

TRANSFERENCIA DE EMBRIONES EN HATOS DE PEQUEÑOS PRODUCTORES

GUSTAVO A PALMA

Médico Veterinario

*Especialista en Reproducción Animal
y Biotecnología de la Reproducción*

Director Científico Reprobitec

gustavo.palma@reprobitec.com

Argentina

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera ocupa más de la mitad de la actividad agrícola en los países de Sudamérica con una tendencia creciente. La demanda de productos lácteos incrementa en forma progresiva y estimula el empleo de biotecnologías que aumenten la eficiencia productiva y reproductiva, como también la búsqueda de una disminución de sus costos operativos para hacerlas más eficaces.

Debido a las características biológicas propias de la especie, la inseminación artificial permite incrementar el número de la descendencia de un toro hasta valores próximos al factor 1000. En cambio en la hembra bovina solo es esperable que se obtenga un ternero por año.

La transferencia de embriones es una biotecnología reproductiva que permite aprovechar el valor genético y económico de la hembra bovina, con una producción promedio de 10 terneros por vaca y año. De esta manera, la técnica adquiere importancia por sí misma, pero se emplea, además, como herramienta indispensable en la aplicación de otras biotecnologías de mayor complejidad, como la producción in vitro de embriones y la clonación animal por medio de transferencia nuclear.

Desarrollada en la década de los años 70, la transferencia de embriones (TE) consiste en estimular la actividad ovárica de la hembra para provocar ovulaciones múltiples (superovulación). La inseminación artificial posterior y repetida permitirá la producción múltiple de embriones, los cuales, después de la recolección y selección serán transferidos a hembras receptoras, preparadas para gestar y criar brevemente los terneros obtenidos. La superovulación y transferencia de embriones alcanzaron su máximo desarrollo en la década de los 80 y actualmente alcanza una generación próxima a los 600.000 embriones anuales, de los cuales la cuarta parte se producen en Sudamérica (Thibier, 2005).

Los programas de TE pueden realizarse bajo distintas condiciones de producción y tamaño del hato. Los pequeños productores, reunidos en cooperativas no sólo incrementan su potencial de producción económica sino también la aplicación racional de las biotecnologías reproductivas. La metodología adecuada de la transferencia de embriones, como se describe, reviste importancia en el éxito de la técnica. El productor y los técnicos responsables deberán considerar también otros aspectos significativos en la ejecución de esta biotecnología relacionados con los animales y la metodología.



APLICACIONES DE LA TRANSFERENCIA DE EMBRIONES

El registro de la producción se asemeja a la tradicional pirámide, el registro de pedigree tradicional, el cual fue desarrollado en Inglaterra entre los siglos XVIII-XIX (Krüsslich, 1993).

La población bovina se divide en animales reproductores (registro de pedigree) y productores, como está representado en la **figura 1**. El progreso genético alcanzado a través del registro de producción lechera (y de pedigree) se transfiere al resto del rodeo por medio de la venta de los reproductores machos o su semen congelado.



Fig. 1: Programa tradicional de mejoramiento (Krüsslich (1993).

Con el empleo de la genética poblacional y de los métodos genético-estadísticos fue posible el desarrollo de exigentes programas de evaluación y selección de los reproductores a través de su progenie. Estos estudios analíticos generaron también ambiciosas proyecciones en las aplicaciones potenciales de la transferencia de embriones, la cual, bajo buenas condiciones, puede incrementar significativamente el progreso genético de los programas de producción convencionales y así el valor productivo y comercial de los productos obtenidos (**Cuadro 1**).

La mayoría de los toros de los centros de inseminación artificial y vacas progenitoras son producto de la transferencia de animales.

Una de las formas en que los programas de superovulación y transferencia de embriones

pueden ponerse en práctica es a través de llamada formación del hato de excelencia o núcleo genético, con el objeto de concentrar los mejores genotipos hembra. Es un modelo especialmente adecuado para los productores de pequeños hatos, reunidos en una cooperativa de producción, la cual seleccionará a las hembras más destacadas de la producción lechera.

Las ventajas de los núcleos de producción las constituyen las características: conversión del alimento, resistencia a las enfermedades y fertilidad. Esas características pueden ser controladas con suficiente seguridad sólo en establecimientos ganaderos, cuyo manejo y productividad pueden ser programados y dirigidos directamente por el responsable de la producción (productor, estaciones de prueba).



