



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

## Análisis de costos de esquemas de transferencia de embriones bovinos utilizados en Colombia.

Revista  
Colombiana de  
Ciencias  
Pecuarias

*Cost analysis of protocols for transfer of bovine embryos used in Colombia*

*Custo análise de esquemas de transferência de embriões de bovinos utilizado na Colômbia*

Paula A Bolívar<sup>1</sup>. Zoot, MV; Juan G Maldonado Estrada<sup>1</sup>, MVZ, MS, PhD.

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Ciencias Veterinarias (Centauro), Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias, y Sede de Investigación Universitaria (SIU, Lab-233). Universidad de Antioquia. AA 1226, Medellín, Colombia.

(Recibido: 29 enero, 2007; aceptado: 29 agosto, 2008)

### Resumen

*En el presente trabajo se presenta el análisis de los costos de tres esquemas de transferencia de embriones aplicados en Colombia, realizado con base en la cotización de los productos en las casa comerciales a precios actualizados del año 2008. Las fuentes de variación consideradas en el análisis fueron las siguientes: 1) superovulación (SOV) de donadoras, 2) sincronización de las receptoras, y 3) mano de obra. Los esquemas comparados fueron: esquema 1 (E1), sincronización con implantes de progesterona, dosis constante de FSH y sincronización de la ovulación con GnRH, seguidas de la IA; esquema 2 (E2), sincronización con prostaglandinas, dosis constante de FSH, LH e inseminación; y esquema 3 (E3), sincronización con progesterona, dosis constante de FSH, prostaglandina, GnRH (36h), LH e IA. El costo por embrión transferible producido se calculó con base en 6.3, 6.6, y 10.3 embriones transferibles/lavado, para los esquemas 1, 2, y 3, respectivamente; cuatro lavados/donadora/año, y 50 o 100% de embriones implantados, para los tres esquemas. Los costos estimados por embrión transferible, asumiendo un 100% de tasas de gestación fueron: US 239.8 (\$ 479.585.7), US 156 (\$ 312.879.0), y US 115.1 (\$ 230.186.5), para los esquemas E1, E2 y E3, respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas ( $p>0.05$ ) en los componentes de costos entre esquemas. Los costos aumentaron a US 359.7 (\$719.378.6), US 234.7 (\$ 469.318.4), y US 172.6 (\$ 345.279.7), respectivamente, cuando se incluyeron las pérdidas por embriones transferidos no implantados (50%). En el trabajo se discuten otros costos fijos del proceso de TE que fueron invariables para los tres esquemas. Hasta donde se pudo consultar la literatura, este es el primer reporte que hace un análisis de costos de programa de TE en Colombia. Este trabajo aporta elementos del sistema de costos que se proponen para el cálculo de costos en programas de transferencia de embriones.*

**Palabras clave:** aplicación de hormonas, esquema de superovulación, sincronización del celo, vacas donadoras, vacas receptoras

### Summary

*In this work an estimated calculation of the cost of three of the most common protocols for superovulation and embryo transfer in Colombia is presented. Estimate costs were defined according*

¶ Para citar este artículo: Bolívar PA, Maldonado-Estrada JG. Proliferación de esquemas de superovulación y sincronización en la transferencia de embriones en bovinos: ¿terapéutica basada en la evidencia o falta de racionalidad? Rev Colomb Cienc Pecu 2008; 21: 351-364.

\* Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de separatas. Carrera 75 N° 65-87, Oficina 47-150. Ciudadela Universitaria de Robledo, Medellín, Colombia. E-mail: juanguimal@rcpp.udea.edu.co. Tel (+574) 2199131 Fax (+574) 2199104.

to commercial available products at december 2005, taking into account the following sources of costs: 1) Superovulation of donor cows, 2) synchronization of receptor cows, and 3) personnel. Hormonal schedules that were analyzed included: schedule 1 (S1), synchronization with progesterone implants, FSH (continuous dose) GnRH (synchronization of ovulation), and AI; schedule 2 (S2), synchronization with two dose prostaglandins, FSH (continuous dose), LH source and insemination; and schedule 3 (S3), synchronization with progesterone implants, FSH (continuous dose), prostaglandin, GnRH (36h) after, and AI. Costs were calculated on the basis of 6.3, 6.6, and 10.3 transferable embryos/flush, for schedule 1, 2 and 3, respectively; flushes/donor/year ( $n = 4$ ), and global pregnancy rate (50 or 100%). The estimated costs for transferable embryo were US 239.8 (\$ 479.585.7), US 156 (\$ 312.879.0), y US 115.1 (\$ 230.186.5) for S1, S2, and S3, respectively. No statistically significant differences ( $p > 0.05$ ) between schedules were found for cost components. Average costs/transferable embryo were increased to US 359.7 (\$719.378.6), US 234.7 (\$ 469.318.4), y US 172.6 (\$ 345.279.7), respectively, when 50% of transferred embryo losses were included in the analysis. To our knowledge, this is the first report on estimated costs for embryo transfer in Colombia. In this work several cost components for calculating the cost of ET according to each hormonal schedule are provided.

**Key words:** donor cows, estrous synchronization, hormone schedules, receptor cows, superovulation protocol

### Resumo

Neste trabalho apresenta a análise dos custos de transferência embrionária três esquemas utilizados na Colômbia, feita com base no preço de produtos comerciais na casa dos preços em 2005. Os regimes avaliados hormônio-cio referência ao: esquema 1 (E1), sincronização com progesterona implantes, estável dose de FSH e de calendário da ovulação com GnRH, seguido pelo IA; esquema 2 (E2), sincronização com prostaglandinas, estável dose de FSH, LH e de inseminação; e esquema 3 (E3), sincronização com progesterona, estável dose de FSH, prostaglandina, GnRH (36h), LH e AI. As fontes de variação consideradas na análise foram as seguintes: 1) superovulação (SOV) da doadora, 2) sincronização do destinatário, ET 3) personel. Como fontes de variação na análise foram consideradas as seguintes: 6.3, 6.6 e 10.3 embriões transferíveis produzidos/lavagem, lavados/doadora/ano ( $n = 4$ ), e 50 o 100% taxa de gestação. Os custos estimados para a implantação do embrião para E1, E2 e E3, foram E.U. \$ 239.8 (\$ 479.585.7), E.U. 156 (\$ 312.879.0), e E.U. 115.1 (\$ 230.186.5), respectivamente, que passou a assumir as perdas embriões não implantados (50% aprox.) e receber o valor de E.U. \$ 359.7 (\$719.378.6), E.U. \$ 234.7 (\$ 469.318.4), e E.U. \$ 172.6 (\$ 345.279.7). No que diz respeito poderia consultar a literatura, este é o primeiro relatório que uma análise de custos TE programa na Colômbia. Este trabalho traz elementos do sistema de custos que são propostos para o cálculo dos custos de programas de transferência embrionária.

