esponjas, las ovejas recibieron 200 UI de eCG por vía intramuscular (*Folligon*, Intervet). La inseminación se realizó a tiempo fijo (55 horas después de la remoción de las esponjas), utilizando semen refrigerado diluido con agua de coco.

Las ovejas se ubicaron al azar en tres grupos. Las del grupo 1 (n= 22) recibieron monta natural. El grupo 2 (n= 20) se inseminaron con 200×10^6 de células espermáticas por vía transcervical y los animales del grupo 3 (n= 20) con 100×10^6 de células espermáticas por vía intrauterina por medio de un equipo de laparoscopia. El porcentaje de gestaciones se conoció a los 60 días después de la inseminación con un equipo de ultrasonografía Modo “B”.

5.4. Dilución y preparación del semen.

El semen utilizado en este trabajo, se obtuvo de dos eyaculados que se recolectaron con vagina artificial de sólo un semental adulto (más de 3 años) de la raza Suffolk, cuya concentración espermática conocida promedió los 5 mil millones de células espermáticas por mililitro. Dato que se obtuvo tras realizar múltiples conteos de células espermáticas en la cámara de Neubauer o hematocitómetro.

Diluyente a base de agua de coco (Protocolo Nunes 2003). Después de la etapa de evaluación, considerando tener la muestra de semen de buena calidad, siguió la fase de dilución, donde se usó una parte de semen para nueve partes de diluyente (1:9); esto es, para 1.5 ml de semen, se adicionaron 13.5 ml de diluyente, obteniéndose 15 ml de semen diluido, cantidad suficiente para inseminar 30 hembras (0.5 ml de la solución para cada una) (Fig. 6).

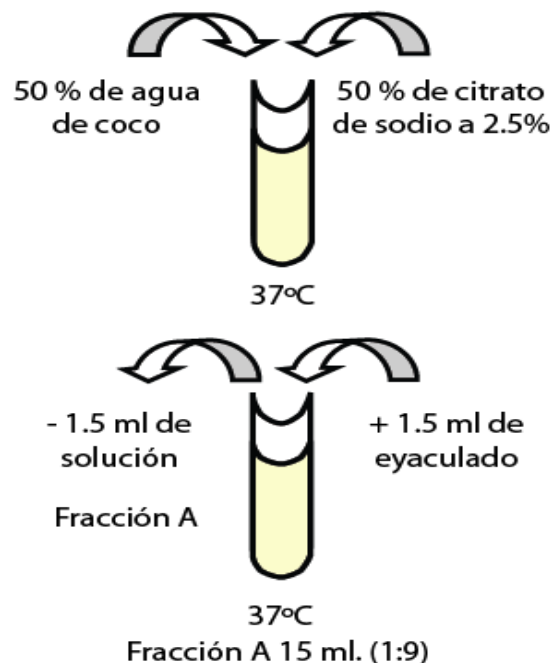


Figura 6. Fase de dilución de semen.

De esta manera y considerando manejar la concentración espermática de 5 mil millones por mililitro y una motilidad masal de 85%, se obtienen:

$$\text{Con. } (5 \times 10^9) \times \text{Vol. } (1.5) \times \text{Mot. } (0.85) / 30 \text{ dosis} = 212.5 \text{ mill. de espermatozoides por dosis}$$

$$\text{Con. } (5 \times 10^9) \times \text{Vol. } (1.5) \times \text{Mot. } (0.85) / 60 \text{ dosis} = 106.25 \text{ mill. de espermatozoides por dosis}$$

Otra manera de calcular la dilución es la siguiente: Para esto se requiere conocer como datos preliminares: 1) Cuál es el número de espermatozoides que se van a usar en cada inseminación; 2) Qué volumen de semen se tiene; 3) Cuál es la concentración de éste; 4) Cuál es el porcentaje de motilidad y 5) Qué volumen de semen se va a inseminar.²⁵

