

Efecto de la transferencia de un embrión sobre la prolificidad y la fertilidad de cabras apareadas previamente

Effect of the transfer of one embryo on the prolificacy and the fertility of goats previously mated

Ogilvio Sánchez Rosas^{1*}, Rubén D. Martínez Rojero², Rosendo Cuicas Huerta¹, Elías Hernández Castro¹, Francisco Palemón Alberto¹, Octavio Mejía Villanueva³

¹Universidad Autónoma de Guerrero (UAG). Maestría en Sistemas de Producción Agropecuaria (MSPA). Iguala, Guerrero, México. Correo electrónico: ogilvio@hotmail.com. ²Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), Iguala, Guerrero, México. ³Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ). Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (CEIEPO). México.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar si la transferencia de un embrión a cabras previamente servidas por monta natural conduce a un incremento de la prolificidad y la fertilidad, se llevó a cabo el presente estudio en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, en Iguala, Gro., México a 18° 15' LN con clima Aw0 (w) (i) g. Los tratamientos evaluados fueron: Grupo MN + TE (n=14), cabras servidas por monta natural a las que se les transfirió un embrión en fresco el día 6 post-estro; Grupo TE (n=8), hembras a las que se les transfirieron en fresco dos embriones, y Grupo MN (n=16), cabras que fueron servidas por monta natural. Se utilizó un análisis de varianza y las pruebas de Ji Cuadrada y Exacta de Fisher. La tasa de fertilidad fue igual ($P>0,05$) entre los Grupos MN + TE (71,4%), TE (75,0%) y MN (81,2%); mientras que el índice de prolificidad de $2,2 \pm 0,6$ cabritos por hembra parida observado en el Grupo MN + TE, fue mayor ($P<0,05$) a los índices de $1,5 \pm 0,5$ y de $1,4 \pm 0,5$ crías por cabra parida registrados en los Grupos TE y MN, respectivamente, sin encontrarse diferencias ($P>0,05$) entre los dos últimos grupos evaluados. Se concluye que la transferencia de un embrión a cabras previamente servidas por monta natural tiene un efecto positivo sobre la prolificidad, sin que se afecte la fertilidad subsecuente.

Palabras clave: fertilidad, embrión transferido, cabras gestantes.

ABSTRACT

In order to evaluate if one embryo transferred to goats previously served for natural mating lead to an increase in the prolificacy and the fertility, a study was carried out in the Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, in Iguala, Gro., Mexico, at 18° 15' N with Aw0 (w) (i) g climate. The treatments evaluated were: NM + ET Group (n=14), goats served for natural mating that received one fresh embryo transferred 6 d later; ET Group (n=8), females that received two fresh embryos transferred; and NM Group (n=16), goats served for natural mating. Data were analyzed using the Chi-Square and Fisher tests and analysis of variance. Fertility rate was similar ($P>0.05$) among NM + ET (71.4%), ET (75.0%) and NM (81.2%) groups; whereas the prolificacy index of 2.2 ± 0.6 kids for doe kidding observed in the Group NM + ET was greater ($P<0.05$) that the prolificacy index of 1.5 ± 0.5 and 1.4 ± 0.5 kids for goat kidding registered for the ET and NM Groups, respectively; no difference was found ($P>0.05$) between these groups. We conclude that if one embryo is transferred to goats previously served for natural mating it has a positive effect on the prolificacy, without affecting the subsequent fertility.

Key words: fertility, embryo transfer, pregnant goats.

INTRODUCCIÓN

Tras años de aplicación práctica, la técnica de Transferencia de Embriones (TE) se ha convertido en una herramienta básica en el manejo reproductivo y productivo del ganado y en pequeños rumiantes ha favorecido la propagación de descendencia de hembras genéticamente superiores sin riesgo de transmisión de enfermedades, la introducción de nuevas razas mejoradas y el aumento de partos múltiples en animales de registro (Cognie *et al.*, 2003; Menchaca *et al.*, 2009). Sin embargo, la variabilidad observada en los resultados obtenidos para la superovulación en las hembras donadoras y para la supervivencia de los embriones en las receptoras, son factores que han impedido que esta tecnología pueda ser aplicada en forma rutinaria en las explotaciones caprinas (Cognie *et al.*, 2003; Menchaca *et al.*, 2009; Oyuela y Jiménez, 2010).

Entre las razones por las que el embrión puede morir, están la producción de bajas cantidades de interferón *tau* (IFN-T), o tener algún grado de degeneración al momento en el que deban emitir esta señal de reconocimiento de la preñez hacia el endometrio, para desencadenar la inhibición de la expresión de los receptores para estrógenos y oxitocina y bloquear la vía de síntesis de la prostaglandina $F_{2\alpha}$ (PGF_{2 α}), evitando mediante este mecanismo la lisis del cuerpo lúteo (CL) (Olivera y Ferrugem, 2009; Juárez y Valencia, 2009; Gonella *et al.*, 2010).