Cuadro 1. Aplicaciones de la transferencia de embriones (adaptado de Brem, 1993, 2001).

1.	Aumento del número de madres de toros.
2.	Aumento del número de hembras para la reposición.
3.	Aumento del progreso genético en la producción de leche a través del aumento de la intensidad de selección de las madres de toros.
4.	Aumento del progreso genético en hatos de núcleos cerrados de producción de leche.
5.	Aumento de la eficiencia en los programas de núcleos de producción.
6.	Rápida multiplicación de razas de valor productivo.
7.	Incremento de la tasa de mellizos.
8.	Rápidas y mejores posibilidades para llevar a cabo programas de cruzamiento con razas tipo leche y carne.
9.	Posibilidad de llevar a cabo la prueba de la descendencia de vacas y la prueba de hermanas enteras en las familias de las vacas.
10.	Acortamiento del intervalo generacional.
11.	Determinación y control del sexo.
12.	Estimación del efecto materno.
13.	Facilidad de la comercialización (importación y exportación) de material genético.
14.	Desarrollo de las condiciones adecuadas para otras biotecnologías, en marco de la micromanipulación de embriones.

Actualmente, ello es común en núcleos de producción de empresas productoras de aves o cerdos, no así en las uniones de productores privados como las asociaciones de las diferentes razas, organizaciones para la prueba de los reproductores e inseminación artificial.

Sólo las cooperativas de producción lechera alcanzaron esos objetivos con éxito, con el empleo de núcleos abiertos o cerrados. Los núcleos cerrados se llevan a cabo con animales elegidos, sin inclusión de nuevos, a través de la concentración de las mejores hembras de la cooperativa o la compra de semen de los toros mejoradores. En ese sentido, la selección cuidadosa de las vacas fundadoras del núcleo tiene un significado definitivo en el éxito de un programa de transferencia basado en el núcleo cerrado (Cuadro 2).

Los programas de superovulación y transferencia de embriones son también adecuados para regiones con una reducida concentración de pruebas de rendimiento, como también de hatos a inseminar, dado que permiten llevar a cabo un programa de selección efectiva con progresos genéticos aceptables a pesar de la falta de infraestructura (Kräusslich, 1993).

PROGRAMAS DE TRANSFERENCIA DE EMBRIONES

Los programas de transferencia de embriones pueden ser desarrollados en centros de transferencia, donde se encuentra un laboratorio central y el personal capacitado en las tareas y en el establecimiento, donde se encuentran las donantes (Cabodevila, 2008).



Cuadro 2. Formación de núcleos de producción (Krüsslich, 1993).

FORMACIÓN DEL NÚCLEO
Selección de las mejores hembras.
Selección de los mejores machos (semen importado).
NÚCLEO
Superovulación y transferencia de embriones (TE).
Pruebas de rendimiento en la producción de leche.
Selección de los reproductores hembras y machos.
TRANSFERENCIA AL RESTO DE LOS HATOS
Distribución del semen de los reproductores o reproductores machos para la IA o servicio natural.

Por razones operativas es conveniente realizar la recolección de los embriones un mínimo de 3 donantes (Mapletoft, 1987). Por esa razón y dependiendo de las distancias, en programas con hatos pequeños, las donantes se suelen concentrar en una hacienda o en las instalaciones de la cooperativa y centro en instalaciones adecuadas para tal fin.

METODOLOGÍA

La transferencia de embriones es una compleja combinación de pasos biotecnológicos, que se pueden clasificar según la actividad en:

- Manejo de donantes y receptoras.
- Superovulación.
- Recolección de los embriones de las donantes.
- Selección morfológica de los embriones.
- Transferencia de los embriones a las receptoras.
- Congelación, micromanipulación de los embriones.

El procedimiento por medio de tratamientos hormonales para estimular el desarrollo supernumerario de los folículos ováricos, se denomina superovulación y permite obtener de la vaca superior elegida, un número de embriones

de buena calidad que varía de 3 a 7. Por esa razón es llamada donante. Esta hembra, destinada a la producción de embriones, no requiere que esté preñada, tampoco es necesario que esté en lactación. En general los resultados tienden a ser mejores cuando la hembra está seca. Sin embargo, la lactación no es un impedimento para producir embriones.