Se tiene un semen con las siguientes características:

- 1) 200 millones de espermatozoides para ITC y 100 millones para IIU por dosis
- 2) Volumen obtenido de dos eyaculados: 2.5 ml
- 3) Concentración: 5 mil millones por mililitro
- 4) Motilidad masal: 85%

Con la siguiente fórmula se determina el número de dosis que se pueden obtener:

$$\text{Vol. } (2.5) \times \text{Con. } (5 \times 10^9) \times \text{Mot. } (0.85) / 200 \times 10^6 = 53.125 \text{ dosis}$$

Si estas dosis se van a colocar en pajillas de 0.5 ml, entonces se multiplica para obtener cuál será el volumen final, como se muestra a continuación:

$$53.125 \times 0.5 = 26.6 \text{ ml}$$

Como se cuenta con un volumen inicial de 2.5 se le resta para saber cuánto diluyente se debe agregar, quedando como sigue:

$$26.6 - 2.5 = 24.1 \text{ ml de diluyente total}$$

5.5. Grupo testigo (n= 22).

Recibió monta natural (MN) de tres carneros de raza Suffolk de 1.5 a 4 años de edad y con fertilidad probada. Se introdujeron tanto hembras como sementales en un mismo corral, además, estos llevaban petos marcadores con crayones de diferente color para poder determinar que macho montó a cada hembra.

5.6. Grupo 2 (n=20).

Fue inseminado por la técnica de inseminación transcervical (ITC). Ver revisión de literatura.

5.7. Grupo 3 (n=20).

Fue inseminado con la técnica de Inseminación intrauterina (IIU). Ver revisión de literatura.

5.8. Análisis estadístico.

La variable a evaluar dentro del presente trabajo fue la fertilidad. Los datos fueron procesados en el programa SPSS 9 y analizados mediante Chi Cuadrado, considerando un nivel de significancia de $p < 0.05$.²⁸

VI. Resultados y discusión.

Los resultados del diagnóstico de gestación a las ovejas de los tres grupos 60 días después de la inseminación con equipo de ultrasonografía modo “B”, se muestran en el cuadro 14. Se puede observar en el caso de monta natural que de las 22 ovejas sólo 16 tuvieron gestación positiva y seis resultaron negativas, con el porcentaje de fertilidad más alto (72%). Las 20 hembras inseminadas con la técnica transcervical (ITC) sólo cinco fueron diagnosticadas con gestación positiva, es decir, un 25% de fertilidad. Para las ovejas inseminadas por laparoscopia (IIU) se diagnosticaron 12 ovejas gestantes, siete negativas y una oveja murió durante el tratamiento, resultando en un 63% de fertilidad.

Cuadro 14. Fertilidad obtenida por dos técnicas de inseminación artificial en ovejas Suffolk comparadas con monta natural.

Tipo de Inseminación	Gestantes	Vacías	Fertilidad (%)
Transcervical (ITC)	5	15	25 ^a
Intrauterina (IIU)	12	7	63 ^b
Monta natural	16	6	72 ^c

Letras diferentes en las columnas, representan diferencias significativas. ($p < 0.0063$)

La fertilidad obtenida con la IIU en este trabajo (63%) coincide con lo reportado por Espinoza y Ezquivel (1995) y Rangel *et al.* (1997) quienes en trabajos similares lograron un 69% y 65% de concepción respectivamente. Incluso para los resultados de Nunes (2001) donde reporta una fertilidad de 65.8%. Sin embargo, hay reportes en México donde los porcentajes de fertilidad con semen congelado y estro sincronizado van de entre 80% y 90%, Trejo y Valencia (1988) citado por Soto *et al.* (2008).