**Palavras chave:** aplicação de hormonas, regime de superovulação, sincronização de zelo, vacas dadoras, vacas receptora

### Introducción

En Colombia se ha intensificado el uso de la transferencia de embriones en los últimos 18 años, con cifras que duplican la cantidad de transferencias realizadas en la década de los años 90 (7), situación que refleja la tendencia de la TE en el mundo (12). El aumento en la cantidad de embriones producidos suele estar acompañado de la implementación de nuevos esquemas de superovulación (SOV) de las hembras donadoras y la sincronización de las hembras receptoras, que en el caso particular de Colombia han sido el resultado de estudios hechos principalmente en Brasil (1, 2, 3, 13), sin que se hayan publicado en las revistas científicas los resultados de su validación en Colombia, a pesar

de existir una gran balanza de oferta y demanda del servicio. Los profesionales del sector pecuario colombiano se enfrentan a la exigencia de adquirir una formación académica que les permita asumir responsabilidades empresariales, que le den validez y posibilidades futuras a las recomendaciones de orden tecnológico, sustentándolas no solo en el orden técnico, sino que además se acompañen de los análisis y resultados financieros y administrativos. Por eso, la tendencia actual es conocer paso a paso como se componen los costos y la forma de optimizarlos, para contar con más herramientas y ser más innovadores.

La mayoría de las empresas ganaderas que utilizan la transferencia de embriones en Colombia no hacen un seguimiento de los costos reales del

programa, o si los hacen no los publican, ya sea porque lo impide las alianzas estratégicas entre clientes y empresas proveedoras del servicio, o porque desconocen la manera de hacer los análisis de costos, máxime cuando en varios de los componentes del análisis no hay desembolso de dinero en efectivo. Antes de invertir en tecnologías como la TE, que normalmente tiene un alto costo, es fundamental que los profesionales que asesoren al ganadero en la parte veterinaria y zootécnica, analicen muy bien el retorno de la inversión ya que muchas veces no se obtienen ni los resultados ni la rentabilidad esperados (27, 28). Esta apreciación cobra mayor fuerza si se tiene en cuenta que en el mercado internacional se pueden obtener embriones de buena procedencia (razas y ejemplares) a precios muy competitivos, lo cual debe ser otro factor a considerar al momento de establecer un programa de TE.

Para implementar un programa de TE hay que tener presente varias componentes en el análisis de costos: el tratamiento de SOV, la sincronización de donadoras y receptoras, la inseminación, el lavado y la TE y el cuidado de las donadoras y receptoras. Otro rubro que pocas veces o nunca se incluye en el sistema de costos, es el elevado porcentaje de embriones no transferibles obtenidos por lavado, debido a la alta variación en la calidad de los oocitos y los embriones producidos (15, 16), y el alto porcentaje (30-70%) de embriones transferidos que no culminan en una gestación (9), situaciones de fracaso que constituyen dos factores importantes para que la TE sea mucho más costosa (15), y restringen su aplicación preferiblemente a los reproductores de elevado valor comercial.

Un programa de TE bien manejado permite esperar un promedio de 6.3 (3) a 10.3 (1) embriones transferibles por donadora sometida a SOV, lo que indica que el número promedio de receptoras por donadora que se requiere para una transferencia debería ser entre 6 y 11; pero si se asume que entre 70 y 80% de las receptoras responden a la sincronización y que cerca del 50% de las receptoras no son utilizadas porque no son aptas al momento de la transferencia (5, 10), se requeriría sincronizar por lo menos 20 receptoras/donadora en programas de SOV para TE en fresco. Debido a la alta variabilidad en el número de embriones transferibles

recuperados/donadora, se esperará que el número de receptoras preparado sea insuficiente o excesivo. A esto se le suma el hecho de que algunos esquemas de reciente implementación en Colombia, incluyen la evaluación subjetiva de la calidad del cuerpo lúteo de la receptora el día de la transferencia, lo cual resulta en tasas de descarte de receptoras “no aptas” cercanas al 50%, en contraposición a lo informado por diferentes trabajos que no han hallado asociación entre el diámetro del cuerpo lúteo y las tasas de gestación (10, 15, 24).

Debido al uso indiscriminado de esquemas de TE con diferentes esquemas de SOV de la donadora y sincronización de las receptoras que se aplican en el mercado colombiano —hasta donde se conoce sin consentimiento de Comités de Ética para la experimentación animal (6), el propósito del presente trabajo fue realizar un análisis de costos de la transferencia de embriones, mediante la comparación de tres esquemas de manejo hormonal de donadoras y receptoras, con el fin de proporcionar datos para un manejo más racional de los esquemas. El análisis se hizo de conformidad con los precios de los insumos en el mercado colombiano, asumiendo que el ganadero no incurre en la compra de equipos de laboratorio pero aporta todos los costos de insumos para el procedimiento, como una fuente de consulta para la toma de decisiones basada en los resultados del análisis costo: beneficio del esquema seleccionado, y en el esquema del tratamiento farmacológico al cual son sometidas las donadoras y las receptoras.

## **Materiales y métodos**

### *Aval de Comité de ética*

Por su naturaleza de tipo descriptiva, basada en el estudio de costos con datos informados en la literatura, este estudio no requirió del aval de Comité de ética, al no utilizar animales para la experimentación.

### *Tipo de estudio*

El presente fue un estudio de análisis de costos en donde se evaluaron los componentes que, a criterio del grupo, representaban de la manera más

objetiva el sistema de costos de los esquemas de manejo farmacológico para programas de TE en Colombia, que incluyeron la SOV de las donadoras y la sincronización de las receptoras, resumidos de la siguiente manera (véanse referencias específicas para más detalle):

*Esquema 1 (E1).* Consiste en la sincronización del estro para la SOV de la donadora con progesterona (implante o dispositivo intravaginal), administración de dosis constantes de FSH (a.m. y p.m.) los días 9, 10, 11 y 12 del ciclo, retiro del implante y administración de prostaglandina el día 11, administración de LH e inseminación (a.m./p.m. al inicio del estro y a.m. del día siguiente), con recuperación de los embriones (lavado) el día 7 (12).

*Esquema 2 (E2).* Denominamos esquema tradicional, consiste en la sincronización de la donadora para el estro de referencia de la SOV con dos dosis de prostaglandina a intervalo de 9-11 días, administración de dosis constantes de FSH los días 9, 10, 11 y 12 del ciclo (a.m. y p.m.), administración de prostaglandina el día 11, administración de LH e inseminación el día del estro (a.m./p.m. al inicio del estro y a.m. del día siguiente), con recuperación de los embriones (lavado) el día 7 post I.A (4, 25, 26).