Se ha documentado que el reconocimiento de la gestación en la cabra ocurre a partir del día 15 después del servicio por efecto del IFN-T, mientras que el CL sufre regresión el día 16 por acción de la PGF_{2 α} , por lo que el embrión debe ser preciso en emitir su mensaje antiluteolítico para poder ser reconocido por la madre (Gnatek *et al.*, 1989; Gonella *et al.*, 2010). Considerando lo anterior, es posible postular que el índice de prolificidad pudiera verse incrementado al transferir un embrión en cabras que han sido apareadas previamente sin que se afecte la fertilidad, al suponer que el embrión propio ya ha ejercido el control sobre los mecanismos involucrados en el reconocimiento de la preñez, de tal forma que al momento de colocar el embrión ajeno en el útero, se encuentre circunscripto en un medio apto que facilite su implantación. Además,

no existe evidencia de que un blastocisto transferido a un útero gestante, pudiera ejercer alguna influencia inhibitoria sobre el mecanismo de implantación de un blastocisto procedente de un apareamiento natural que se encuentre cerca de él (Ferrugem, 2009).

En este sentido, con la finalidad de producir un mayor número de crías, se ha evaluado en bovinos la posibilidad de obtener partos múltiples transfiriendo un embrión ajeno de manera sincrónica, a vacas receptoras que gestan el embrión propio, en comparación con receptoras convencionales, sugiriendo que este fenómeno pudiera asociarse con una mejora en su supervivencia (Guerra-Martínez *et al.*, 1990; Silva *et al.*, 2000; Dahlen *et al.*, 2012; Do-Joong *et al.*, 2012). No obstante, existen similitudes en los mecanismos que rigen el reconocimiento materno de la gestación entre los rumiantes domésticos (Olivera y Ferrugem, 2009; Gonella *et al.*, 2010), hasta ahora no se han realizado, en cabras, estudios similares orientados a incrementar el número de partos múltiples. Considerando lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar si la transferencia de un embrión a cabras apareadas previamente conduce a un incremento de la prolificidad sin afectar la fertilidad subsecuente, en comparación a la monta natural, o al protocolo tradicional de transferencia de dos embriones a receptoras vacías.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), localizado en el municipio de Iguala, Estado de Guerrero, al sureste de la República Mexicana. El CSAEGRO se ubica a 630 m.s.n.m. con coordenadas 18° 15' 52" Latitud Norte y 99° 38' 52" Longitud Oeste, con una precipitación de 797 mm, temperaturas máxima y mínima de 40 y 10 °C, respectivamente, y con clima Aw₀ (w) (i) g, que corresponde al más seco de los climas cálidos sub-húmedos de sabana, con lluvias en el verano y sin estación invernal definida, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1988).

El estudio se llevó a cabo durante el mes de octubre y se utilizaron cinco sementales de fertilidad comprobada en empadres anteriores;

tres de la raza Nubia y dos Criollos de pelaje blanco. Además se incluyeron 43 cabras de dos variedades mestizas de la región que tenían entre 3 a 4 partos, con al menos tres meses de haber parido y que se encontraban ciclando al momento de iniciar la investigación. Tanto los machos como las hembras se encontraban clínicamente sanos y en condición corporal de 3,0, en una escala de 1 a 5 (Honhold *et al.*, 1991).

El propósito de utilizar para el estudio dos grupos de caprinos Criollos fenotípicamente diferentes, fue el de poder distinguir a su progenie por medio del color de su pelaje, toda vez que se ha documentado que en la cabra los colores blanco y bayo son dominantes sobre los pelajes oscuros (Adalsteinsson *et al.*, 1994). Uno de los grupos mestizos locales provenía de un rebaño traído de los valles centrales de la Región Norte del estado de Guerrero descendiente de cabras Murciano Granadinas y que fenotípicamente se caracterizan por presentar una capa de pelaje oscuro y negro, como consecuencia del alto grado de mestizaje que han tenido los rebaños de esa región con sementales de la raza Nubia (Martínez *et al.*, 2000).

El otro grupo mestizo, provenía de cabras blancas de la Sierra Madre del Sur, de rebaños Criollos criados en trashumancia en la región de "Filo de Caballo", que se han mantenido aislados y sin cruzarse con otros genotipos mestizos locales. El color del pelo de esta cabra, que se cree que es descendiente directa de la Celtibérica española, es blanco o crema (Martínez-Rojero *et al.*, 2013) y se le conoce en la zona como "blanca serrana" (Arbiza, 1986; Martínez-Rojero *et al.*, 2013).

