

Evaluación de dos protocolos para transferencia de embriones en ovejas Obispo de la Montaña de Guerrero, México

Evaluation of two embryo transfer protocols in Obispo ewes from the Montaña of Guerrero, Mexico

Omar Resendiz-Aguilar¹ ,
Rubén Darío Martínez-
Rojero^{1*} ,
Vicente Octavio Mejía-
Villanueva² ,
Javier Hernández-Ignacio² 

¹Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Av. Vicente Guerrero No. 81. Col. Centro, CP. 40000. Iguala, Guerrero, México.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad 3000, Edificio A Alcaldía Coyoacán, Col. Cd. Universitaria CP. 04510. Ciudad de México, México.

*Autor de correspondencia:
rubendariomr1@prodigy.net.mx

Nota científica

Recibida: 08 de febrero 2021

Aceptada: 21 de febrero 2022

Como citar: Resendiz-Aguilar O, Martínez-Rojero RD, Mejía-Villanueva VO, Hernández-Ignacio J (2022) Evaluación de dos protocolos para transferencia de embriones en ovejas Obispo de la Montaña de Guerrero, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 9(1): e2847. DOI: 10.19136/era.a9n1.2847

RESUMEN. El objetivo fue conocer la respuesta de ovejas Criollas Obispo a dos protocolos de ovulación múltiple y transferencia de embriones (OMTE). Ocho ovejas donadoras recibieron un dispositivo intravaginal con 0.3 g de progesterona por 11 días; el grupo testigo (n = 4) recibió 9.0 mL (180 mg) i.m. de FSH-P en dosis decrecientes, contra sólo 7.0 mL (140 mg) de una dosis reducida (n = 4, tratamiento alterno). Las evaluaciones incluyeron respuesta a la superovulación (75.0 vs 75.0%) número de cuerpos lúteos (9.3 ± 1.5 vs 11.3 ± 0.9), embriones recolectados (7.0 ± 1.2 vs 9.2 ± 1.3), embriones transferibles (6.1 ± 1.2 vs 8.7 ± 1.8) por oveja donadora y tasa de fertilidad de las receptoras (62.5 vs 58.8%). Se utilizaron pruebas de Ji-cuadrada, exacta de Fisher y análisis de varianza. Las diferencias no fueron significativas ($p > 0.01$) por lo que las ovejas Obispo responden de manera similar a ambos protocolos.

Palabras clave: OMTE, ovejas Criollas, FSH-P, dosis reducida.

ABSTRACT. The objective was evaluated the response of Creole Obispo ewes a two Multiple Ovulation and Embryo Transfer (MOET) protocols. Eight donors received for 11 d intravaginal device with of Progesterone (0.3 g), and the ewes of the control group (n = 4) received 9.0 mL (180 mg) i.m. of FSH-P in decreased doses, vs 7.0 mL of FSH-P (140.0 mg) for the alternative treatment (n = 4, reduced dosage). Evaluations included superovulation response (75.0 vs 75.0%), number of luteal corpus (9.3 ± 1.5 vs 11.3 ± 0.9), collected embryos (7.0 ± 1.2 vs 9.2 ± 1.3) and transferable embryos (6.1 ± 1.2 vs 8.7 ± 1.8) for donor ewe, and fertility rate in the recipient females (62.5 vs 58.8%). Ji-Square and Exact Fisher tests and variance analysis were utilized. Differences were no significant ($p > 0.01$) and the Obispo ewes respond in the same way to both protocols.

Key words: MOET, Creole ewes, FSH-P, dose reduced.