Con respecto a la ITC los resultados obtenidos en el presente trabajo fueron diferentes a lo informado por Nunes *et al.* (2001) donde obtienen un 55.5% de fertilidad contra lo observado en esta evaluación (25%). También Maxwell y Evans (1990) obtienen un porcentaje de fertilidad superior (43%) con la misma técnica, donde depositan el semen a la entrada del cérvix. También Trejo y Valencia (1988), citados por Soto *et al.* (2008), reportan valores del 30% y 40% de fertilidad con semen congelado y estro sincronizado vía cervical. Aunque Buckrell *et al.* (1994) citado por Lucas y Arbiza (2004) encontraron en un estudio sobre 2060 ovejas sincronizadas e inseminadas a tiempo promedio de 54 horas con semen congelado, que la tasa fue de 87% (no se incluyeron hembras primerizas).

Los bajos porcentajes de fertilidad obtenidos en el presente trabajo al utilizar la ITC se pueden explicar por los siguiente: a) alteración en el transporte espermático y fallas en la fertilización (Soto y Trejo, 1990); b) alteración del tiempo entre aparición del estro y presentación del pico preovulatorio de LH; c) muertes embrionarias tempranas debidas a cuerpos lúteos hipofuncionales o a alteraciones en la cantidad y calidad de leche uterina producidas por los niveles altos de los progestágenos (López e Inskeep, 1998).²⁷ Otros aspectos a considerar que influyeron en los resultados del presente trabajo, tiene que ver con el protocolo de sincronización de Nunes *et al.* (2001), ya que este aplica sólo 200 UI de eCG cuando debió aplicarse por lo menos 500 UI considerando el peso vivo adulto de una hembra Suffolk (90-100 Kg). También se sabe que la administración de eCG no sólo incrementa la incidencia de celos, sino que también adelanta el momento de inicio del celo por un lado y por otro incrementa el grado de sincronización de los calores, el cual es mayor al administrar 500 UI de la gonadotropina coriónica equina.² No se descarta el efecto racial, en los trabajos de Nunes *et al.* (2000) emplean ovejas de razas de pelo (Santa Inés, puras y sus cruza) que tienen un estación reproductiva muy amplia, en el presente trabajo se emplearon ovejas de una raza de lana (Suffolk) con estación reproductiva corta. Por otro lado debe tomarse en cuenta la experiencia del técnico inseminador como un factor que influyó en los resultados.

Hay que tomar en cuenta que la barrera anatómica que representan los anillos cervicales de la oveja, siempre serán una muy importante limitante a considerar en este tipo de técnicas de inseminación. Si bien en algunas ovejas es posible traspasar todos los anillos del cérvix y depositar el semen en el útero, la verdad es que en la mayoría de los casos esto no es posible y la pipeta de inseminación sólo traspasa los primeros anillos cervicales.¹⁰

Los resultados obtenidos en el análisis estadístico ($p < 0.0063$) muestra claramente que si existen diferencias significativas en la fertilidad obtenida entre cada tipo de servicio y sin lugar a dudas la IIU es la que mejores resultados ofrece. Pero se debe considerar que dentro de la diversidad de sistemas de producción ovina que existen en México, la mayoría pertenecen a los sistemas llamados de traspatio o de pequeños productores donde sólo a través de subsidios pueden tener acceso a dicha tecnología.²

En este contexto las técnicas de IA que no demandan tantos recursos (humanos y materiales) serán una mejor opción para este sector ovino. La ITC utilizando agua de coco como diluyente y semen fresco o refrigerado presenta varias ventajas dado su bajo costo y su relativa facilidad para aplicar la técnica. Podría ser la técnica ideal para difundir germoplasma en los pequeños y medianos productores de escasos recursos, siempre y cuando se afinaran detalles para alcanzar porcentajes aceptables de fertilidad. Uno de ellos podría ser, mejorar el transporte de espermatozoides a través del tracto genital de la oveja; y refinar la técnica para aplicar lo más correcto posible el semen.² Por ejemplo, se ha utilizado un endoscopio (Endoscopio Gourley) que permite ir viendo el interior del cérvix y de esta manera superar los pliegues, para depositar el semen en el cuerpo del útero, aunque sólo se reportan