El rebaño experimental se mantuvo bajo condiciones de semi-estabulación, con las hembras separadas de los machos pastoreando durante la mañana y parte de la tarde (07:00 a 14:00 h) en praderas con pasto Estrella de Santo Domingo (*Cynodon nlemfunensis*). Por el resto del día y durante la noche, el rebaño permaneció en estabulación dentro de corrales techados, en donde se les suministró ensilado de maíz *ad libitum*, más 200 g de concentrado comercial (12% de PC y 3.500 kcal de ED) por cabra. Los animales fueron desparasitados interna (bencimidazoles) y externamente (organofosforados), inmunizados

contra pasteurelisis y problemas digestivos con bacterina mixta. Por otra parte, recibieron vía parenteral una dosis de vitaminas ADE (2 mL). Las cabras fueron identificadas con aretes y se organizó un expediente con los registros individuales de cada una de ellas.

De las cabras con pelaje oscuro, se seleccionaron cinco como donadoras de embriones, de acuerdo con las siguientes características: hembras que registraron los pesos más altos al nacimiento de sus crías, y con peso corporal y alzada superior al promedio del rebaño. Estas cabras fueron servidas por machos de la raza Nubia; en tanto que el resto del hato fue utilizado para integrar los siguientes tratamientos, de acuerdo al número de embriones disponibles:

Grupo monta natural (MN; testigo positivo): se utilizaron 16 hembras de pelaje oscuro que fueron servidas por monta natural con los machos de la raza Nubia.

Grupo transferencia de embriones (TE; testigo negativo): se utilizaron 8 hembras de pelaje oscuro, a las que se les transfirieron dos embriones producto del cruce de donadoras de pelo oscuro x macho de la raza Nubia, de acuerdo al protocolo rutinario (Ishwar y Memon, 1996; Mejía, 1997).

Grupo MN + TE: se conformó de 14 hembras con pelaje blanco que fueron servidas por monta natural por machos blancos mestizos, con el propósito de obtener progenie con capa de pelo claro. El día 6 post-estro se les transfirió a las cabras de este grupo un embrión obtenido del cruce de donadoras de pelaje oscuro x machos de la raza Nubia.

Las cabras que recibieron monta natural se sincronizaron en estro mediante el uso de esponjas intravaginales con 20 mg de acetato de flurogestona (FGA; Chronogest®-CR, *Animal Health*), las cuales fueron retiradas el día 13 después de su inserción. Las cabras donadoras también fueron sincronizadas en estro utilizando el mismo tipo de esponjas. Para inducirles superovulación recibieron dosis decrecientes de FSH porcina (FSH-P; Folltropin®-V, Vetrepharm, Canada, Inc.) administradas por vía intramuscular los días 11 (AM 30 mg y PM 30 mg), 12 (AM 30 mg y PM 30 mg), 13 (AM 20 mg y PM 10 mg) y 14 (AM 10 mg y PM 10 mg) después de colocada

la esponja. Treinta y seis a 48 h después de la remoción de la esponja, se realizó la detección diaria de estros utilizando machos receladores provistos de un arnés, siendo las cabras servidas por sementales de raza Nubia el mayor número de veces posible mientras presentaron celo. Se consideró la monta a las 24 h de la remoción de la esponja como el día cero del ciclo. Doce horas después de la última monta se les colocó una esponja intravaginal adicional con FGA, la cual fue removida al momento de la recolección de los embriones.

Las cabras donadoras estuvieron en ayunas antes de la cirugía y los embriones se colectaron por medio de laparotomía medio-ventral el día 6 del ciclo. Se les indujo anestesia disociativa utilizando clohidrato de xilazina al 2% vía intramuscular (0,20 mg/kg de peso vivo; Xilazina 2%®, Lab. Cheminova de México, S.A. de C.V.), más clohidrato de ketamina por vía intravenosa (1 mg/kg de peso vivo, Ketamina®, Lab. Cheminova de México, S.A. de C.V.) 10 min después. Se rasuró, lavó y desinfectó la región abdominal, para posteriormente realizar una incisión de aproximadamente 4 cm de largo sobre la línea media, a 3 cm craneal a la ubre. Se exteriorizaron el útero y los ovarios con el fin de observar la cantidad y apariencia de los CL presentes, para determinar la respuesta a la superovulación.

Posteriormente, se procedió a lavar cada cuerno uterino por separado con un medio comercial formulado para tal fin (*Complete Flush Solution*®, Vigro), utilizando una sonda de Foley (calibre 10 Fr; Sonda Foley Adex®, Productos Adex, S.A. de C.V.) que se introdujo en la base de cada uno de los cuernos uterinos mediante una punción con un catéter intravenoso (14G x 5½”), para recuperar el medio de lavado. A través de otro catéter intravenoso (18G x 1¼”) que fue insertado en la punta del cuerno uterino se administraron 60 mL de medio de lavado, el cual fue colectado en un filtro concentrador (Em Con Filter®, Immuno System, Inc.). Concluida la recolección de los embriones, se regresó el útero a la cavidad abdominal y se suturó la incisión (Mejía, 1997). Los embriones fueron conservados en solución comercial de mantenimiento (*Holder Embriolife*®, Vitrocell) y evaluados en el microscopio estereoscópico (Microscopios Velab, Modelo VE-S0), para ser clasificados

de acuerdo a su calidad morfológica. Fueron transferidos únicamente los embriones en estadio de mórula y de blastocisto, con calidad 1 y 2, clasificados como excelentes y buenos, respectivamente (Ishwar y Memon, 1996; Mejía, 1997).