*Esquema 3 (E3).* Denominado protocolo P-36, no requiere celo de referencia: las donadoras reciben el día cero un implante de progesterona junto con la inyección de benzoato (o valerato) de estradiol, seguido de la administración de dosis constantes de FSH (a.m./p.m.) los días 5, 6, 7 y 8, retiro del implante y administración de prostaglandina el día 7, administración de valerato de estradiol y GnRH el día 9 (a las 36 horas de retiro del implante), aplicación de LH e inseminación (AM/PM y AM del día siguiente), al día del estro (a.m./p.m. al inicio del estro y a.m. del día siguiente), con recuperación de los embriones (lavado) el día 7 post I.A (3).

*Cotización de productos e insumos.* La cotización de los productos hormonales utilizados para el tratamiento hormonal de las donadoras o receptoras, se hizo mediante solicitud a las empresas distribuidoras de los productos respectivos en las ciudades de Bogotá y Medellín. Los datos fueron

actualizados con precios vigentes al día 24 de agosto de 2008. Asimismo, para proporcionar un sistema de costos que pueda ser comparado con el paso del tiempo, los precios en pesos colombianos fueron convertidos a precios en dólares de los Estados Unidos, con una tasa de cambio de \$2000/dólar (tasa representativa del mercado en agosto 29 de 2008). Para el análisis de los datos se asumió el valor del producto comercial más barato disponible en el mercado. Luego se dividió el proceso de costos en etapas o pasos, según una procedencia lógica en el tiempo y se especifico para cada actividad:

1. El recurso humano: número y tiempo requeridos para los esquemas del programa de TE evaluado
2. Los materiales y materias primas, la cantidad, las especificaciones de presentación comercial, el precio comercial unitario y total, y el costo por tratamiento
3. Los bienes duraderos, se definieron aquellos que tienen vida útil mayor de un año y que generan costo por depreciación, amortización o agotamiento
4. La depreciación, definida como la manera como las empresas recuperan sus inversiones de capital en activos tangibles, explica la pérdida del valor del activo debido a la edad, uso y obsolescencia durante su vida útil
5. La amortización del precio de la donadora, la cual se realizó a los animales, con el fin de medir su expiración basados en la vida útil y considerando el uso por deterioro y la acción de factores naturales; para este calculo solo se amortizo la donadora y se asumió que la receptora se vende con el embrión (preñez confirmada a los 45 días de gestación)

#### *Inclusión de variables para el análisis de costos*

Las siguientes son las variables que se incluyeron dentro del análisis para calcular los costos del programa de TE:

#### *Costos variables en función del tratamiento hormonal*

Debido a que los tres esquemas hormonales requieren de diferentes esquemas de aplicación hormonal y, en consecuencia, la mano de obra está sujeta a dichos esquemas, como costos variables



fueron incluidos los tratamientos hormonales de la donadora y la receptora y la mano de obra.

*Esquema de superovulación de la donadora.* Para el efecto se cotizaron las hormonas progesterona (dispositivo intravaginal o implante subcutáneo), FSH (hormona obtenida de extracto de pituitaria), benzoato de estradiol, gonadotropina (análogos sintéticos) prostaglandinas (naturales y análogos sintéticos), y LH (producto extracto de pituitaria) (véanse Tablas 1 a 3).

*Esquema de sincronización de las receptoras.* Para las receptoras se cotizaron los esquemas con base en prostaglandina (dos inyecciones con intervalo de 9 a 11 días) o implante de progesterona (durante 9 a 11 días y retiro al finalizar el período) (véanse Tablas 1 a 3).

*Mano de obra.* La mano de obra se calculó con base en el número de jornales requeridos para el tratamiento de SOV de las donadoras, el trabajo en corrales durante el lavado de embriones y el tiempo de vigilancia desde la selección hasta finalizar el lavado. El número de jornales requeridos para la selección, manejo y tratamiento de las donadoras (10 receptoras/donadora) y los costos del servicio veterinario (véanse Tablas 1 a 3).

*Costos fijos en función del esquema de SOV, recuperación y transferencia de los embriones*

Debido a que la TE debe ser realizada con una infraestructura mínima para la recolección, selección, empaquetado y transferencia de los embriones, así como la alimentación de donadoras y receptoras y la amortización del precio de la donadora, los siguientes fueron los factores asumidos como costos fijos (véase Tabla 4):

*Uso y depreciación de equipos de laboratorio.* El valor de la depreciación se calculó asumiendo la existencia previa de los equipos, para los siguientes componentes: nevera (con un valor de \$ 1'000.000 (US 500), una depreciación anual del 10% y una vida útil de 10 años; estereó microscopio, con un valor de \$ 2.500.000 (US 1250), una depreciación del 10% y una vida útil de 5 años y termo de inseminación, con un valor de \$ 1.600.000 (US 800), una depreciación del 10% y una vida útil de 10 años.

Estos costos se asumieron constantes para los tres esquemas evaluados.

*Insumos de laboratorio.* Los insumos de laboratorio incluyeron: lidocaína al 2%, pistola de inseminación desechable, lubricante, guantes desechables, caja para TE, filtros de TE, cajas de petri para TE, catéter, unidad de lavado, globet, tabletas de identificación, fundas, sobrefundas, sellador, y camisa sanitaria.

*Amortización del costo de la donadora.* Para el cálculo de amortización, se hizo una consulta sobre el valor comercial de vacas importadas y se llegó a un consenso de \$ 15'000.000/donadora (US 7500), con una vida útil de cinco años, un promedio de cuatro lavados/año y una producción promedio de 6.3, 6.6 y 10.3 embriones transferibles/lavado, para los esquemas de tratamiento 1, 2 y 3, respectivamente —no se tuvo datos sobre vida útil de la donadora en un programa de TE.

*Costos de alimentación de donadoras y receptoras.* El costo de producción de una hectárea de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) se calculó en \$ 1'023.010/Ha/año (US 511.5), para una producción de 17.000 kg de materia seca/año; a partir de allí se calculó el consumo de 1620 kg de MS/ciclo de transferencia (peso promedio de la donadora o la receptora de 450 kg, con 90 días en función del lavado, 4% del peso vivo en consumo de MS, y 4 lavados por año).

*Otros costos.* En este rubro se incluyeron los siguientes componentes: el costo del medio de lavado y el medio de cultivo de los embriones, el valor del semen, para tres dosis/lavado con un valor promedio de \$ 100.000/dosis (US 50).