INTRODUCCIÓN

Las primeras razas de ovinos que llegaron a la Nueva España durante la Colonia eran de tipo lanar (Merinas, Churras y Lachas) y durante los siguientes siglos formaron un mosaico genético conocido como borrego Criollo, que se dispersó en el país (Perez-grovas 1998). En varios municipios indígenas de la región de la Montaña del estado de Guerrero, aún se pueden encontrar aislados y desperdigados a pequeños rebaños de ovinos Criollos lanados, conocidos como borregos Obispo, Diablo o Cuatro Cuernos debido a que los machos presentan policerismo, mutación caracterizada por la presencia de más de dos cuernos (Nava-García *et al.* 2019). Este genotipo se ha mantenido sin aparearse con otras de las razas de ovinos que llegaron a la entidad en décadas recientes y no sería remoto, por tanto, que en cierto momento pudiera desaparecer (Martínez 2016). Al respecto, la FAO (2007) señala que la implementación de técnicas de biotecnología de la reproducción, como la OMTE, es fundamental para la conservación del germoplasma de los animales Criollos y autóctonos, que representan un recurso por su adaptación al medio y que son un reservorio genético que puede ser de interés para la ovinocultura nacional. En México se ha usado de manera rutinaria la hormona folículo-estimulante de origen porcino para la superovulación de ovejas donadoras, en dosis decrecientes de 180 a 200 mg (Aké-López *et al.* 2003, Maza-Ramos *et al.* 2017, Cruz *et al.* 2018). Con la referencia anterior, Martínez-Rojero *et al.* (2017) realizaron un estudio para evaluar en ovejas Obispo la respuesta ovárica a la administración de 200 mg de FSH-P en dosis decrecientes, pero obtuvieron valores menores para el número de cuerpos lúteos y de embriones transferibles. Es probable que la pobre respuesta ovárica observada por Martínez-Rojero *et al.* (2017) se deba a que la cantidad de FSH fue excesiva para inducir una estimulación apropiada a la superovulación en ovejas de talla pequeña como la Obispo. Debido a que dosis elevadas de gonadotropinas se asocian con disminución de la tasa de ovulación y de la viabilidad de los embriones (González-Bulnes *et al.* 2004, Bartlewski *et al.* 2016), por lo que la efi-

ciencia en la producción de embriones pudiera verse favorecida si se disminuye la dosis del tratamiento superovulatorio abaratando su costo. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar la respuesta de ovejas Obispo de la Montaña de Guerrero a dos protocolos de OMTE con base en FSH de origen porcino, el estándar utilizado de manera rutinaria en diferentes razas de ovinos de talla grande en comparación al modificado con dosis reducidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio y del rebaño experimental

La investigación se realizó en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAE-GRO), ubicado a 18° 15' 52" LN y 99° 39' 26" LO, con precipitación pluvial media anual de 750 mm, altitud de 640 m y clima AW0 (w)(i) g (García 1988). Se usaron tres machos Obispo de fertilidad comprobada en empadres anteriores, ocho ovejas Obispo como donadoras y 36 ovejas Pelibuey como receptoras, con pesos corporales promedio de 50.07 ± 183 kg, 34.15 ± 1.05 kg y 45.21 ± 4.04 kg, respectivamente, y condición corporal de 3 en escala de 1 a 5 de Russell (1984). Todos los ovinos eran sexualmente maduros, de dos a tres años de edad, y clínicamente sanos. Las ovejas, no sometidas antes a tratamientos de OMTE, estaban ciclando normalmente, tenían más de dos meses sin amamantar y con al menos cinco meses de haber parido. El rebaño se mantuvo en un sistema semi-extensivo con las hembras separadas de los machos, en pastoreo de 08:00 a 15:00 h en potreros con grama nativa compuesta principalmente de zacate remolino (*Paspalum notatum*). Durante las demás horas del día y la noche, las ovejas estuvieron en estabulación, y recibieron ensilado de maíz (*Zea mays* L.) al 2% de su peso vivo y 300 g por oveja día⁻¹ de concentrado comercial con 14.0% de PC y 3.2 Mcal ED kg⁻¹.

Descripción de los protocolos de OMTE evaluados

El programa de OMTE se realizó durante la época reproductiva, a mediados de septiem-

bre las ovejas receptoras se sincronizaron en estro (Día 0, 08:00 h) mediante la inserción de un dispositivo intravaginal (CIDR[®]; Control Internal Drogue Releasing, InterArg, Nueva Zelanda) con 0.3 g de progesterona, que se removió 10.5 días después (20:00 h del día 10). Al momento de retirar el CIDR de la vagina, las hembras recibieron 200 UI i.m. de eCG (Folligón[®], Intervet) y durante las siguientes 48 h se realizaron detecciones de estros a las 08:00, 14:00 y 20:00 h durante 15 min, con machos receladores provistos de un arnés. La superovulación en las donadoras se hizo usando FSH de origen porcino (Follitropin[®], Vetoquinol USA Inc), cuya solución reconstituida contiene 20 mg de FSH-P en 1 mL (35 UI, estándar NIH-FSH-P1), con un bajo contenido de LH de menos de 50 µg (NIH-LH-S19) en 1 mL. Los grupos experimentales se detallan a continuación:

El grupo testigo o tratamiento estándar (n = 4) recibió el protocolo hormonal usado rutinariamente en México en programas comerciales de OMTE en ovejas de diferentes razas (Aké-López *et al.* 2003, Martínez-Rojero *et al.* 2017, Maza-Ramos *et al.* 2017). El cual consistió en la inserción por 11 días de un CIDR (08:00 h del día 0 a 08:00 h del día 11), más la administración i.m. de 180 mg de FSH-P (9.0 mL) en dosis decrecientes antes y después de retirar el dispositivo vaginal: Día 9, 2.0 mL AM y 1.5 mL PM; día 10, 1.5 mL AM y 1.5 mL PM; día 11, 1.0 mL AM y 1.0 mL PM y Día 12, 0.5 mL AM. Mientras que en el tratamiento alterno (n = 4), las ovejas se sometieron a un protocolo hormonal para superovulación con una dosis reducida de FSH-P (7.0 mL = 140 mg): Día 9, 1.5 mL AM y 1.5 mL PM; día 10, 1.5 mL AM y 1.0 mL PM y día 11, 1.0 mL AM y 0.5 mL PM.

En ambos protocolos, desde las 24 hasta las 48 h después de haberse removido el CIDR de la vagina, las hembras donantes se detectaron en estro por 15 min tres veces al día (08:00 h, 14:00 h y 20:00 h) usando machos receladores, las cuales se sirvieron por monta controlada utilizando machos Criollos mientras presentaron celo; pero se consideró la primera monta a las 24 h después de la remoción del CIDR como el día cero del ciclo. Doce horas después de recibir el último servicio se colocó en las hembras donantes un segundo CIDR para mantener

altos los niveles de progesterona, y se retiró al momento de la recolección de los embriones (Mejía *et al.* 2000); este procedimiento se ejecutó 6 días después de remover el primer CIDR y 5 días después de que las ovejas recibieron el primer servicio.

Recolección, evaluación y transferencia de los embriones

Los embriones se recuperaron mediante una laparoscopia medio-ventral (telescopio óptica Hawk de 5 mm X 320 mm 30° calidad HD), previa evaluación de los ovarios para determinar la respuesta a la superovulación, con más de cuatro de cuerpos lúteos funcionales (Mejía *et al.* 2000). Las hembras que respondieron con ovulación múltiple fueron pre-anestesiadas (previo ayuno de 24 h) con clorhidrato de xilacina administrado vía i.m. (Sedajet 2%[®] Vedi Lab, México, 0.1 mL 10 kg⁻¹), más la aplicación intravenosa de clorhidrato de Ketamina 10 min después (Anestek[®] Pisa Agropecuaria, 0.2 mL 10 kg⁻¹) como anestésico. Con una pinza de Babcock se exteriorizó cada cuerno uterino para lavarlo por separado con una sonda de Foley de látex de dos vías calibre 8G (Sensi Médico[®]), que se incrustó dentro del lumen en la base de cada uno de los cuernos en dirección útero-tubárica a través de una punción hecha con un catéter intravenoso (14G x 5½) y, para suministrar el medio de lavado, se insertó otro angiocatéter intravenoso (18G x 1½) en la porción del cuerno uterino cercana al oviducto. Se introdujeron lentamente 60 mL del medio de lavado (Complete Flush Vigro[®]) a temperatura de 37 °C que se recuperaron en un filtro concentrador (EMCON Filter Radiated[®], Agtech, Inc U.S.A.). Este mismo procedimiento se repitió en el otro cuerno uterino y una vez concluida la recolección de los embriones, los cuernos se regresaron a la cavidad abdominal y la incisión se suturó, aplicando intramuscularmente 1.0 mL 10 kg⁻¹ antibiótico de amplio espectro de acción prolongada (Emicina[®]/LA, Zoetis; oxitetraciclina 200 mg 1 mL⁻¹). Para finalizar el protocolo hormonal se retiró el segundo CIDR insertado en las ovejas donadoras después de recibir la última monta y se administraron 1.5 mL i.m. de PGF2α (Lutalyse[®], Zoetis; Dino-