Al igual que a las donadoras, a las cabras receptoras también se les sincronizó el estro y previo a la transferencia de embriones en fresco, fueron anestesiadas utilizando el mismo protocolo. Se rasuró, lavó y desinfectó la región abdominal anterior a la ubre y se realizaron dos incisiones a aproximadamente 3 cm craneal a la ubre y a 4 cm de la línea media de la pared abdominal, una a cada lado de ella. Antes de localizar el útero y los ovarios para proceder a su evaluación, se insufló la cavidad abdominal utilizando una aguja de Veress (Aesculap®). A través de una de las incisiones se insertó un trocar con cánula (5 mm de diámetro), por donde se introdujo un laparoscopio para localizar el ovario con el CL más desarrollado. En la otra incisión, también se insertó un trocar-cánula de 10 mm de diámetro, a través del cual se introdujeron a la cavidad abdominal unas pinzas de Babcock para retraer el cuerno uterino.

El protocolo de transferencia fue el siguiente: para el grupo MN + TE, la transferencia del embrión se hizo en el cuerno contralateral al ovario que contenía el CL y al grupo TE, los dos embriones se transfirieron en el cuerno ipsilateral al ovario que contenía el CL. Con este propósito, en el cuerno uterino seleccionado se hizo una pequeña punción con un catéter intravenoso (18G x 1¼”) para transferir los embriones por medio de una jeringa para insulina (1 mL) conectada a un catéter (3½ Fr). Finalmente, se regresó el cuerno uterino a cavidad abdominal y se suturaron las incisiones (Ishwar y Memon, 1996).

Cinco meses después se registró la ocurrencia o no del parto, el número de cabritos por hembra parida, así como el color del pelaje de las crías para determinar de esta manera, en el caso del grupo MN + TE, si provenían de monta natural o del embrión transferido. Se utilizó un análisis de varianza de un diseño completamente al azar con la prueba de Tukey y las pruebas de Ji Cuadrada para homogeneidad de proporciones y Exacta de Fisher (Steel y Torrie, 1986).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra que la tasa de fertilidad fue igual ($P>0,05$) entre los grupos MN + TE (71,4%), TE (75%) y MN (81,2%); mientras que el índice de prolificidad fue más alto en el grupo MN + TE ($2,2 \pm 0,6$ cabritos por parto; $P<0,05$), en comparación con los grupos TE ($1,5 \pm 0,5$ crías por parto) y MN ($1,4 \pm 0,5$ crías por parto), siendo la prolificidad igual ($P>0,05$) entre estos dos últimos grupos evaluados.

En el Cuadro 2, se presenta el número de partos simples, dobles y triples registrados en el experimento para cada grupo evaluado. Los resultados muestran que el grupo MN + TE tuvo un menor número de partos sencillos (10,0%) y una tasa más alta de partos triples (30,0%; $P<0,05$), en comparación a los grupos TE (simples = 50,0% y triples 0,0%) y MN (simples = 61,5% y triples = 0,0%). El porcentaje de partos

dobles fue igual ($P>0,05$) entre tratamientos evaluados.

En relación a las cabras a las que les fueron transferidos embriones, una vez que se registraron los partos se observó que éstos presentaron una tasa de viabilidad similar ($P>0,05$) que fue de 57,14% y 56,25% para los grupos MN + TE y TE, respectivamente (Cuadro 3).

Fertilidad

Los porcentajes de fertilidad registrados en este estudio, para los tratamientos evaluados, concuerdan con lo informado en la literatura. Hafez (2002), menciona que la tasa de fertilidad para monta natural en cabras oscila alrededor del 85%; mientras que para programas de TE realizados en fresco, Caballero (1995) y Hernández-Ignacio *et al.* (2003) obtuvieron

Cuadro 1. Tasa de fertilidad e índice de prolificidad (promedio \pm DE) registrados en los grupos monta natural más un embrión transferido en fresco (MN + TE), dos embriones transferidos en fresco (TE) y solo monta (MN).

Tratamiento	n	Cabras paridas	Cabritos nacidos	Fertilidad (%) [*]	Prolificidad
Grupo MN + TE	14	10	22	71,4 ^a	2,2 \pm 0,6 ^{a*}
Grupo TE	8	6	9	75,0 ^a	1,5 \pm 0,5 ^{b*}
Grupo MN	16	13	18	81,2 ^a	1,4 \pm 0,5 ^{b*}

^{*}Prueba de Ji Cuadrado ($P>0,06$); ^{*} Análisis de varianza, con prueba de Tukey ($P<0,05$).

^{a,b}Valores entre renglones que no comparten el mismo literal, son estadísticamente diferentes.