Los costos estimados de cada esquema de SOV se dividieron por el número promedio de embriones transferibles producidos por lavado de la siguiente manera: 6.3 para el esquema 1 (4), 6.6 para el esquema tradicional (3), y 10.3 para el esquema p-36 (21); luego se hizo la sumatoria de los nueve factores incluidos en el análisis de costos, para estimar el valor promedio por embrión; y finalmente, se asumió una eficiencia hipotética

de embriones transferidos en fresco del 100 y una real del 50% (tasa de gestación a los 45 días) asumiendo este valor como dato promedio de los diferentes rangos de tasa de gestación informados en la literatura (9, 13, 18, 19); finalmente, se calculó el valor del embrión producido incluyendo el costo del 50% de ineficiencia (embriones transferidos no implantados).

### Análisis estadístico

Los datos del porcentaje de cada factor de costos comparado entre los tres esquemas fueron transformados en valores absolutos y la distribución de los datos fue comparada mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov. Asimismo, se hizo prueba de hipótesis mediante comparación de medias entre los esquemas evaluados, con intervalos de confianza del 95%, asumiendo varianzas iguales.

### Resultados

El análisis estadístico indicó que no hubo diferencia estadística significativa ( $p > 0.05$ ) entre los componentes del sistema de costos analizado entre los tres esquemas evaluados. Los valores obtenidos para los costos variables y fijos presentaron variaciones en los tres esquemas, con valores por embrión transferible de \$ US 102 (\$ 203.095) para el esquema 1 (véase Tabla 1), US \$ 72.7 (\$ 145.374.5) para el esquema 2 (véase Tabla 2), y US \$ 63 (\$ 126.817) para el esquema 3. Estos valores representaron el 42.3, 46.5, y 55.1% del

costo total del programa de TE, para los esquemas 1, 2 y 3, respectivamente. El costo total por embrión transferible, asumiendo que los embriones transferidos tuvieran una tasa de gestación del 100%, fue de \$ US 239.8 (\$ 479.585.7), \$ US 156.4 (\$ 312.879.0), y \$ US 115.1 (\$ 230.186.5), para los esquemas 1, 2 y 3, respectivamente. Estos valores ascendieron en su orden, a \$ US 359.7, 234.7, y 172.6, cuando se incluyó el costo de la ineficiencia del 50% de embriones transferidos que no culminan en una gestación exitosa (véase Tabla 5).

Cuando se evaluó la composición porcentual del sistema de costos analizado, se observaron los resultados siguientes (véase Figura 1):

1. En los costos de SOV, el esquema 2 presentó el mayor costo, seguido del esquema 3 y el esquema 1.
2. En los costos de sincronización de la receptora, el esquema 3 presentó el mayor costo seguido de los esquemas 1 y 2.
3. En los costos de mano de obra, los esquemas 1, 2, y 3, presentaron del mayor al menor costo, en su orden.
4. En los costos de equipo de laboratorio, insumos de laboratorio, otros (medios de lavado y cultivo de los embriones), y alimentación de la donadora y la receptora, el mayor costo lo presentó el esquema 2, seguido de los esquemas 1 y 3.
5. En los costos de amortización de la donadora, los esquemas 2, 1, y 3, presentaron del mayor al menor costo, en su orden.

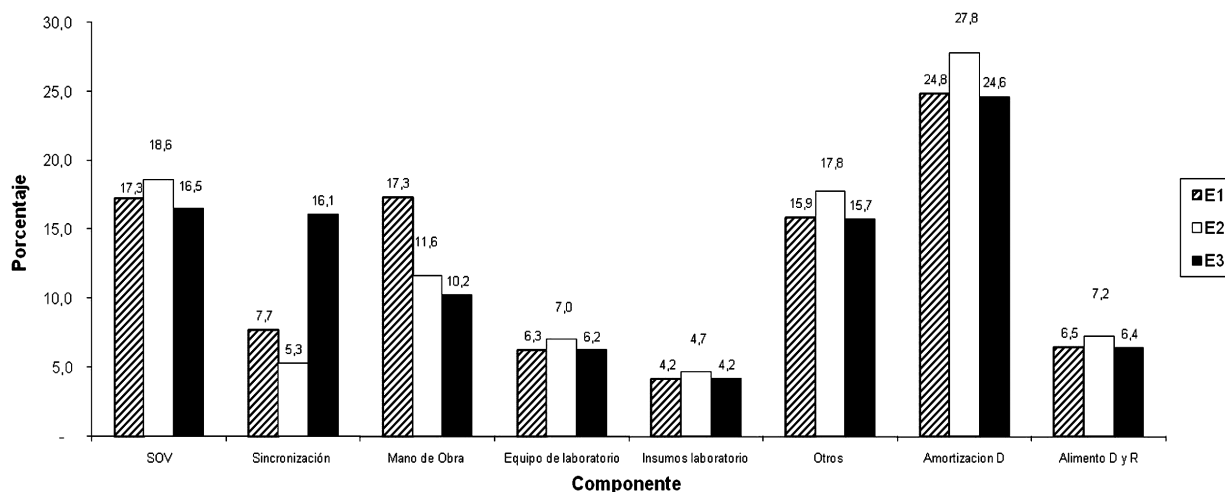


Figura 1. Distribución porcentual de los costos de programas de TE bovinos utilizados en Colombia. SOV, protocolo de superovulación; D, donadora; R, receptora. E1, E2, E3: esquemas 1, 2 y 3, respectivamente.

**Tabla 1.** Análisis de costos variables del esquema 1 de superovulación, sincronización de la receptora y mano de obra en Colombia.

Concepto	Presentación comercial	Valor (\$)	Cantidad	Valor tratamiento	
				\$ Col	\$ US
Superovulación (SOV)					
DIB	10 unidades	205.200	1	20.520.0	
Gestavec	10 ml	6.200	2	1.240.0	
Benzoato de estradiol	20 ml	9.240	2	924.0	
Pluset	10 ml	236.900	20	473.800.0	
Lutalice	10 ml	21.600	4	8.640.0	
Fertagil	5 ml	18.350	2.5	9.175.0	
Cloprostenol	20 ml	72.200	2	7.220.0	
Subtotal SOV				521.519.0	261
Embriones/ lavado				6.3	
Subtotal por embrión				82.780.8	41
Sincronización de la receptora					
DIB	10 Unidades	205.200	1	20.520.0	
Benzoato de estradiol	20 ml	9.240	3	1.386.0	
Novormon	1000 UI	15.960	500	7.980.0	
Cloprostenol	20 ml	72.200	2	7.220.0	
Subtotal s/embrión				37.106.0	19
Mano de obra					
Inseminación		20.000	3	60.000.0	
Jornales		16.053	4	64.210.5	
Veterinario		200.000	1	200.000.0	
Veterinario		200.000	1	200.000.0	
Subtotal mano de obra				524.210.5	259
Embriones/ lavado				6.3	
Subtotal/embrión				83.208	41
Total/embrión transferible				203.095	102

Los valores obtenidos para los costos fijos en los tres esquemas analizados, variaron en función del número promedio de embriones transferibles producidos por lavado (véase Tabla 4). Por su parte, los valores comparativos de cada componente de costos en el sistema evaluado se presentan en la

tabla 5, en donde se observa que el costo de los embriones transferibles producidos por lavado aumentó cuando se incluyó el costo hipotético de la ineficiencia de los embriones transferidos que no culminan en una gestación exitosa (véase Figura 2).