MANEJO DE DONANTES Y RECEPTORAS

Las vacas donantes son las figuras estelares del programa, por esa razón deben ocupar un lugar importante en las consideraciones integrales del establecimiento ganadero, el productor, el veterinario y los técnicos afectados (Alberio, 1993), pero no mucho más que las receptoras. Estas hembras, sin valor productivo, serán las destinadas a recibir los embriones, gestarlos y alimentarlos hasta el destete. En consecuencia esas hembras, que forman una parte esencial en el programa de TE (Alberio, 1993), deben recibir las condiciones equivalentes de sanidad, nutrición y manejo que las donantes. Su adecuada elección y manejo nutricional y sanitario son aspectos de relevancia en el éxito de un programa de transferencia de embriones.



SUPEROVULACIÓN

Se define el procedimiento por medio del cual la hembra donante es sometida a tratamientos hormonales, también llamados superovulatorios para que después de la inseminación, produzcan varios embriones (3 a 7).

La respuesta superovulatoria de la vaca es una de las variables de mayor importancia en el éxito de un programa de TE. La alta complejidad de los factores vinculados a la biología ovárica de cada hembra (Hasler, 1992; Palma y col., 1995) y su particular relación con el estado corporal, raza, estación del año y tipo de alimentación, hace imprescindible la dedicación del productor, el veterinario y personal técnico para lograr los mejores resultados.

Un hallazgo importante fue la determinación de la existencia del llamado folículo dominante. Su presencia se determina por medio de ultrasonografía, como en ginecología humana, inhibe el desarrollo del resto de los pequeños folículos (cohorte) y disminuye, en consecuencia, la respuesta superovulatoria (Grasso y col., 1989; Guibault y col., 1991; Huhtinen y col., 1992; Bo y col., 1996). Para evitar el efecto negativo del folículo dominante un eficiente programa de TE emplea la ultrasonografía para determinar el momento adecuado de la ausencia del folículo dominante y de la respuesta superovulatoria. La incorporación de protocolos que controlan la dinámica del crecimiento folicular y la ovulación, permiten optimizar las inseminaciones en un tiempo fijo sin necesidad de detectar el celo de la vaca superovulada (Bo y col., 2008, Chebel y col., 2008). Estos tratamientos, por su facilidad de uso, son especialmente adecuados para aquellos hatos de producción, en los cuales no hay tiempo suficiente, falta el personal o la pericia en la detección no es óptima (Bo y col., 2007).

El alto número de ovocitos liberados en cada superovulación que no son fecundados, es otro de los factores negativos asociados a los

tratamientos superovulatorios. Ello fue atribuido a alteraciones de la maduración como consecuencia del desorden bioquímico, metabólico y motriz, existentes en el oviducto y el útero. Estos factores provocan una gran variabilidad de la respuesta superovulatoria que afecta negativamente el éxito y con ello el costo de la técnica.

Comparando la eficiencia del empleo de los potenciales reproductivos de la hembra con el macho, a través de TE e IA respectivamente, los resultados son discordantes: un toro puede producir miles de terneros con su producción seminal, la única limitante es la producción de dosis inseminantes durante su vida útil. Una vaca, por el contrario, puede producir solo 50 a 100 terneros como máximo.

Los índices que muestran los estudios retrospectivos parecen indicar que esta biotecnología ha llegado a su nivel máximo de rendimiento, su eficiencia está limitada por el número de embriones producidos por cada hembra tratada. La tasa de preñez se mantiene en 50% de promedio, de manera que el potencial zootécnico de una hembra bovina se incrementa en 2,5 veces (Thibier, 2005) hasta 10 veces.

Por otra parte, la relación costo beneficio la ubica después de la IA, como la tecnología que provee los progenitores de mayor valor genético y de los cuales se comercializan actualmente el semen y los embriones en el mundo. Ello contribuye significativamente al intercambio genético. Su futuro está asociado a la eficiencia de los programas de mejoramiento genético de los hatos lecheros y del costo de los productos (leche, reproductores, embriones).

Un tratamiento superovulatorio sigue un protocolo determinado por la firma que provee el tratamiento hormonal y considerando particularmente a la donante, edad, medio ambiente, estado nutricional, historia clínica, entre otros (Cabodevila, 2008).