Cuadro 2. Relación de partos simples, dobles y triples y número de cabritos obtenidos en los grupos: monta más un embrión transferido en fresco (MN + TE), dos embriones transferidos en fresco (TE) y solo monta natural(MN).

Tratamiento	n	Partos	Simples	Dobles	Triples	No. crías
Grupo MN + TE	14	10	1 (10,0%) ^{a*}	6 (60,0%)	3 (30,0%) ^{a*}	22
Grupo TE	8	6	3 (50,0%) ^{b*}	3 (50,0%)	0 (0,0%) ^{b*}	9
Grupo MN	16	13	8 (61,5%) ^{b*}	5 (38,5%)	0 (0,0%) ^{b*}	18

^{*}Prueba exacta de Fisher ($P<0,05$).

^{a,b}Valores entre renglones que no comparten el mismo literal, son estadísticamente diferentes.

Cuadro 3. Viabilidad de embriones transferidos en fresco a cabras previamente servidas (MN + TE; un embrión por hembra) o a cabras receptoras vacías (TE; dos embriones por hembra).

Tratamiento	Embriones Transferidos	Embriones Viables	Tasa de Viabilidad
Grupo MN + TE	14	8	57,1 %
Grupo TE	16	9	56,2 %

*Prueba de Ji Cuadrado ($P > 0,05$).

tasas de 63,63% y 62,5%, respectivamente. Por su parte, Mejía (1997) indica que en caprinos se ha encontrado que la fertilidad para TE en fresco varía de 70 al 80%.

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian que transferir un embrión en fresco en el cuerno uterino contralateral al CL, a cabras previamente servidas por monta natural (grupo MN + TE), no afectó su fertilidad subsecuente, si se compara con la tasa de fertilidad obtenida por el grupo MN. Esta situación denota que el medio uterino y los embriones propios no padecieron el efecto de la implantación del embrión ajeno, lo cual sugiere que el mecanismo de reconocimiento materno que normalmente ocurre en el proceso del establecimiento de la gestación (Thatcher *et al.*, 2001; Hansen, 2002; Gonella *et al.*, 2010), no se ve modificado por la presencia del embrión transferido. Por el contrario, Sinclair *et al.* (1995) señalan que, en bovinos, la viabilidad de un segundo embrión transferido en el cuerno uterino contralateral al ovario con el CL, puede ser altamente dependiente de la sobrevivencia de un embrión nativo alojado en el cuerno ipsilateral.

El embrión puede morir por producir cantidades insuficientes de IFN-T que no logren inhibir la luteólisis, por fallas genómicas o por tener algún grado de degeneración al momento en que debe darse la señal de reconocimiento de la preñez (Thatcher *et al.*, 2001; Hansen, 2002). Pero, no es posible establecer en este estudio si el embrión transferido interactuó en sinergia con el embrión local o si tal vez ejerció por sí solo un efecto positivo sobre alguno de los mecanismos anteriormente descritos. En todo caso, como ya se mencionó, los resultados parecen indicar que el embrión ajeno no afectó el proceso de reconocimiento de la preñez.

En este estudio, al momento de transferir el embrión en el cuerno uterino contralateral al ovario que contenía al CL, a las cabras receptoras que gestaban uno o más embriones propios, se desconocía la ubicación de estos dentro del útero. Bajo estas circunstancias, ante la posibilidad de la ocurrencia de migración embrionaria, no es posible descifrar si los embriones propios y los transferidos que llegaron al término de la preñez, estuvieron próximos el uno del otro compartiendo el espacio uterino durante el periodo de pre-implantación, o si los *conceptus* (embrión y sus membranas asociadas) se distribuyeron de manera equidistante a lo largo de ambos cuernos uterinos.

Ferrugem (2009), indica que los embriones, al implantarse, se distribuyen a lo largo de los cuernos sin limitarse de espacio para inhibir su desarrollo. Esta migración dentro del útero es una estrategia importante para proveer suficiente espacio intrauterino en preñeces múltiples, dado que el espacio insuficiente ha sido considerado como un factor que contribuye a la mortalidad fetal en rumiantes domésticos (McMillan y Peterson, 1995).

En este sentido, y con el propósito de prevenir la ocurrencia de cualquier eventualidad adversa provocada por su distribución, la transferencia del embrión en el grupo MN + TE, se hizo en el cuerno opuesto al ovario que mantenía el CL más desarrollado, intentando evitar de esta manera cualquier confrontación con el embrión local, por mínima que fuese. Es posible especular entonces que esta situación pudo también haber contribuido a la continuidad de la preñez, ya que existen estudios que señalan que inicialmente el embrión debe cubrir físicamente una gran parte del endometrio materno (Hernández *et al.*, 2008) y se ha observado que el reconocimiento

materno de la gestación en ovinos, exige que el *conceptus* se alargue desde el blastocito a su forma tubular y luego filamentosa para que produzca IFN-T, que impide el desarrollo del mecanismo luteolítico endometrial (Spencer y Bazer, 2002) que, en comparación con otros rumiantes domésticos, en el caprino se ha observado que ocurre de manera más prematura (Cognie *et al.*, 2003). Tomados en su conjunto, los resultados de este trabajo sugieren que no existió disputa entre los embriones propios y ajenos por el espacio uterino para su implantación, lo cual coincide con lo informado por Ferrugem (2009).

