

Capítulo LIXA

Semen sexado. Una revolución en la industria ganadera mundial

Gustavo A. Toro Dupouy, BSc

Desde los comienzos de la utilización de la inseminación artificial (IA), la industria de la leche, productores e investigadores predijeron el desarrollo de tecnologías para separar o seleccionar semen para producir hembras. Esta tecnología es en la actualidad una realidad comercial gracias al mejoramiento de las técnicas capaces de seleccionar células (Fetrow *et al.*, 2007) Una vez creada la tecnología era necesario hacerla una realidad comercial. Dos factores determinantes han hecho de este sueño, una realidad. El primero es el desarrollo de la tecnología de sexaje de semen y el segundo es la puesta en práctica y su disponibilidad en el mercado a cargo de la compañía Sexing Technologies.

El semen sexado es una herramienta que incrementa la eficiencia de los programas reproductivos en rebaños lecheros (Weigel, 2004) La tecnología de separación de espermatozoides en cromosomas X (femeninos) e Y (masculinos) es una realidad comercial que esta revolucionando la producción pecuaria mundial. Hasta el momento, la manera mas rápida, más segura y potencialmente más efectiva en costo para realizar el sexaje de semen es utilizando lectores de flujo “flow cytometry” (Garner, 2006). El sexaje de semen se realiza con unas máquinas llamadas MoFlo™ las cuales son citómetros de flujo, es decir, lectores de células en movimiento.

Básicamente estas máquinas están diseñadas para detectar células y en el caso de XY Inc., son utilizadas para detectar espermatozoides. Esta tecnología hace posible la predicción del género de la progenie con una exactitud superior al 90%. Las ventajas de poder predecir el sexo de las futuras crías son innumerables desde todo punto de vista y los análisis económicos reflejan esta realidad. Los criadores más emprendedores de las diferentes razas, así como las grandes compañías de producción y comercialización de semen, se están avocando a la utilización de esta revolucionaria herramienta puesta a la disposición comercial por Sexing Technologies.

El principio de la tecnología está basado en la diferencia de carga de ADN existente entre los cromosomas X (femenino) e Y (masculino). En bovinos, el cromosoma X tiene en promedio 3,8% más ADN que el Y. Esta diferencia de ADN varía un poco

según la raza y esto se puede ver en la Figura 1 (adaptada de Garner *et al.*, 2006). Esta diferencia de material genético (ADN) entre las diferentes razas puede ser verificada en la eficiencia de los procedimientos de separación de células (Barucelli *et al.*, 2007). El eyaculado se tiñe con una sustancia fluorescente que se adhiere al ADN llamada Hoeschst 33342; debido a la diferencia en dimensiones, el cromosoma X absorbe más de la sustancia fluorescente que el cromosoma Y. Las máquinas, al detectar la diferencia en luminosidad reflejada por las dos poblaciones de células, logran diferenciar los cromosomas femeninos de los masculinos. Para explicarlo sencillamente, el cromosoma X brilla más o tiene más luminosidad que el Y y las máquinas pueden detectar esa diferencia en luminosidad.

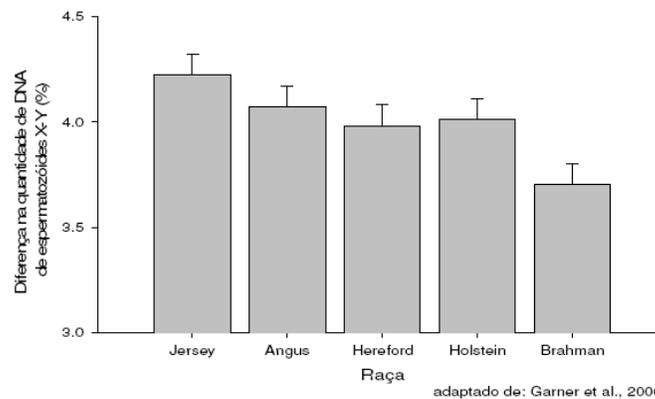


Figura 1. Diferencia entre razas bovinas de la cantidad de DNA en los espermatozoides X e Y.