prost 5 mg 1 mL⁻¹). Los embriones recolectados se depositaron en cajas de Petri cuadradas a temperatura ambiente protegidos de la luz, y conservados en solución de mantenimiento ("Holding" Singro®). La evaluación de las estructuras se hizo con un microscopio estereoscópico, y se clasificaron de acuerdo con su calidad morfológica en excelentes, buenos, regulares o malos, y se transfirieron sólo los catalogados como excelentes y buenos en estado de mórula o de blastocisto (Martínez-Rojero *et al.* 2017).

De las 36 ovejas receptoras tratadas con el CIDR más la eCG, solo 33 (91.6%) presentaron estro sincronizado y se asignaron al azar al tratamiento estándar (n = 16), o al tratamiento alterno (n = 17). La asincronía uterina en el ciclo estral en este estudio entre donadoras y receptoras no fue mayor de 12 h. Las receptoras se anestesiaron con el procedimiento descrito previamente en las donadoras y la transferencia se realizó en fresco colocando un embrión en el cuerno uterino ipsilateral al ovario con el cuerpo lúteo de mejor calidad, que se extrajo de la cavidad abdominal utilizando un laparoscopio y pinzas de Babcock (Mejía *et al.* 2000, Martínez-Rojero *et al.* 2017). La ocurrencia del parto se registró cinco meses después.

Análisis estadístico

Las variables medidas en las donadoras fueron las tasas de respuesta al estro (%) y a la superovulación (%), el intervalo al estro (h), así como el número de cuerpos lúteos funcionales, de embriones recolectados y de embriones transferibles. En las receptoras se registró la respuesta (%) y el intervalo al estro (h) y la tasa de fertilidad (%). Para el análisis estadístico de los datos, se utilizaron pruebas de Ji-cuadrada, exacta de Fisher y análisis de varianza con un diseño completamente al azar (Steel y Torrie 1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ambos grupos, el 100% de las ovejas donadoras exhibieron estro sincronizado a las 24.0 ± 0.0 h (p > 0.01) después de la remoción del CIDR (Tabla 1) y se concentraron dentro del rango buscado

para un protocolo de OMTE que no fuera mayor de 12 h en relación con el estro sincronizado de las receptoras; considerando que éstas mostraron sus celos dentro de un intervalo de 36 (88.5%) a 48 h (11.5%) después de la remoción del CIDR. Al respecto, se ha indicado que, si bien la diferencia en el tiempo de sincronización del estro entre donantes y receptoras puede ser hasta de un día, la eficiencia de la transferencia embrionaria aumenta en la medida que existe mayor sincronización y la tasa de supervivencia embrionaria más alta se logra cuando se transfieren embriones a receptoras que presentan celo no más de 12 h antes o después que la donante (Aké-López *et al.* 2003, Abecia *et al.* 2012, Randi *et al.* 2016). Los métodos de elección para sincronizar estro en ovejas son el uso de esponjas impregnadas con 40 a 65 mg de acetato de fluorogestona (FGA) o con 60 mg de medroxiprogesterona (MAP), y el de dispositivos de silicón CIDR (300 mg de progesterona) insertados intravaginalmente de 10 a 12 días, más la administración de 200 a 400 UI i.m. eCG. Al respecto, Simonetti *et al.* (2008) observaron el 100% de ovejas Corriedale tratadas con esponjas intravaginales impregnadas con 60 mg de acetato de medroxiprogesterona durante 14 días, manifestaron estro a las 30.4 ± 1.7 h después de retirar el dispositivo de la vagina.