Por otra parte, se ha demostrado que la calidad y el grado de desarrollo del embrión ejercen una marcada influencia sobre los resultados de la TE (Cognie *et al.*, 2003), y que al transferir un embrión cuyo desarrollo haya sido más rápido, este podría expresar más tempranamente los factores de reconocimiento de preñez, si se compara con un contemporáneo de menor desarrollo (Oyuela y Jiménez, 2010). Lo mencionado previamente está soportado por el trabajo de Block y Hansen (2007), quienes encontraron diferencias significativas en la secreción de IFN-T en embriones de diferente grado de desarrollo, estableciendo una correlación positiva entre el tamaño del embrión y la producción del interferón.

Considerando lo anterior, se puede especular que en el presente ensayo, la transferencia de los embriones el día 6 del ciclo, en estado de mórula o de blastocisto (calidades 1 y 2), se realizó en el momento adecuado, tanto en el grupo MN + TE, como en el grupo TE, lo cual puede ser convalidado por la viabilidad de los embriones (57,1% vs. 56,2%, respectivamente) y la fertilidad (71,4% vs. 81,2%, respectivamente) obtenida en ambos grupos (cuadros 1 y 3), resultados que se encuentran dentro de los rangos reportados en la literatura para caprinos (Caballero, 1995; Ishwar y Memon, 1996; Mejía, 1997; Hernández-Ignacio *et al.*, 2003).

En la literatura no se encontraron estudios en cabras relacionados con la producción de gestaciones mixtas de embriones propios y ajenos. Pese a que, en ovejas a diferencia de lo encontrado en el presente estudio, Moor y Rowson (1966) en un trabajo primario,

concluyeron que embriones transferidos tardíamente (días 12 al 14 del ciclo) a hembras preñadas, no solo fallaron en llegar al término sino que también fueron responsables de la interrupción de la gestación del embrión nativo en más del 50% de las receptoras.

Prolificidad

Los índices de prolificidad registrados en los grupos TE (1,5 crías por hembra parida) y MN (1,4 crías por hembra parida), son comparables a los publicados en la literatura. La prolificidad promedio para monta natural en cabras reportada por Hafez (2002) es de 1,5 cabritos por cabra parida; mientras que Mejía (1997), menciona que para la transferencia de dos embriones en fresco, este índice se encuentra dentro del rango de 1,26 a 1,77 cabritos/parto. Por su parte, Caballero (1995) y Hernández-Ignacio *et al.* (2003), encontraron índices de 1,42 y 1,5 cabritos por hembra al parto, respectivamente, al transferir también dos embriones en fresco.

En las 14 cabras que integraron el grupo MN + TE se registraron 10 partos (fertilidad de 71,4%): un parto sencillo (10,0%), seis dobles (60,0%) y tres triples (30,0%; cuadros 1 y 2). Es particularmente importante hacer notar que en el caso del parto simple el cabrito nacido (de pelaje blanco) fue producto del apareamiento natural y no del embrión transferido; lo que sugiere que el embrión ajeno sólo fue viable en gestaciones dobles o triples, ya que no se obtuvieron crías con este fenotipo de pelaje oscuro en los partos que no fueron múltiples. Lo anterior sugiere que en caso de no haber existido un embrión nativo, los transferidos no fueron capaces, por sí solos, de establecer una gestación, lo cual contrasta con lo informado por Armstrong y Evans (1983), quienes hacen mención de una prolificidad de 0,5 cabritos por hembra parida, al transferir un solo embrión en fresco a cabras vacías.

Como era de esperarse, en el grupo TE no se registraron partos triples, toda vez que únicamente se transfirieron dos embriones por cabra, en tanto que la proporción de partos simples (50,0 %) y gemelares (50,0 %) se encuentra dentro de lo reportado en la literatura para transferencia de dos embriones en fresco en caprinos (Armstrong y Evans, 1983;

Caballero, 1995; Ishwar y Memon, 1996; Mejía, 1997; Hernández-Ignacio *et al.*, 2003).

En el caso del grupo MN + TE se observó un efecto positivo al transferir en fresco un embrión a cabras previamente servidas por monta natural, que condujo al incremento en la tasa de pariciones múltiples (2,2 crías/ parto), lo que, de acuerdo con el fenotipo de las crías, es atribuible al hecho de que el embrión transferido se implantó en un alto porcentaje en el útero de cabras donde existían anticipadamente embriones propios.