RECOLECCIÓN Y SELECCIÓN DE LOS EMBRIONES

Los embriones bovinos, destinados a un programa de TE son obtenidos del útero de la vaca donante por medios no quirúrgicos (**Figura 1**) el día 6 ó 7 postinseminación. Su recolección y transferencia con éxito dependen de varios factores. En primer lugar, de la vitalidad de los embriones para sobrevivir y llegar a término, después de ser recolectados del tracto genital, evaluados morfológicamente y transferidos al útero de una hembra receptora. En segundo lugar,

depende de que la técnica de obtención no ponga en peligro la integridad del tracto genital, a fin de poder repetirla tantas veces como sea deseable y conveniente (Palma, 2008a).

Las técnicas de recolección empleadas en la actualidad, con sus diferentes modificaciones, se desarrollan con éxito en la práctica. En general, se lleva a cabo el lavaje uterino con una solución formulada especialmente para que el embrión sobreviva en ese medio. Volúmenes variables de la solución de lavaje se inyectan en cada uno de los cuernos uterinos y se recolecta para retirar los embriones que se encuentran el útero.

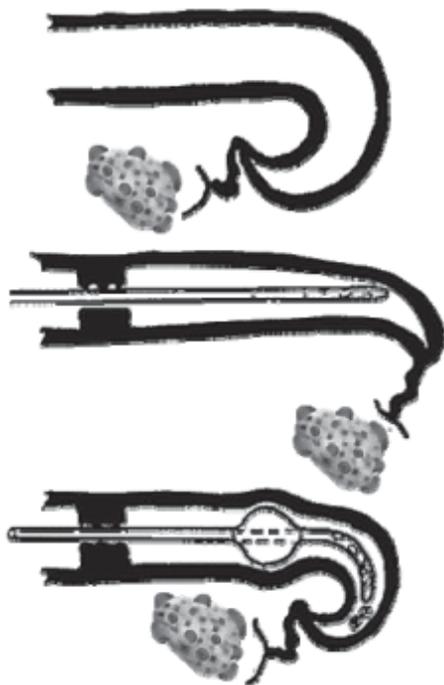


Fig 1.

Presentación del cuerno del útero y colocación el catéter de lavaje uterino (Palma, 2008).

Figura superior, cuerno del útero con ovario

Figura media cuerno extendido y colocación del catéter flexible con ayuda de un mandril de acero

Figura inferior cuerno en su posición original con el catéter colocado y fijado a través de un balón insuflado para impedir la pérdida de los embriones

Un aspecto de importancia en el negocio internacional de los embriones corresponde a las medidas sanitarias en la recolección. Por ello, la Organización Internacional de Epizootias (OIE) establece que: "El objetivo del control sanitario oficial de los embriones recolectados in vivo para la exportación, es garantizar la ausencia de gérmenes patógenos específicos que pueden hospedar los embriones y evitar la contaminación

de las hembras receptoras y de su descendencia". En los artículos de su código se definen: las condiciones aplicables al equipo de recolección de embriones (3.3.1.1.), a los laboratorios de manipulación (fijos o móviles), (3.3.1.3.), a la admisión de los animales donantes (3.3.1.4), la gestión del riesgo (transmisión de enfermedades), (3.3.1.5), la recolección y almacenamiento de los embriones, etc. Por otra parte la Sociedad



Internacional de Transferencia de Embriones (IETS, <http://www.iets.org/manual.htm>), máximo referente científico en el mundo, calificó de "desdeñable el riesgo de transmisión de determinadas enfermedades contagiosas a través de los embriones a los animales receptores o a la progenie, siempre que la manipulación de los embriones desde la recolección hasta la transferencia sea la adecuada. Esta posición es compartida por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) en lo que se refiere a los embriones obtenidos in vivo" (Comisión de las Comunidades Europeas, 2006). No obstante eso, las organizaciones de cada país, como por ejemplo el ICA en Colombia, establecen los requisitos y las condiciones para la importación de embriones y asesoran sobre la exportación.

SELECCIÓN DE LOS EMBRIONES

El producto del lavaje de cada uno de los cuernos uterinos se filtra o su sedimento se decanta para buscar, en un volumen reducido, los embriones con ayuda de una lupa estereoscópica, porque los embriones tienen un tamaño microscópico de 0,150 milímetros.