**Tabla 2.** Análisis de costos variables del esquema 2 de superovulación, sincronización de la receptora y mano de obra en Colombia.

Concepto	Presentación comercial	Valor \$	Cantidad	Valor tratamiento	
				\$ Col	\$ US
Superovulación					
Dib	10 unidades	205.200	1	20.520.0	10.3
Gestavec	10 ml	6.200	2	1.240.0	0.6
Benzoato de estradiol	20 ml	9.240	2	924.0	0.5
Pluset	10 ml	236.900	20	473.800.0	236.9
Lutalice	10 ml	21.600	4	8.640.0	4.3
Fertagil	5 ml	18.350	2.5	9.175.0	4.6
Cloprostenol	20 ml	72.200	2	7.220.0	3.6
Subtotal sov				521.519.0	260.8
Embriones/ lavado				6.3	
Subtotal embrión				82.780.8	41

...Continuación Tabla 2

Concepto	Presentación comercial	Valor \$	Cantidad	Valor tratamiento	
				\$ Col	\$ US
Sincronización					
Concepto		Valor \$	Cantidad	Valor tratamiento \$	
DIB	10 unidades	205.200	1	20.520.0	
Benzoato de estradiol	20 ml	9.240	3	1.386.0	
Novormon	1000 UI	15.960	500	7.980.0	
Cloprostenol	20 ml	72.200	2	7.220.0	
Subtotal sincronización				37.106.0	19
Mano de obra					
Concepto		Valor unitario \$	Cantidad	Valor total \$	
Inseminación		20.000	3	60.000.0	
Jornales		16.053	4	64.210.5	
Veterinario		200.000	1	200.000.0	
Veterinario		200.000	1	200.000.0	
Subtotal				524.210.5	262
Embriones/lavado				6.3	
Subtotal/embrión				83.208	42
Total/embrión transferible				145.374.5	72.7

**Tabla 3.** Análisis de costos variables del esquema 3 de superovulación, sincronización de la receptora y mano de obra en Colombia.

Concepto	Presentación comercial	Valor \$	Cantidad	Valor tratamiento	
				\$ Col	\$ US
Superovulación					
DIB	10 unidades	205.200	1	20.520.0	10.3
Benzoato de estradiol	20 ml	9.240	2	924.0	0.5
Pluset	10 ml	236.900	20	473.800.0	236.9
Lutalice	10 ml	21.600	4	8.640.0	4.3
Subtotal				503.884.0	251.9
Embriones/lavado				10.3	
Subtotal embrión				48.920.8	24.5
Sincronización					
DIB	10 unidades	205.200	1	20.520.0	10.3
Benzoato de estradiol	20 ml	9.240	3	1.386.0	0.7
Novormon	1000 UI	15.260	500	15.650.0	7.8
Cloprostenol	20 ml	72.200	2	10.110.0	5.1
Subtotal				47.666.0	23.8
Mano de obra					
Inseminación		20.000	3	60.000.0	30.0
Jornales		16.053	3	51.368.4	25.7
Veterinario		200.000	1	200.000.0	100.0
Subtotal				311.368.4	155.7
Embriones/lavado				10.3	
Subtotal embrión				30.229.9	15.1
Total embrión/transferible				126.817	63.4



**Tabla 4.** Distribución de costos fijos/esquema, de conformidad con el número de embriones transferibles producidos

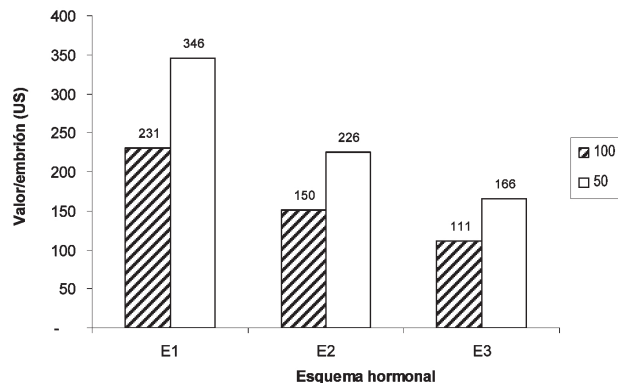
Fuente de costos	Esquema 1		Esquema 2		Esquema 3	
	\$ Col	\$ US	\$ Col	\$ US	\$ Col	\$ US
Equipos de laboratorio						
Subtotal	760.000.0	380	760.000.0	380.0	760.000.0	380.0
Embriones/lavado	6.3		6.6		10.3	
Lavados promedio/año	4.0		4.0		4.0	
Equipo de laboratorio/embrión	30.158.7	15	190.000.0	95.0	18.446.6	9.2
Insumos de laboratorio						
Subtotal	126.902.0	63	126.902.0	63.5	126.902.0	63.5
Embriones promedio/lavado	6.3		6.6		10.3	
Subtotal insumos/embrión	20.143.2	10	19.227.6	9.6	12.320.6	6.2
Otros						
Subtotal	480.000.0	240	480.000.0	240.0	480.000.0	240.0
Embriones promedio/lavado	6.3		6.6		10.3	
Subtotal otros/embrión	76.190.5	38	72.727.3	36.4	46.601.9	23.3
*Amortización de donadora						
Concepto	Amortización/lavado					
Donadora (\$ 15.000.000)	750.000.0	375	750.000.0	375.0	750.000.0	375.0
Embriones promedio/lavado	6.3		6.6		10.3	
Subtotal amortización D/embrión	119.047.6	60	113.636.4	56.8	72.815.5	36.4
**Consumo de forraje						
Costo Ha kikuyo/año	costo/kg ms					
1.023.100	60.2		60.2		60.2	
Costo de pasto						
Donadora	97.495.4	49	97.495.4	48.7	97.495.4	48.7
Receptora	97.495.4	49	97.495.4	48.7	97.495.4	48.7
Embriones/lavado	6.3		6.6		10.3	
Subtotal consumo DyR/embrión	30.950.9	15	29.544.1	14.8	18.931.1	9.5

\*Para el cálculo de la amortización se tuvo en cuenta una vida útil de cinco años, un 20%/año \$ 3.000.000/año), y cuatro lavados/año.