Como se mencionó previamente, esta estrategia no afectó la supervivencia del embrión nativo, pero sí contribuyó a que en más de dos tercios de las receptoras (8 de 10 cabras que parieron) se desarrollara un embrión adicional con un fenotipo diferente, que fue reconocible al momento del parto. En este sentido, si se hace un cálculo aritmético simple restando el embrión que le fue transferido a las cabras del grupo MN + TE, la prolificidad disminuiría de 2,2 a 1,4 crías/parto, que sería similar a la mostrada por el grupo cuyo apareamiento fue por monta natural (Cuadro 3).

Como consecuencia de lo anterior, en el grupo MN + TE, se registró el mayor porcentaje de partos múltiples (90,0%), en comparación a los grupos TE (50,0%) y MN (38,5%). No se encontraron estudios similares en la literatura revisada, pero en bovinos Penny *et al.* (1995) observaron que la transferencia no quirúrgica de un embrión fertilizado *in vitro*, al cuerno uterino contralateral al ovario que posee el CL en vacas inseminadas previamente, condujo a una tasa de preñez del 72%, con un índice de partos gemelares de 38,7%. A su vez, Do-Joong *et al.* (2012) informan que al transferir embriones en forma similar al del estudio anterior el día 7 después de la IA, las tasas de preñez y de partos dobles fueron de 82,6% y 62,7%, respectivamente. Por su parte, Sakaguchi *et al.* (2002), concluyeron que la tasa de sobrevivencia de embriones, incluyendo los nativos, no fue afectada por los transferidos, encontrando tasas de preñeces gemelares variables del 24 al 68%; mientras que Dahlen *et al.* (2012), también encontraron que el transferir un embrión en vacas el día 7 después de la inseminación, indujo a un incremento en la producción de partos dobles.

CONCLUSIONES

La transferencia en fresco de un embrión el día 6 del ciclo en el cuerno uterino contralateral al ovario que contiene el CL a cabras que recibieron monta previa, conduce a un incremento significativo en el número de partos múltiples, sin que esta condición afecte el reconocimiento de la preñez y la fertilidad subsecuente de las hembras receptoras gestantes.

LITERATURA CITADA

- Adalsteinsson, S., P. Sponenberg, S. Alexieva and J. F. Russel. 1994. Inheritance of goat coat colors. *J. Hered.*, 85(4):267-272.
- Arbiza, A. S. 1986. Producción de Caprinos. 1ª Edición. Editorial AGT, S.A. México, D.F., México.
- Armstrong, D. T. and G. Evans. 1983. Factors influencing success of embryo transfer in sheep and goats. *Theriogenology*, 19(1):31-42.
- Block, J. and P. J. Hansen. 2007. Interaction between season and culture with insulin-like growth factor-1 on survival of *in vitro* produced embryos following transfer to lactating dairy cows. *Theriogenology*, 67(9): 1518-1529.
- Caballero, G. V. 1995. Fertilidad de embriones frescos y congelados transferidos por laparoscopia en cabras. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 26 p.
- Cognie, Y., G. Baril, N. Poulin and P. Mermillod. 2003. Current status of embryo technologies in sheep and goat. *Theriogenology*, 59(1): 171-188.
- Dahlen, C. R., A. DiConstanzo, A. R. Spell and G. C. Lamb. 2012. Use of embryo transfer seven day after artificial insemination or transferring identical demi-embryos to increase twinning in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 90(13): 4823-4832.
- Do-Joong, Y., K. Gye-Woong, K. Kon-Joong, K. Dunk-Jung, K. Nam-Hyung and L. Jong-Wan. 2012. Effect of number of embryos transferred, the state of uterus and ovary on