porcentajes de fertilidad entre 40 y 60% (Schoenian citado por Ray del Pino, 2000).²⁵ La alteración en el transporte espermático y la modificación de las secreciones uterinas originadas por los niveles altos de progestágenos sobre el endometrio, podrían solucionarse con el uso de la Proligestona (Intervet, 1991). La Proligestona es un compuesto de acción progestágena de poco efecto sobre el endometrio que se ha usado de manera experimental en ovejas a dosis de 150 mg + 500 UI eCG con resultados bastante aceptables sobre los porcentajes de fertilidad (50%).²⁷

También hay que considerar la estandarización del diluyente, ya que el agua de coco en la actualidad aquí en México sólo se puede conseguir comprando los cocos en verde y filtrando su agua.¹⁶ De tal forma que no siempre se obtienen las mismas características fisicoquímicas del diluyente, afectando con ello los resultados obtenidos de la IA.

Las biotecnologías de la reproducción juegan un papel relevante como herramienta para la mejora de los parámetros productivos y reproductivos de las UPO, y ya que éstas se han venido refinando con el paso del tiempo, ahora se puede contar con más de una técnica las cuales se usarán dependiendo de las condiciones que demanda cada unidad de producción.² Por ejemplo, en ocasiones donde la fertilidad sea un factor preponderante y se deseen alcanzar altos niveles de eficiencia se podrá utilizar IIU, claro considerando el costo que está implica o en el caso de que no se cuente con el material y los recursos necesarios, ni la mano de obra calificada se podrá utilizar la ITC o IPC a costa de porcentajes de fertilidad más bajos. De cualquier forma con una u otra técnica, se debe tener en mente aquellos otros factores que estarán influyendo directamente con la fertilidad y prolificidad obtenida en el rebaño, como son la época en que se va inseminar, la experiencia del inseminador, la dosis y el momento de aplicación de la eCG, entre otros.²

VII. Conclusiones.

Debido a los resultados y la información obtenida durante el presente trabajo, se puede concluir que los porcentajes de fertilidad más altos fueron para la monta natural en comparación con las técnicas de IA, de las cuales, la técnica de inseminación intrauterina fue la que tuvo mejores resultados de fertilidad en comparación con la inseminación transcervical (variante Nunes 2003). Sin embargo, ésta es una técnica sofisticada que difícilmente podrá emplearse de forma rutinaria en el campo.²⁷

BIBLIOGRAFÍA.

1. Cuéllar OJA, Tórtora PJ, Trejo GA y Román RP. La Producción Ovina Mexicana. Particularidades y Complejidades. 2012. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. SAGARPA. Ed. Ariadna. México.
2. Rangel SR. Avances en las técnicas de inseminación artificial. Memorias del VII Curso Bases de la Cría Ovina; 2002 septiembre 14-17; Toluca (Estado de México) México: Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura, AC, 31-35 p.
3. Rangel SR, Echegaray TJJ, Apodaca SC, Rodríguez de RL, Ávila OJG, Ayala OJ, Armendáriz MJ. Efecto del técnico en la fertilidad de ovejas inseminadas intrauterinamente. Memorias del X Congreso Nacional de Producción Ovina; 1999 octubre 13-15; Veracruz (Veracruz) México: Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura, AC, 128-131 p.
4. Evans G y Maxwell WMC. Inseminación artificial de ovejas y cabras. 1990. Acribia S. A. España.
5. Tempest WM y Minter CM. Synchronized breeding and lambing, in New Techniques in Sheep production. 1987. Ed. Butterworths. Theriogenology. 42: 601-611p.
6. Haresing W, Mc Ledd BJ, Webster GH. Control Endócrino de la Reproducción de la oveja. 1989. Ed. A.G.T. México.
7. Lynch JJ, Hinch GN, Adams BB. The behavior of sheep: Biological principles and Implications for production. 1992. Ed. CAB International. Nueva Zelanda.
8. Haresing W, Foxcroft GR y Lamming GE. Control of ovulation in farm animals. 1983. Journal Reproduction and fertility 69: 383-395 p.