Los números de cuerpos lúteos funcionales (9.3 ± 1.5 vs 11.3 ± 0.9), de embriones recolectados (7.0 ± 1.2 vs 9.2 ± 1.3) y de embriones transferibles (6.1 ± 1.2 vs 8.7 ± 1.8) fueron similares (p > 0.01) entre los tratamientos estándar y alterno. Además de que no se detectaron diferencias en la tasa de fertilidad de las receptoras entre el protocolo estándar (62.5%) y alterno (58.8%) (Tabla 1). Al respecto, Simonetti *et al.* (2008), consideran que, bajo condiciones habituales de manejo, la superovulación es efectiva cuando las ovejas liberan más gametos que la cantidad que es referida como normal para la raza, en respuesta a la administración de gonadotropinas que imiten el efecto de la FSH endógena y que deben de estar disponibles de manera constante y suficiente para estimular el desarrollo de folículos extras. Al respecto se sabe que la borrega Obispo de la Montaña de Guerrero se aparea durante el otoño y presenta pariciones simples en la pri-

Tabla 1. Respuesta de la oveja Obispo a dos protocolos de ovulación múltiple para transferencia de embriones, en base a progesterona intravaginal y diferentes dosis de FSH-P (promedio \pm error estándar)

Parámetro	Estándar (180 mg)	Alternativo (140 mg)
Respuesta al estro de las donadoras	100.0% ^a	100.0% ^a
Respuesta a la superovulación	75.0% ^a	75.0% ^a
Número de cuerpos lúteos funcionales	9.3 \pm 1.5 ^a	11.3 \pm 0.9 ^a
Número de embriones recolectados	7.0 \pm 1.2 ^a	9.2 \pm 1.3 ^a
Número de embriones transferibles	6.1 \pm 1.2 ^a	8.7 \pm 1.8 ^a
Tasa de fertilidad en las receptoras	62.5% ^a	58.8% ^a

^a Valores que comparten la misma literal entre columnas son estadísticamente iguales ($p > 0.01$)

mavera (Nava-García *et al.* 2019); por lo que bajo estas circunstancias, el tratamiento alternativo reducido para OMTE de FSH (140 mg) le indujo respuesta ovulatoria aceptable, con un número de embriones colectados y transferibles comparable al obtenido en las donadoras que recibieron el tratamiento estándar (180 mg). Lo que sugiere que la dosis probada de la hormona folículo estimulante es suficiente para inducir superovulación favorable en ovejas Criollas de talla pequeña; probablemente porque los niveles gonadotrópicos del protocolo evaluado guardan cierta similitud con el patrón fisiológico de secreción endógena de FSH hipofisiario que ocurre durante la fase folicular del ciclo sexual natural, en este genotipo ovino. En correspondencia con lo anterior, se ha asociado la sobrestimulación hormonal ovárica a una disminución en el número de folículos que ovulan y a alteraciones en la viabilidad de los embriones (Bartlewski *et al.* 2008, Bartlewski *et al.* 2009, Bruno-Galarraga *et al.* 2015). Además, se ha inferido que es probable que las dosis elevadas de gonadotropinas utilizadas en la superovulación pudieran causar un ambiente inadecuado para la fertilización y el desarrollo embrionario temprano, atribuible a la formación de folículos más grandes y mayor producción de estradiol que pudieran interferir con el transporte de los gametos a través del oviducto (González-Bulnes *et al.* 2003, González-Bulnes *et al.* 2004, Bartlewski *et al.* 2009, Bartlewski *et al.* 2016). Lo anterior podría explicar por qué la dosificación más alta de FSH (180 mg) no redituó en mejor efecto superovulatorio lo que coincide con los resultados reportados por Martínez-Rojero *et al.* (2017) en este genotipo, en el cual la respuesta ovárica (4.3 y 2.2 cuerpos lú-

teos y embriones transferibles, respectivamente) fue menor al utilizar dosis altas de la hormona folículo estimulante (200 mg), si se compara con los resultados obtenidos en el presente estudio al suministrar cantidades menores de FSH porcina.