- pregnancy rates, and artificial induction of twins with Hanwoo IVF embryos. *Reprod. Dev. Biol.*, 36(2):95-101.
- Ferrugem, M. J. C. 2009. Implantación y placentación. **En:** Galina, C. y Valencia, J. (Ed.). *Reproducción de Animales Domésticos*. Tercera edición. Editorial Limusa. México, D.F., pp. 153-163.
- García, 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, D. F., pp. 11-34.
- Gnatek, G. G., L. D. Smith, R. T. DUBY and D. Godkin. 1989. Maternal recognition of pregnancy in the goat: effects of conceptus removal on interestrus intervals and characterization of conceptus protein production during early pregnancy. *Biol. Reprod.*, 41(4):655-663.
- Gonella, D. A., H. Grajales y A. Hernández. 2010. Ambiente receptivo uterino: control materno, control embrionario, muerte embrionaria. *Rev. MVZ Córdoba*, 15(1):1976-1984.
- Guerra-Martínez, P., G. E. Dickerson, G. B. Anderson and R. D. Green. 1990. Embryo transfer twinning and performance efficiency in beef production. *J. Anim. Sci.*, 68(12): 4039-4050.
- Hafez, E. S. E. 2002. *Reproducción e Inseminación Artificial en Animales*. Séptima edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México, D.F., 7ma Ed. pp. 177-198.
- Hansen, P. J. 2002. Embryonic mortality in cattle from the embryo's perspective. *J. Anim. Sci.*, 80(E-Suppl2):E33-E44.
- Hernández, V. A., A. Góngora., E. Jiménez, J. M. Rodríguez, E. Prieto, L. Chacón y F. Escobar, 2008. *Reproducción en la Vaca Fisiología y Aplicaciones*. Ed. UANL. 1ª Ed. pp. 7-115.
- Hernández-Ignacio, J., R. D. Martínez, J. Pedrote, A. A. Mastache y O. Mejía. 2003. Evaluación de tres esquemas de superovulación para la transferencia de embriones en cabras criollas. **En:** XXXIX Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., 27-31 octubre de 2003, 184 p. (Resúmenes).
- Honhold, N., H. Petit and W. Halliwell. 1991. A condition score scheme for the Small East African goats in Zimbabwe. *Trop. Anim. Health Prod.*, 21:121-127.
- Ishwar, A. K. and A. Memon. 1996. Embryo transfer in sheep and goats: a review. *Small Rumin. Res.*, 19(1):35-43.
- Juárez, M. M. L. y J. Valencia. 2009. Transporte de Gametos y Fertilización. **En:** Galina, C. y Valencia, J. (Ed.). *Reproducción de Animales Domésticos*. Tercera edición. Editorial Limusa. México, D. F., pp. 127-152.
- Martínez, R. R. D., A. A. Mastache y R. Soto. 2000. La cabra criolla de los Valles Centrales del Norte de Guerrero, México. Características fenotípicas. **En:** Memorias del V Congreso Iberoamericano de Razas Autóctonas y Criollas. La Habana, Cuba, 28 de noviembre al 1 de diciembre, 90 p. (Resúmenes).
- Martínez-Rojero, R. D., G. Torres-Hernández y S. Martínez-Hernández. 2013. Caracterización fenotípica, productiva y reproductiva de la cabra Criolla del "Filo Mayor" de la Sierra Madre del Sur en el Estado de Guerrero. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 6(1):25-44.
- Mejía, V. O. 1997. Transferencia de embriones en pequeños rumiantes. **En:** Angulo, M. R., Cervantes, M. J. y Valencia, M. J. (Ed). *Manejo reproductivo e inseminación artificial en pequeños rumiantes*. Curso teórico-práctico. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., pp. 79-85.
- Menchaca, A., M. Vilariño, M. Crispo, T. De Castro and E. Rubianes. 2009. New approaches to superovulation and embryo transfer in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*, 22(1):113-118.

- McMillan, W. H. and A. J. Peterson. 1995. Evidence for a high frequency of embryo migration in cattle after uni-lateral twin embryo transfer. *Theriogenology*, 43(1):278 (abstract).
- Moor, R. M. and E. A. Rowson. 1966. The corpus luteum of the sheep: functional relationship between the embryo and the corpus luteum. *J. Endocrinol.*, 34(2):233-239.
- Olivera, M. y J. C. Ferrugem. 2009. Gestación. **En:** Galina, C. y J. Valencia. (Ed.). Reproducción de animales domésticos. Tercera edición. Editorial Limusa. México, D. F., pp. 165-174.
- Oyuela, L. A. y C. Jiménez. 2010. Factores que afectan la tasa de preñez en programas de transferencia de embriones. *Rev. Med. Vet. Zoot.*, 57(3):191-200.
- Penny, C. D., B. G. Lowman, N. A. Scott, P. R. Scott, S. Voelkel and D. A. Davies. 1995. Management aspects of induced twinning in beef suckled cows using *in vitro* fertilized embryos. *Vet. Rec.*, 136(20):506-510.
- Sakaguchi, M., M. Geshi, S. Harmano, M. Yonai and T. Nayai. 2002. Embryonic and calving losses in bovine mixed twins induced by transfer of *in vitro* produced embryos to bred recipients. *Anim. Reprod. Sci.*, 72(3):209-221.
- Silva, M. E., R. Gatica y T. E. Correa. 2000. Inducción de mellizos mediante la transferencia de un segundo embrión ipsilateral o contralateral al cuerpo lúteo en vacas cubiertas. *Arch. Med. Vet.*, 32(1):41-48.
- Sinclair, K. D., P. J. Broadbent, D. F. Dolman, R. G. Watt and T. S. Mullant. 1995. Establishing twin pregnancies in cattle by embryo transfer. *Anim. Sci.*, 61(1):25-33.
- Spencer, T. E. and W. Bazer. 2002. Biology of progesterone action during pregnancy recognition and maintenance of pregnancy. *Frontiers in Bioscience: a Journal Virtual Library*, 7: d1879-1898.
- Steel, R. G. D. y H. Torrie. 1986. Bioestadística, Principios y Procedimientos. McGraw-Hill, México. 1ª Ed.
- Thatcher, W. W., A. Guzeloglu, R. Mattos, M. Binelli, R. Hansen and K. Pru. 2001. Uterine-conceptus interactions and reproductive failure in cattle. *Theriogenology*, 56(9):1435-1450.