\*\*Para el consumo se calculó una producción de 17.000 kg MS/ha/año, con un consumo de 1620 kg M.S./vaca

**Tabla 5.** Distribución comparativa de los valores de cada esquema evaluado.

Componente de costos /embrión	Esquema 1		Esquema 2		Esquema 3	
	\$ Col	\$ US	\$ Col	\$ US	\$ Col	\$ US
Costo de SOV	82.780.8	41.4	76.208.3	38.1	48.920.8	24.5
Sincronización de receptora	37.106.0	18.6	21.600.0	10.8	47.666.0	23.8
Mano de obra	83.208.0	41.6	47.566.2	23.8	30.229.9	15.1
Equipo de laboratorio	30.158.7	15.1	28.787.9	14.4	18.446.6	9.2
Insumos	20.143.2	10.1	19.227.6	9.6	12.320.6	6.2
Otros gastos	76.190.5	38.1	72.727.3	36.4	46.601.9	23.3
Amortización de la donadora	119.047.6	59.5	17.217.6	8.6	7.069.5	3.5
Consumo de alimento (D y R)	30.950.9	15.5	29.544.1	14.8	18.931.1	9.5
Costo/embrión (asumiendo 100% de gestación)	479.585.7	239.8	312.879.0	156.4	230.186.5	115.1
(+) 50% fracaso	719.378.6	359.7	469.318.4	234.7	345.279.7	172.6
(+) Costo de vaca receptora	1.125.000.0	562.5	1.125.000.0	562.5	1.125.000.0	562.5
Total/receptora preñada	1.604.585.7	802.3	1.437.879.0	718.9	1.355.186.5	677.6



**Figura 2.** Valor del embrión transferible producido en Colombia (precio en dólares) asumiendo 100% (barras rayadas) ó 50% (barras blancas) de tasas de gestación.

## Discusión

Ante la ausencia de datos confiables publicados en la literatura científica sobre las tasas de éxito de los programas de transferencia de embriones en Colombia —se hace referencia aquí a revistas sometidas a evaluación por pares académicos—, los valores empleados en el análisis obedecieron a estimativos de los datos publicados en la literatura para cada uno de los tres esquemas evaluados, respecto de los embriones transferibles por lavado (1, 8, 9) y las tasas de gestación logradas con los embriones transferidos (19, 22, 23). En este orden de ideas, los lectores podrán ajustar sus cálculos a los valores reales que obtengan en sus programas, en términos del precio de las donadoras y las receptoras, el número de embriones transferibles producidos por lavado de la donadora, las tasas de gestación y el porcentaje de respuesta de las receptoras a la sincronización y de receptoras aptas para la transferencia de un embrión.

La implementación de los programas de TE en Colombia tuvo sus inicios a finales de la década de los 80 y comienzos de los 90, gracias al esfuerzo de veterinarios y ganaderos particulares. En el departamento de Antioquia, la empresa Sembrio Ltda., fue la pionera en la aplicación de esta biotecnología reproductiva en 1983, con la realización de trabajos diversos desde comienzos de los años 90 (25, 26), en tanto que otros veterinarios realizaron trabajos ofrecidos como servicio comercial, sin publicar los resultados de sus programas. Las universidades colombianas por su parte, poca injerencia han tenido en los programas

de TE bovinos; tan sólo a finales de los años 90 las instituciones de educación superior se unieron con la empresa privada para desarrollar programas de investigación aplicada —a manera de ejemplo los casos de la Universidad de Antioquia con Sembrio Ltda. y de la Universidad UDCA con Ctelca). Sin embargo, desde los inicios de la década del 2000, han sido las empresas privadas como Ctelca y CGR y muchas otras que se han creado en los últimos cinco años, los encargados de impulsar de manera importante el desarrollo de la TE en Colombia, como se deduce por el creciente número de embriones producidos por TE, registrados en las más importantes asociaciones ganaderas del país. A pesar de ello, sus resultados no han sido publicados en revistas científicas y tan sólo es posible obtener datos parciales sobre las tasas de éxito —en términos de embriones transferibles/lavado y tasas de gestación de embriones transferidos, en las memorias de eventos de educación continuada. De manera similar a lo informado en la literatura internacional, en menos de la mitad de los trabajos en donde se evalúan esquemas hormonales en programas de TE, se informa las tasas de gestación obtenidas (para mayor detalle véase la referencia 6).

La propuesta del presente trabajo, por lo tanto, fue identificar los componentes más importantes para establecer un análisis de costos de los programas de TE bovinos, bajo las condiciones del mercado colombiano, en donde se identificaron los siguientes componentes: costos de SOV de donadoras y sincronización de receptoras, depreciación de la donadora, alimentación de ambas; equipos e insumos de laboratorio, y mano de obra entre profesionales y trabajadores en las fincas. Por otra parte, el análisis de costos de los programas de TE bovinos realizados en Colombia tiene unos componentes particulares, debido en parte a los precios exorbitantes que pueden alcanzar los reproductores (machos y hembras), en las subastas o en las ferias ganaderas, particularmente en aquellas del ámbito nacional o internacional; los precios de las donadoras varían en relación con la zona ganadera del país, la raza de la vaca, y la apreciación subjetiva que los ganaderos tengan de sus vacas donadoras, en cada entorno particular. Por lo tanto, para los costos de la donadora se tomó un valor estándar de 15 millones de pesos (\$ US 7.500),

que a nuestro criterio fue un precio racional, basados en consultas con ganaderos que habían adquirido vacas para ser sometidas a TE. Sin embargo, otros profesionales podrán ajustar este valor al precio real que le asignen a la vaca donadora.

El primer aspecto que llamó la atención en el estudio fue la ausencia de diferencias significativas entre los costos de los tres esquemas de TE evaluados, porque, al parecer, la variación entre ellos radica en el uso de productos hormonales cuyo costo es relativamente uniforme, porque todos los esquemas coinciden en la cantidad de FSH utilizada; la SOV representó un valor que osciló entre \$ US 24.5 y 41.4 (véase Tabla 5). Infortunadamente, no encontramos en la literatura estudios para contrastar nuestros hallazgos, haciendo la salvedad de la imposibilidad de revisar los trabajos de investigación de pregrado o postgrado, que puedan existir en las diferentes Facultades y escuelas de Medicina Veterinaria y Zootecnia del país.

El costo de cada embrión transferido fue bajo si se compara con los precios de los embriones congelados disponibles en el mercado, pero aumenta al incluir las pérdidas por ineficiencia en la implantación (50% de pérdidas gestacionales). Esto se propone, al asumir que los embriones que se transfieren y culminan en una gestación exitosa, deben absorber el costo de aquellos embriones transferidos que no lo hacen. Por lo tanto, se sugiere tener en cuenta dichas pérdidas en los análisis de costos, además de incluir el costo del período abierto de las receptoras que no quedan gestantes, cálculo que no se realizó en el presente trabajo. Adicionalmente, los costos de los embriones producidos podrían aumentar si estos no son transferidos en fresco sino que son transferidos después de su descongelación, dado que las tasas de éxito gestacional de los embriones descongelados suelen estar en un rango menor que la tasa de los embriones transferidos en fresco (14,19).