La respuesta a la OMTE obtenida para los tratamientos evaluados en este estudio, se encuentra dentro de los rangos informados en diferentes razas de ovinos superovuladas con FSH de origen porcino. Al respecto, Aké-López *et al.* (2003) administrando 200 mg en ovejas Pelibuey encontrando 8.28 \pm 7.28 cuerpos lúteos y 6.28 \pm 4.79 embriones transferibles. Mientras que Gibbons *et al.* (2019) usando dosis reducidas de 80 mg recuperaron 9.9 \pm 1.0 embriones por oveja; mientras que Mejía *et al.* (2000) en hembras Suffolk, Rambouillet y sus cruas superovuladas con 200 UI de FSH en esquema decreciente, obtuvieron 9.07 \pm 1.99 cuerpos lúteos y 9.0 \pm 1.08 embriones transferibles. En tanto que Cruz *et al.* (2018) al aplicar 200 mg de FSH-P en ovejas Pelibuey, encontraron un promedio de 12.6 cuerpos lúteos y de 7.0 embriones transferibles. Sobre lo mismo Maza-Ramos *et al.* (2017) observaron una respuesta ovárica de 13.6 cuerpos lúteos y 7.5 embriones recolectados en ovejas Pelibuey con 200 mg i.m. de FSH-P. Mientras que Herrera-Camacho *et al.* (2008) obtuvieron un número similar de cuerpos lúteos y de embriones recolectados de 14.73 \pm 1.87 y de 6.72 \pm 1.78, respectivamente, en ovejas Pelibuey tratadas con 200 mg por oveja de FSH en dosis decrecientes por 4 días.

Las proporciones comerciales contienen cantidades altas de FSH y variables de LH, dependiendo del producto. La FSH porcina (Folltropin-V), utilizada

es un compuesto al que se le ha extraído aproximadamente el 80% de la LH, mientras que la FSH de origen ovino (Ovogen IC Plio New Zeland) es más purificada y contiene una baja concentración de LH (González-Bulnes *et al.* 2000, Simonetti *et al.* 2008). Pero los resultados registrados en esta investigación administrando FSH porcina son comparables a las tasas ovulatorias de 11.0 ± 0.6 , 11.1 ± 1.1 y 10.7 ± 0.9 ; embriones recuperados de 5.7 ± 0.4 , de 5.9 ± 1.2 y 7.3 ± 1.0 y de embriones viables de 4.9 ± 0.4 , 4.3 ± 1.4 y 5.5 ± 0.8 , que fueron encontrados por Forcada *et al.* (2000), González-Bulnes *et al.* (2004) y Simonetti *et al.* (2008) en ovejas Rasa Aragonesa, Manchega y Corriedale, respectivamente, utilizando protocolos de OMTE a base de FSH ovino (176 unidades) dividido en ocho dosis decrecientes 72 h y 12 h después de remover los dispositivos de la vagina.

Se ha documentado en bovinos que el empleo de FSH representa más del 50% de los costos de producción de un embrión dentro de un protocolo para OMTE y este gasto puede tener un fuerte aumento, según el éxito reproductivo obtenido (Mogollón-Waltero y Burla-Dias 2013, Villaseñor *et al.* 2017, Rosete *et al.* 2021); y también a limitado su aplicación en protocolos de investigación de reproducción asistida en pequeños rumiantes (Freitas *et al.* 2016). En el caso particular de la oveja Obispo la reducción de la dosis de FSH-P en el protocolo hormonal sin efecto significativo en su eficacia para superovular hembras donantes, lo que da oportunidad de reducir los costos sin afectar la respuesta a la superovulación y la producción de embriones, proporcionando una ventaja económica para su imple-

mentación en programas de OMTE en genotipos ovinos de talla pequeña.

Las tasas de fertilidad alcanzada en las ovejas receptoras del 62.5% para el tratamiento estándar y 58.8% para el alterno para transferencia de embriones en fresco, son ligeramente mayores al 50.0% registrado por Martínez-Rojero *et al.* (2017), pero cercanas al 58.3 y 60.0% observadas por Aké-López *et al.* (2003) y Alexander *et al.* (2010), respectivamente, para transferencia de embriones en fresco en ovinos.