La evaluación de la calidad de los embriones luego de su recolección fue establecida originalmente en forma morfológica. La caracterización óptica de las particularidades de tamaño, forma, apariencia, simetría e intensidad de color de las células embrionarias, permite asignarle al éxito de la transferencia de los embriones un valor predictivo.

Debido a las características propias de la evaluación, tiene un valor estimado y subjetivo, el cual, sin embargo, alcanza un grado de coincidencia entre evaluadores de 89% para el estadio (día de desarrollo 6 ó 7) y 70% para el grado de calidad (bueno, regular y malo), (Farin y col., 1995) y permite tasas de gestación de hasta 70% con embriones frescos y receptoras adecuadas.

Las diferencias observadas no residen tanto en el desarrollo o las calidades extremas (excelente vs. mala), sino en los grados intermedios, que limitan entre sí (bueno vs regular), cuya línea divisoria se desplaza ligeramente hacia una u otra clasificación, según el evaluador (Palma, 2008b).

No obstante la correcta evaluación de los embriones obtenidos, a cargo de los especialistas, es importante tener en cuenta que existen casos en los cuales embriones calificados como excelentes, luego de una perfecta transferencia, no concluyen en una preñez, mientras que embriones de baja calidad y/o transferidos con dificultad, concluyeron en preñeces y nacimientos normales (Elsden y Seidel, 1990). Ello está vinculado no sólo al origen y tratamientos del embrión, sino a la significativa importancia que tiene la receptora en la viabilidad del embrión in vivo y también en la calidad de la comunicación entre el embrión y su madre, que facilitará el reconocimiento de la preñez y así la continuidad de la gestación.

TRANSFERENCIA DE LOS EMBRIONES

Consiste en colocar el embrión recolectado en el mismo segmento anatómico del genital de la novilla receptora, de donde se retiró de la vaca donante, para que continúe su desarrollo, se implante y concluya en el nacimiento de un ternero vivo.

La técnica es semejante a la de la inseminación artificial, con la diferencia que el catéter con el embrión se coloca profundamente en el cuerno del útero del lado del ovario que ovuló (cuerno ipsilateral).

El operador deberá manipular los cuernos del útero adecuadamente, para ingresar al cuerno uterino ipsilateral a la ovulación sin dejar de tener en cuenta que la manipulación del cuerno uterino deberá hacerse con sumo cuidado.



RESULTADOS DE LA TRANSFERENCIA DE EMBRIONES

El resultado de una transferencia se mide a través de la tasa de preñez, esto es del porcentaje de hembras que recibieron un embrión y quedaron gestantes sobre el total de hembras transferidas.

Actualmente la tasa de preñez varía entre 40% y 70%, dependiendo de la calidad del embrión, de la receptora, el grado de sincronización entre la edad del útero de la receptora y del embrión, las condiciones ambientales, entre otros.

La transferencia de los embriones obtenidos o producidos constituye el último paso de la técnica, su éxito dependerá del grado de idoneidad y experiencia profesional, requeridos también para el resto de las actividades. Pero la tasa de preñez obtenida no será sólo el producto de la transferencia en sí misma, sino de la suma de las actividades realizadas desde la finca por el productor y el veterinario, y de los factores dependientes de la donante, el semen, el embrión y la receptora. La competencia profesional en ejecutar con éxito cada una de los diferentes pasos, permitirá alcanzar resultados óptimos y repetibles.

CONSERVACIÓN DE LOS EMBRIONES

La conservación de los embriones a través de la congelación con métodos estándares en baños de alcohol u otros, como la vitrificación, está íntimamente asociada a la transferencia de embriones bovinos. Los embriones obtenidos por medio de TE pueden ser congelados, descongelados y transferidos sin mayor pérdida en la tasa de gestación (50%-60%). El transporte internacional de un animal vivo puede costar US\$ 1.000 o más, mientras que por el mismo precio o menos es posible transportar un contenedor lleno de embriones congelados (500-4000). La congelación de embriones le da así a la TE un significativo valor agregado a su aplicación (Mapletoft, 1995), porque permite hacer un uso económicamente más racional

de las hembras receptoras. Con frecuencia en los hatos pequeños no se cuenta con el número óptimo de hembras receptoras. De esa manera, los embriones pueden ser conservados en nitrógeno líquido hasta el momento oportuno de su transferencia, ya sea por disposición de hembras como conveniencia del programa.