9. Hafez ESE, *Reproduction in Farm Animals*. 1987. Lea and Febiger Ed. Philadelphia.
10. Duran A. *Anatomía, Fisiología de la Reproducción e Inseminación Artificial en Ovinos*. 1970. Ed. Hemisferio Sur. Uruguay.
11. Cottle DJ. *Australian sheep and Wool Handbook*. 1991. Inkata Press, NZ.
12. Rangel SR, McDonald MF, Wickham MF y Vivanco HW. Efecto de dosis, tiempo de administración y fuente de PMSG en ovejas Romney Marsh tratadas en anestro. 1993. *Memorias de la XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. Santiago de Chile. 78-79 p.
13. Ávila OJG, Rangel SR, Echegaray TJL, Apodaca SC y Ayala OJ. Efecto de dosis de PMSG en la sincronización de celos en ovejas Criollas. 1997. *Reunión de la Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinos*. Querétaro.
14. Hulet CV, Foote WC y Blackwell RL. Effect of natural and electrical ejaculation of predictin fertility in the ram. 1964. *Journal of Animal Science*. 23: 418-423 p.
15. Dun RB y Restall BJ. *Artificial Insemination in australian sheep*. 1961. *The Australian Veterinary Journal*. 145-149 p.
16. Ferreira NJ y Pérez FDR. *Biotécnicas de la reproducción caprina y ovina*. 2001. Gráfica y Editora. Brasil.
17. Verdura T, Fuentes JL y Perón YN. Inseminación intrauterina por el método laparoscópico en dos tiempos posteriores a la sincronización del estro en ovejas pelibuey. 1990. *Revista Cubana de la Reproducción Animal*. 18: 14-15 p.

18. El-Gaafary MN, Axford RFE and Chamberlain AG. Artificial insemination. In: New Techniques in Sheep Production. 1987. Eds. Marai, I.F.M. & Owen, J.B. Butterworths, London. 91-101 p.
19. Cadena VS. Inseminación artificial en ovejas: Efecto del sitio de deposición del semen en el aparato reproductor de la hembra sobre la fertilidad y prolificidad. 1999. Tesis profesional. Chapingo, Edo. de México.
20. Azarini M y Valledor. Efecto de la PMSG y de carneros vasectomizados sobre la reproducción de ovejas sincronizadas e inseminadas por vía laparoscópica con semen fresco o congelado en otoño. 1994. Secretariado Uruguayo de la lana. Producción Ovina 1: 1-8 p.
21. Galina C y Valencia J. Reproducción de Animales Domésticos. 2011. 3era. Edición, Limusa. México, D.F.
22. Hafez ESE y Hafez B. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 2000. 7ª. Edición, McGraw-Hill Interamericana. USA.
23. Fayeze IM y Owen JB. Nuevas técnicas de producción ovina. 1994. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
24. Buxadé CC. Ovinos de leche: aspectos claves. 1998. Editorial Mundi-Prensa. Madrid-Barcelona. España.
25. Lucas TJ y Arbiza ASI. Sistemas de apareamiento e inseminación artificial en ovinos. 2004. 1era. Edición, UNAM FES-CUAUTITLAN. Cuautitlán, Estado de México.
26. Abecia MA y Forcada MF. Manejo reproductivo en ganado ovino. 2010. Editorial: SERVET. Zaragoza, España.

27. Soto GR y Medrano HJA. Reproducción en ovejas y cabras. 2008. UNAM. FES-
CUAUTITLAN. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

28. Sokal RR y Dames RF. Introducción a la Bioestadística. 2003. State University of New
York. E.U. Editorial Reverté, S.A. México, D.F.