La tasa de superovulación y el número de embriones transferibles obtenidos por donadora y la tasa de fertilidad en las receptoras, no fue diferente al utilizar las dosis de 140 o 180 mg de FSH-P para inducir superovulación en las ovejas. Los valores superovulatorios y las tasas de fertilidad obtenidas se encuentran dentro de los valores reportados en la literatura. Por lo que usar el protocolo OMTE alterno con dosis reducidas de FSH porcina, disminuye el costo a las condiciones en programas de transferencia de embriones en el genotipo evaluado.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados presentados son parte del Proyecto No. 176388 Convocatoria CB-2012-01, Fondo Sectorial para la Educación SEP-CONACYT titulado "Caracterización Morfo-estructural, Reproductiva y Genética del Borrego de Cuatro Cuernos de la Montaña de Guerrero" y forman parte de la tesis de licenciatura del primer autor.

LITERATURA CITADA

- Alexander B, Mastromonaco G, King WA (2010) Recent Advances in Reproductive Biotechnologies in Sheep and Goat. *Journal of Veterinary Science and Technology* 1: 2-8.
- Abecia J., Forcada F, González-Bulnes A (2012) Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science* 130: 173-179.
- Aké-López JR, Heredia AM, Alfaro GG, Centurión CF, Rojas RO (2003) Efecto de la hormona en la respuesta superovulatoria y de la sincronía del estro en el porcentaje de gestación de oveja Pelibuey. *Veterinaria México* 34: 225-233.

- Bartlewski PM, Fuerst KJ, Alexander BD, Rawlings NC, Barrett DMV, King WA (2008) Ovarian responses, hormonal profiles and embryo yields in anoestrus ewes superovulated with Folltropin®-V after pretreatment with Medroxyprogesterone Acetate-releasing vaginal sponges and single dose of estradiol-17β. *Reproduction in Domestic Animals* 43: 299-307.
- Bartlewski PM, Fuerst KJ, Alexander BD, King WA (2009) Systemic concentrations of endogenous and exogenous FSH in anoestrus ewes superstimulated with Folltropin®-V. *Reproduction in Domestic Animals* 44: 352-358.
- Bartlewski PM, Seaton P, Franco OME, Kridli RT, Murawski M, Schwarz T (2016) Intrinsic determinants and predictors of superovulatory yields in sheep: Circulating concentrations of reproductive hormones, ovarian status, and antral follicular blood flow. *Theriogenology* 86: 130-143.
- Bruno-Galarraga M, Cueto M, Gibbons A, Pereyra-Bonnet F, Subiabre M, González-Bulnes A (2015) Preselection of high and low ovulatory responses in sheep multiple ovulation and embryo transfer programs. *Theriogenology* 84: 784-790
- Cruz ZD, Izaguirre FF, Martínez PG, García CCG, Martínez TJJ (2018) Estudio comparativo de tres protocolos superovulatorios en ovejas Pelibuey durante la época no reproductiva. En: Herrera CJ, Chay CAJ, Casanova LF, Piñeiro VAT, Márquez BL, Santillán FE, Arce MJ (eds). *Avances de Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México*. Morelia, Michoacán, México. pp: 443-446.
- FAO (2007) The state of the world's animal genetic resources for food and agriculture. Commission of Genetic Resources for Food and Agriculture. Roma, Italy. 37p.
- Forcada F, Abecia JA, Lozano JM, Zúñiga O (2000) Repeated superovulation of high-prolificacy Rasa Aragonesa ewes before culling as. an inexpensive way to obtain high quality embryos. *Livestock Production Science* 66: 263-269.
- Freitas VJF, Melo LM, Teixeira DIA, Bhat MH, Serova A, Andreeva LE, Serov OL (2016) The use of reproductive technologies to produce transgenic goats. In: Payan-Carreira R (ed) *Insights from Animal Reproduction. World's largest Science, Technology & Medicine*. Brasil. pp: 67-84.
- García de M E (1988) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 217p.
- Gibbons A, Bruno-Galarraga M, Fernández J, González-Bulnes A, Cueto M (2019) Vitrified embryo transfer in Merino sheep under extensive conditions. *Animal Reproduction* 16: 297-301.
- González-Bulnes A, Santiago-Moreno MJ, Cocero MJ, López-Sebastián A (2000) Effects of FSH commercial preparation and follicular status on follicular growth and superovulatory responses in Spanish Merino ewes. *Theriogenology* 54: 1055-1064.
- González-Bulnes A, García-García RM, Castellanos V, Santiago-Moreno J, Ariznavarreta C, Domínguez V (2003) Influence of maternal environment on the number of transferable embryos obtained in response to superovulatory FSH treatments in ewes. *Reproduction Nutrition Development* 43: 17-28.
- González-Bulnes A, Baird DT, Campbell BK, Cocero MJ, García-García RM, Inskip EK, López-Sebastián A, McNeilly AS, Santiago-Moreno J, Souza CJH, Veiga-López A (2004) Multiple factors affecting the efficiency of multiple ovulation and embryo transfer in sheep and goats. *Reproduction, Fertility Development* 16: 421-435.