Actualmente, un programa la transferencia de embriones es impensable sin la congelación de los embriones.

PRESELECCIÓN DEL SEXO

Consiste en establecer el sexo del embrión o el feto producido o en inseminar la hembra superovulada con semen sexado, cuyos espermatozoides están separados según sea su cromosoma X ó Y.

Actualmente, sus aplicaciones están dirigidas a sistemas de producción cuya rentabilidad depende de un mayor número de reproductores de un sexo. Su desarrollo se concentró en la selección de embriones y espermatozoides según sus características de sexo genético. La identificación del sexo de los embriones, se lleva a cabo comercialmente por medio de reacción en cadena de polimerasa (PCR) para determinar secuencias específicas de ADN, presentes solo en el cromosoma Y. Bajo condiciones de campo se puede disponer de diferentes posibilidades de sexado de embriones (Nibart y col., 1997): 1) Biopsia de los embriones - transferencia a receptoras - sexado de las muestras - aborto de las gestaciones no deseadas, 2) Biopsia - sexado - transferencia de los embriones deseados y 3) Biopsia - congelación - sexado - transferencia de los embriones descongelados y seleccionados.

La eficiencia de la determinación del sexo es actualmente superior a 90% (Thibier, 1994; Seidel, 1999) con tasas de preñez entre 58% y 71%, similares a las obtenidas con los embriones frescos no sexados (Shea, 1999). Las tasas de preñez obtenidas con embriones sexados congelados/descongelados son aún bajas (37% a 66%), lo que limita su uso comercial. El costo de



la tecnología es alto, incluye tanto la biopsia y la determinación del sexo, como también el costo del embrión con el sexo no buscado. Por otra parte la biopsia para el sexado lesiona la zona pelúcida, impidiendo por razones sanitarias (Stringfellow, 1998) el comercio internacional.

USO DE SEMEN SEXADO EN TRANSFERENCIA DE EMBRIONES

La biotecnología basada en la selección de espermatozoides machos y hembras, constituye una alternativa potencial muy ventajosa en los programas de transferencia de embriones destinados a producir hembras para reposición o nuevos establecimientos o toros como padres de productoras, porque permite disponer de semen con espermatozoides de un solo sexo. La técnica fue desarrollada en Estados Unidos y se basa en la diferencia del contenido de ADN de los espermatozoides que contienen el cromosoma X y Y. El espermatozoide bovino que contiene el cromosoma X tiene 3,8% más ADN que el que porta el cromosoma Y. Con ayuda de un separador de células, las poblaciones de espermatozoides X se separan de las de Y. Actualmente es posible separar 10-15 millones de espermatozoides por hora. Si el propósito es obtener sólo descendencia del sexo femenino, la eficiencia se eleva a casi 20 millones/h con una "pureza" de 85% a 90% de espermatozoides que producirán una ternera.

Las mejoras tecnológicas aumentaron significativamente la eficiencia económica de la máquina en los últimos 5 años, pero su uso eficaz está restringido aún a la inseminación artificial de hembras bovinas de primer servicio con inseminación intrauterina profunda.

Las causas del daño espermático, que disminuye la capacidad fecundante, junto con alteraciones en los embriones obtenidos (Palma y col., 2008), podrían deberse a la combinación del colorante y la alta energía láser, empleados en la separación. Además de esos factores de estrés, la estasis del semen en el tubo de la máquina, problemas en la

manipulación de la misma o del semen, desde la extracción hasta la congelación, podrían conducir a contaminaciones, complicaciones accesorias a la técnica en vías de solución.

Superando estos obstáculos y disminuyendo su precio, sus proyecciones futuras serán promisorias en la producción bovina para leche.

Los beneficios económicos de la aplicación de semen sexado en la industria lechera, pueden ser logrados por los mayores precios de venta de las terneras comparado con los machos (De Vries y col., 2008), además del valor agregado de las terneras no empleadas como reposición (venta), la optimización de la reposición del hato, la reducción de la distocia, el aumento del progreso genético y, posiblemente, también de la bioseguridad, si los hatos abiertos se cierran. Los mayores costos los constituyen el precio más alto del semen (Weigel, 2004), el diagnóstico de preñez y la sincronización de la ovulación, para mejorar el momento de la fecundación, como consecuencia de la reducida capacidad fecundante del semen.