Otro de los factores que afectan los costos de la TE son la cantidad de receptoras que deben estar disponibles el día de la transferencia, los resultados técnicos en términos de cantidad de embriones transferibles por lavado y los porcentaje de gestación de los embriones transferidos, las tasas de aborto y las pérdidas perinatales por distocia.

Uno de los mayores costos para el productor es el mantenimiento de las receptoras hasta que se confirma su gestación, dada la cantidad de receptoras que ocupan lugar, se alimentan en la finca, reciben los cuidados sanitarios y de manejo, y el aumento del período abierto atribuible al porcentaje de receptoras que no quedan gestantes, elementos que no suelen ser tenidos en cuenta en los análisis de costos. En los programas de TE están incluidos otros factores de producción, que no siempre son contemplados por los criadores, debido a que no significan desembolso de dinero, pero deberían ser contabilizados como costos actuales y no diferidos o ausentes. Si no hay gestaciones exitosas, no habrá nacimiento de terneros y los embriones transferidos representaron una pérdida económica real. Por lo tanto, uno de los aspectos más costosos de la TE es el de los terneros que no nacen, porque además e las pérdidas económicas conllevan un derroche genético y la frustración de los clientes frente a la expectativa creada.

Contrario a lo informado por otros autores que sugieren que el mayor costo económico de la TE está representado en la necesidad de mantener las vacas receptoras, debido a los costos de la alimentación, la sincronización y la transferencia no exitosa (18), en el presente análisis el mayor costo del programa por cada lavado (o colecta de embriones) lo representó el cálculo de depreciación de la donadora, seguido del esquema de SOV, la mano de obra y los medios de cultivo e incubación del embrión (véase Figura 1). Lo anterior puede ser debido, en parte, a que en Colombia se utilizan insumos para los programas de TE que en la mayoría de los casos son importados, a diferencia de países que al ser productores, tendrían un precio más barato, en particular para los productos hormonales y de manipulación de los embriones. Por el contrario, el costo de sincronización de las receptoras representó uno de los porcentajes más bajos en los esquemas 1 y 2.

Además de proponer un costo del proceso de TE que aumenta como consecuencia de la ineficiencia del protocolo, representada en los embriones transferidos que no logran una gestación exitosas, hay que considerar además que los costos del programa pueden aumentar si se tienen en cuenta que todas las receptoras no son

seleccionadas para recibir un embrión, porque son refractarias al tratamiento o los cuerpos lúteos no son del tamaño adecuado al momento de la transferencia. Esta práctica se ha realizado por algunas empresas prestadoras del servicio de TE en Colombia, bajo el argumento de una mayor producción de progesterona en proporción directa con el diámetro promedio del CL de la receptora. Sin embargo, este procedimiento no está sustentado en resultados de estudios clínicos que demuestren su racionalidad; por el contrario, diversos estudio demostraron que no existe relación entre el diámetro del CL y las concentraciones séricas de P4 al momento de la transferencia del embrión, con las tasas de gestación de las receptoras (22, 23, 29). Además, demostraron que concentraciones de progesterona entre 2 a 5 ng/ml coincidieron con tasas de gestación del 51.1%, pero por fuera de dicho rango se asociaron con menores tasas de gestación (22). Por otra parte, dos estudios sugieren que la concentración de P4 en la receptora el día de la TE no es de valor pronóstico para el resultado de la gestación (8, 22), mientras que un tercero demostró que altas concentraciones reducen significativamente la tase de gestación (13).

En el presente trabajo no se hizo el análisis de los costos de los procedimientos de la TE a partir de embriones producidos *in vitro*, porque no se consideró como objetivo del estudio, dadas las diferencias en el procedimiento de obtención de los embriones. No obstante ser una realidad y una tecnología de gran desarrollo real y potencial en el mundo (14) y en Colombia, en la producción *in vitro* de embriones intervienen una serie de componentes que se diferencia de manera importante de la producción convencional de embriones, entre las que se cuentan los costos de los equipos para la aspiración de los folículos guiada por ultrasonido, la infraestructura par la fertilización y el desarrollo embrionario *in vitro* (FIV), y las tasas de éxito de los embriones FIV transferidos en fresco o descongelados (19). Por lo tanto, consideramos que estos elementos no son comparables al momento de realizar el análisis propuesto, lo cual debe ser motivo de un estudio adicional.

Los resultados presentados aquí se proponen como una aproximación al análisis de costos de un programa de TE en fresco, para que los profesionales

que laboren en este campo tengan a su disposición los elementos de juicio aquí presentados y otros que ellos consideren pertinentes para cada entorno en particular, al momento de realizar los cálculos. Uno de los objetivos que se perseguían con la presentación de estos resultados, era contrastar si se justificaba o no el uso de los esquemas de SOV y sincronización que requieren de una alta manipulación de las donadoras y las receptoras, en términos de propiciar su bienestar mediante la aplicación del esquema que fuera más favorable para ellas (6). Sin embargo, los datos presentados sugieren que no hay diferencias importantes en la manipulación hormonal de las donadoras con los tres esquemas evaluados, a pesar de que la sincronización de la receptora en el esquema 3 parece requerir más manipulación. A pesar de ello, el hecho de que el esquema 3 presentó los menores costos por embrión transferible producido, quizás motive aún más a los ganaderos y empresarios a su utilización. No obstante, el sistema de costos se propone para someterlo a evaluación bajo cualquier esquema de sincronización y SOV que los profesionales quieran evaluar, en función de sus resultados, costos y experiencia particular.

Uno de los aspectos que motivó la realización de este análisis, partió del hecho de desconocer el valor de los embriones producidos en nuestro país, debido a que son casi nulos los trabajos publicados en los que se haya hecho un análisis de esta naturaleza, según se pudo constatar después de una búsqueda intensa en bases de datos como PubMed, *Science Direct*, OVID, y *Current Contents*. Por lo tanto, el presente es el primer estudio sobre la aproximación a los costos de su programa de TE en bovinos, por lo menos en lo que se refiere al territorio colombiano. Por consiguiente, con el esquema de análisis propuesto, se pretende aportar elementos de juicio para que los profesionales que trabajan en el sector tengan una aproximación para el cálculo de los costos de su programa de TE, de conformidad con los elementos de cada esquema de SOV y sincronización que utilicen en su programa. Así mismo, la sistematización de sus bases de datos, les permitirá ajustar los valores precisos de su entorno y los precios que les proporcionen sus proveedores, así como todos los componentes del análisis de costos, a las condiciones particulares de cada región en la que se encuentren.