- Herrera-Camacho J, Aké-López JR, Ku-Vera JC, Williams GL, Quintal-Franco JA (2008) Respuesta ovulatoria, estado de desarrollo y calidad de embriones en ovejas Pelibuey superovuladas suplementadas con ácidos grasos poliinsaturados. *Técnica Pecuaria México* 46: 107-117.
- Martínez RRD (2016) El borrego "Obispo" de la Montaña de Guerrero. *Elementos* 103: 35-39.
- Martínez-Rojero RD, Mejía-Villanueva O, Zarco-Quintero LA, Mastache-Lagunas AA, Reyna-Santamaría L (2017) Evaluación de un protocolo de superovulación para la transferencia de embriones en ovejas Criollas de la Montaña de Guerrero. *Abanico Veterinario* 7: 30-36.
- Maza-Ramos NS, Martínez-Tinajero JJ, Izaguirre-Flores F, Aguirre-Medina JF, Ley de Coss A, Martínez-Priego F (2017) Producción, calidad y desarrollo de embriones en ovejas Pelibuey alimentadas con *Clitoria ternatea* L., en condiciones tropicales. *Agroproductividad* 10: 72-78.
- Mejía VO, Murcia MC, Valencia MJ, Espinosa AF (2000) Administración de acetato de flourogestona en ovejas donadoras de embriones. *Veterinaria México* 31: 129-135.
- Mogollón-Waltero EM, Burla-Dias AJ (2013) Superovulación en hembras bovinas: alternativas para reducir el número de inyecciones de FSH. *Spei Domus* 9: 37-47
- Nava-García A, Martínez-Rojero RD, Mastache-Lagunas AA, Ulloa-Arvizu R (2019) Curva de rendimiento y composición de la leche en ovejas Criollas de la Montaña de Guerrero, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 6: 391-398.
- Perezgrovas GR (1998). Comparación de recursos genéticos: el borrego Chiapas (México) y las razas autóctonas de origen español. *Archivos de Zootecnia* 47: 425-430.
- Russell A (1984) Body Condition Scoring of Sheep. *In Practice* 6: 91-93.
- Randi F, Fernández-Fuentes B, McDonald M, Forde N, Kelly AK, Bastos AB, Muniz de LE, Morotti F, Marcondes SM, Lonergan P (2016) Asynchronous embryo transfer as a tool to understand embryo-uterine interaction in cattle: is a large conceptus a good thing? *Reproduction, Fertility and Development* 28: 1999-2006.
- Rosete FJV, Álvarez GH, Urbán DD, Fragoso IA, Asprón PMA, Ríos VA, Pérez RS, De la Torre SJF (2021) Biotecnologías reproductivas en el ganado bovino: cinco décadas de investigación en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 12: 39-78.
- Simonetti L, Forcada F, Rivera OE, Carou N, Albeiro RH, Abecia JA, Palacín I (2008) Simplified superovulatory treatments in Corriedale ewes. *Animal Reproduction Science* 104: 227-237.
- Steel RGD, Torrie JH (1989) *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. Segunda edición en español. Editorial McGraw-Hill. México. 622p.
- Villaseñor GF, de la Torre SJF, Martínez VG, Álvarez GA, Pérez RS, Palacios FJA, Polanco SR, Montañón BM (2017) Caracterización de la respuesta ovárica a la superovulación en bovino Criollo Coreño utilizando dosis reducidas de FSH. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8: 225-232.