Además, hay cierta evidencia que el rendimiento de la producción de leche puede ser reducido en vacas que producen hijas comparadas con aquellas que producen hijos, como consecuencia de una relación positiva entre el peso al nacimiento y la producción de leche (Hohenboken, 1999). Una mayor existencia de hembras en el hato también ofrece la oportunidad de reemplazar a las de novillas con crecimiento deficiente, con lo cual se evitan futuras pérdidas con vacas de baja producción.

Sobre el nivel actual de aplicación del semen sexado, en el último Congreso de Reproducción Animal, de julio pasado en Budapest, se recomendó que el semen sexado sólo sea empleado en la inseminación artificial de vaquillas de primera parición, como lo hizo el Prof. Seidel hace 10 años (Seidel, 1999). El semen sexado aún no tiene la calidad necesaria para ser empleado con éxito en la transferencia de embriones (Palma, 2008c).



En general recomiendo en las asesorías, a comprar sólo el semen sexado que cuente con pruebas certificadas de gestación, que garanticen buenos resultados, dado que las empresas que distribuyen el semen sexado y congelado no reconocen el fracaso de los resultados por su carácter de intermediarias.

CONCLUSIONES

La transferencia de embriones es una compleja biotecnología que tiene pasos bien desarrollados y conocidos por sus especialistas, aun en combinación con otras biotecnologías. Actualmente y combinada con la congelación de los embriones, es la más aplicada en forma rutinaria en empresas y cooperativas, después de la inseminación artificial.

Los nuevos protocolos de superovulación, que controlan el desarrollo de los folículos y la ovulación, constituyen una alternativa práctica de valor para disminuir los costos operativos de la biotecnología, sin afectar negativamente el resultado del tratamiento superovulatorio.

El semen sexado podrá incorporarse en el futuro en la inseminación de las vacas superovuladas, si los resultados y el precio lo permiten. Su aplicación efectiva y rentable hará posible, entre otras cualidades, la selección de hembras. De esa manera la tasa del progreso genético puede registrar un aumento significativo hasta 15% (De Vries y col., 2008).

La transferencia de embriones permite, en forma indirecta, mejorar las condiciones de manejo reproductivo del hato y ofrece significativas ventajas a la producción lechera, al aumentar su eficiencia genética y económica.

BIBLIOGRAFÍA

Adams GP (1994) Control of ovarian follicular wave dynamics in cattle: implications for synchronization and superovulation *Theriogenology* 41, 19-24

Alberio RH (1993) Manejo de donantes y receptoras En: *Transferencia de embriones y*

biotecnología de la reproducción en la especie bovina Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, 25-31

- Brem G (1993) Aplicaciones de la transferencia de embriones, en: *Transferencia de embriones y biotecnología de la reproducción en la especie bovina*. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, 415-425
- Bo GA, DR Bergfelt and RJ Mapletoft (1996) Follicle wave dynamics and superovulation in cattle: Recent advances and practical experience *Arq FacVet UFRGS* 24, 31-52
- Bo G, Chesta PM, Guerrero DC y R Mapletoft (2007) Nuevas alternativas para la superovulación de donantes de embriones
- Bo GA, Guerrero DC, GP Adams (2008) Alternative approaches to setting up donor cows for superstimulation *Theriogenology*, 69: 81-87
- Cabodevila J (2008) Programa de transferencia de embriones En: *Biología de la Reproducción*, Gustavo Palma (Ed.) Editorial Reprobiotec, Mar del Plata, Argentina, 163-170
- Chebel RC, Demétrio DG, J Metzger (2008) Factors affecting success of embryo collection and transfer in large dairy herds *Theriogenology* 69, 98-106
- De Vries A, Overton M, Fetrow J, Leslie K, Eicker S and G. Rogers (2008) Exploring the impact of sexed semen on the structure of the dairy industry *J Dairy Sci.* 91, 847-856
- Elsden RP and GE Seidel Jr (1990) In: *Evaluation of embryos. Procedures for recovery, bisection, freezing and transfer of bovine embryos* Animal Reproduction and Biotechnology Laboratory Colorado State University 13-16
- Farin PW, Britt JH, Sahw DW, BD Slenning (1995) Agreement among evaluators of bovine embryos produced in vivo or in vitro *Theriogenology* 44, 339-349
- Grasso F, Guibault LA, Roy GL and JG Lussier (1989) Ultrasonographic determination of ovarian follicular development in superovulated