## Agradecimientos

La ejecución del trabajo se realizó durante la pasantía en investigación de Paula Andrea Bolívar, en el marco del proyecto de investigación titulado “Programa de producción de embriones

del ganado BON de la Universidad de Antioquia (Código E00017). Las actividades del grupo de investigación Centauro son posibles gracias a los aportes de la estrategia de Sostenibilidad 2005-2006 para grupos de excelencia de la Universidad de Antioquia.

## Referencias

- Barros CM, Nogueira MF. Embryo transfer in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology* 2001; 56:1483-1496.
- Baruselli PS, De Oliveira M. Últimos avances en superovulación de donantes de razas cebuinas. IV Seminario Internacional de Reproducción de grandes Animales. 2003
- Baruselli PS, De Sá Filho MF, Martins CM, Nasser LF, Nogueira M, *et al.* Superovulation and embryo transfer in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology* 2006; 65: 77-88.
- Baruselli PS, De Sá Filho MF, Martins CM, Reis EL, Nasser LF, *et al.* Nuevos avances en los tratamientos de SOV en donadoras de embriones bovinos. Congreso internacional de reproducción bovina. 2005; 139-153.
- Benyei B, Komlosi I, Pecsí A, Pollott G, Marcos CH, *et al.* The effect of internal and external factors on bovine embryo transfer results in a tropical environment. *Anim Reprod Sci* 2006; 93:268-279.
- Maldonado Estrada JG, Bolívar PA. Racionalidad de los esquemas de superovulación y sincronización en la transferencia de embriones en bovinos: ¿terapéutica basada en la evidencia o ausencia de ética? *Rev Colomb Cienc Pecu* 2008; 21:351-364.
- Central de transferencia de embriones, tecnología de semen y núcleo de mejoramiento genético las Camelias. [http://www.ctelca.com/webctelca\\_ingles/achievements.html](http://www.ctelca.com/webctelca_ingles/achievements.html) (Consultado en julio 25 de 2006).
- Chagas e Silva J, Lopes da Costa L, Robalo Silva J. Plasma progesterone profiles and factors affecting embryo-fetal mortality following embryo transfer in dairy cattle. *Theriogenology* 2002; 58:51-59.
- Chebel RC, Demétrio DG, Metzger J. Factors affecting success of embryo collection and transfer in large dairy herds. *Theriogenology* 2008; 69:98-106.
- Coleman DA, Dailey RA, Leffel RE, Baker RD. Estrous synchronization and establishment of pregnancy in bovine embryo transfer recipients. *J Dairy Sci* 1987; 70:858-866.
- Ellington JE, Foote RH, Farell PB, Hasler JF, Webb J, *et al.* Pregnancy rates after the use of a gonadotropin releasing hormone agonist in bovine embryo transfer recipients. *Theriogenology* 1991; 36: 1035-1042.
- Giraldo AF. Evaluación de tasas de concepción de embriones Aberdeen Angus frescos y congelados de acuerdo con el desarrollo embrionario y calidad. Trabajo de Grado, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia; Medellín, 2006. 30p.
- Gouveia Nogueira MF, Melo DS, Carvalho LM, Fucks EJ, Trincab LA, *et al.* Do high progesterone concentrations decrease pregnancy rates in embryo recipients synchronized with PGF2a and eCG? *Theriogenology* 2004; 61: 1283-1290.
- Hansen PJ. Realizing the promise of IVF in cattle-an overview. *Theriogenology* 2006; 65:119-125.
- Hasler JF, McCauley AD, Lathrop WF, Foote RH. Effect of donor-recipient interactions on pregnancy rate in large-scale bovine embryo transfer program, *Theriogenology* 1987; 27:139-168.
- Hasler JF. The Holstein cow in embryo transfer today as compared to 20 years ago. *Theriogenology* 2006; 65:4-16.
- Lonergan P, Rizos D, Ward F, Boland MP. Factors influencing oocyte and embryo quality in cattle. *Reprod Nutr Dev* 2001; 41:427-437.
- Looney CR, Nelson JS, Schneider HJ, Forrest DW. Improving fertility in beef cow recipients. *Theriogenology* 2006; 65:201-209.
- Martínez AG, Brogliatti GM, Valcarcel A, de las Heras MA. Pregnancy rates after transfer of frozen bovine embryos: a field trial. *Theriogenology* 2002; 58:963-972.
- Merton JS, de Roos AP, Mullaart E, de Ruigh L, Kaal L, *et al.* Factors affecting oocyte quality and quantity in commercial application of embryo technologies in the cattle breeding industry. *Theriogenology* 2003; 59:651-674.
- Moraes C, Nogueira MF. SOV en ganado cebú de engorde: Protocolo P-36. Congreso internacional de reproducción bovina 2005; 105-109.
- Niemann H, Sacher B, Elsaesser F. Pregnancy rates relative to recipient plasma progesterone levels on the day of nonsurgical transfer of frozen/thawed bovine embryos. *Theriogenology* 1985; 23:631-639.
- Nogueira MF, Melo DS, Carvalho LM, Fucks EJ, Trincab LA, *et al.* Do high progesterone concentrations decrease pregnancy rates in embryo recipients synchronized with PGF2alpha and eCG? *Theriogenology* 2004; 61:1283-1290.
- Remsen LG, Roussel JD. Pregnancy rates relating plasma progesterone levels in recipient heifers at day of transfer. *Theriogenology* 1982; 18:365-372.
- Rodríguez L, Giraldo M, Ruíz ZT, Valencia L, Andrade JC, *et al.* Respuesta superovulatoria de vacas criollas colombianas Blanco Orejinegro, BON, al tratamiento con FSH o PMSG: informe de tres casos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 1998; 11:16-26.



26. Rodríguez L, Giraldo M, Vélez MP, Maldonado JG. Recuperación y transferencia de embriones de vacas Holstein de élite con infecciones uterinas recurrentes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 1998; 11:61-71.
27. Ruvuna F, Taylor JF, Walter JP, Turner JW, Thallman RM. Bioeconomic evaluation of embryo transfer in beef production systems: II. Economic evaluation of steer production. *J Anim Sci* 1992; 70:1084-1090.
28. Smeaton DC, Harris BL, Xu ZZ, Vivanco WH. Factors affecting commercial application of embryo technologies in New Zealand: a modelling approach. *Theriogenology* 2003; 59:617-634.
29. Spell AR, Beal WE, Corah LR, Lamb GC. Evaluating recipient and embryo factors that affect pregnancy rates of embryo transfer in beef cattle. *Theriogenology* 2001; 56:287-297.