- heifers pretreated with FSH-p at the beginning of the estrous cycle *Theriogenology* 31, 1209-1220
- Guibault LA, Grasso F JG Lussier, Matton P and P Rouillier (1991) Decreased superovulatory responses in heifers superovulated in presence of a dominant follicle *J Reprod Fertil* 91, 81-89
- Hasler JF (1992) Current status and potential of embryo transfer and reproductive technology in dairy cattle *J Dairy Sci*, 75, 2857-2879
- Huhtinen M, Raino V, Aalto J and P Bredbacka (1992) Increased ovarian responses in the absence of the dominant follicle in superovulated cows *Theriogenology* 37, 457-463
- Hohenboken WD (1999) Applications of sexed semen in cattle production *Theriogenology* 52, 1421-1433
- Kräußlich H (1993) Programa de núcleos genéticos con la aplicación de métodos reproductivos biotecnológicos, en: *Transferencia de embriones y biotecnología de la reproducción en la especie bovina* Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, 463-488
- Mapletoft R (1987) Sincronization of donor cows and recipients *Disertación XI Jornadas de Reproducción Animal del CIAVT*. Venado Tuerto, Pcia. de Santa Fe 25 y 26 de septiembre
- Mapletoft RJ (1995) The use of embryo transfer technology in the 21st century *Proceedings of the International Seminar of Embryo transfer and associated technologies*, Montevideo, Uruguay, 1-7
- Nibart M, B Marquant Le Guienne, Humblot P, B Guerin (1997) The application of new reproductive technologies in France *Arq Fac Vet UFRGS* 25, 21-35
- Palma GA, Wennigerkind H, Mödl J and G Brem (1995) La aplicación de la biotecnología en la reproducción bovina, estado actual y futuras aplicaciones *Rev Arg Prod Anim*, 159-165
- Palma GA (2008a) Recolección de los embriones bovinos. En: *Biotecnología de la Reproducción*, GA Palma (Ed), Reprobiotec, Mar del Plata, Argentina, 221-236
- Palma GA (2008b) Evaluación de la calidad de los embriones. En: *Biotecnología de la Reproducción*, GA Palma (Ed), Reprobiotec, Mar del Plata, Argentina, 237-249
- Palma GA (2008c) Producción in vitro de embriones En: *Biotecnología de la Reproducción*, GA Palma (Ed), Reprobiotec, Mar del Plata, Argentina, 313-380
- Palma GA, Olivier NS, Neumüller Ch and F Sinowatz (2008) Effects of sex-sorted spermatozoa on the efficiency of in vitro fertilization and ultrastructure of in vitro produced bovine blastocysts *Anat Histol Embryol* 37, 67-73
- Rath D and LA Johnson (2008) Application and commercialization of flow cytometrically sex-sorted semen *Reprod Dom Anim* 43 (suppl. 2), 338-346
- Shea BF (1999) Determining the sex of bovine embryos using polymerase chain reaction results: a six-year retrospective study *Theriogenology* 51, 841-854
- Seidel GE Jr, Schernk JL, Herickhoff IA, Doyle SP, Brink Z, Green RD, DG Cran (1999) Insemination of heifers with sexed sperm *Theriogenology* 59, 1407-1420
- Stringfellow DA (1998) Recommendations for the sanitary handling of in-vivo-derived embryos In: *Stringfellow DA and SM Seidel (Eds) Manual of International Embryo Transfer Society 3rd. Edition Savol IL IETS*, 79-84
- Thibier M (1994) Les nouvelles biotechnologies de la reproduction *Proceedings of the regional seminar held by the International Foundation for Science (IFS)*, Niamey, Niger, 247-262
- Thibier M (2005), The zootechnical applications of biotechnology in animal reproduction: current methods and perspectives *Reprod Nutr Dev* 45, 235-242
- Weigel KA and KA Barlass (2003) Results of a producer survey regarding crossbreeding on US dairy farms *J Dairy Sci* 86, 4148-4154