Una vez establecidas estas dos poblaciones de células, la máquina es programada para separarlas. El operador establece en la computadora las regiones a seleccionar y escoge si se separan células de machos y hembras o uno sólo de los dos géneros. Una vez establecidos estos parámetros, las células son evaluadas según su luminosidad, orientación y movilidad para establecer como serán separadas. El fluido se separa en gotas y dentro de cada gota hay una célula, estas células reciben una carga eléctrica dependiendo de su luminosidad. Al final del proceso hay imanes los cuales separan cargas positivas a un lado y negativas a otro. Las células que no reciben cargas son rechazadas, lo cual da como resultado una muestra de altísima pureza, ya que solo las células bien definidas con buena luminosidad y orientación son escogidas.

Explicar la ciencia de la tecnología tiene como finalidad ilustrar como se lleva a cabo esta maravilla tecnológica, pero lo que en realidad es importante resaltar el impacto que tiene en el desarrollo de los rebaños y su aplicación específica en las diferentes áreas de la producción pecuaria. La utilización de semen sexado le brinda al productor la capacidad de poder definir sus mercados y orientar su rebaño o ciertos animales dentro del mismo, a producciones específicas.

En algunas unidades de producción más intensivas, se utiliza el semen sexado para definir aún más la especificidad de la producción. En otros casos, en los cuales los productores tienen que ser más versátiles, el semen sexado se está utilizando para di-

versificar los productos dentro de un mismo rebaño. El uso de semen sexado acelera enormemente el mejoramiento genético del rebaño, ya que el productor puede escoger sus hembras de reemplazo entre un número mucho mayor de hembras, lo cual es particularmente importante en rebaños como el mestizo doble propósito donde la tasa de eliminación es mayor que en otras latitudes.

La tasa de eliminación varía de 7 a 10% en Francia y 15% en Gran Bretaña hasta 16-18% en la región Zuliana, aunque muy variable de acuerdo a la época (González-Stagnaro, 1985). La posibilidad de servir una mayor cantidad de animales con la idea de producir animales de reemplazo o para la venta o el potencial de producir animales mestizos más eficientes pareciera una opción apetecible para los productores de animales lecheros comerciales (Hohenboken, 1999).

Sin embargo, la decisión de utilizar semen sexado debe estar basada en la justificación económica que los productores puedan tener para incurrir en el costo extra que esta tecnología implica (Olynk y Wolf, 2007). El uso de semen sexado proveerá un más elevado valor neto actual (Net Present Value, NPV) cuando es utilizado bajo ciertas condiciones. Algunas veces puede ser más beneficioso para el productor utilizar semen convencional, pero es importante entender cuáles son las circunstancias que hacen del semen sexado una decisión rentable. Por ejemplo, el semen sexado se recomienda para ser utilizado en novillas vírgenes debido al hecho que es el grupo de animales que usualmente tienen la mejor tasa de fertilidad. Para poder evaluar de forma confiable si el semen sexado es realmente beneficioso de acuerdo al valor neto actual (NPV), todos los demás costos relacionados con la utilización de semen sexado deberán ser tomados en cuenta. Costos adicionales relacionados al semen sexado incluyen el precio extra del semen con relación al semen convencional, y el costo ocasionado por la disminución en la preñez o el incurrir en inseminaciones extras para obtener la misma tasa de fertilidad (Olynk y Wolf, 2007).

En realidad y visto desde un punto de vista más sencillo, el productor deberá analizar cuál es la diferencia de precio en el mercado entre el producto macho y hembra y de esa manera determinar si le es rentable la utilización de esta tecnología. El siguiente ejemplo fue publicado en una conocida revista americana de ganado de leche. Un renombrado productor hizo la siguiente explicación. “Estoy claro que no recomiendo inseminar vacas de alta producción con semen sexado, pero nuestros análisis de costos nos indican que es económicamente viable. Nuestra tasa de concepción con semen sexado en vacas es de 34% versus 38% con semen convencional. Al inseminar 100 vacas con semen sexado incurrimos en un costo extra de \$3000 en costo del semen (\$30 en vez de \$10). La reducción de 4% de preñez cuesta \$252 (\$3 por día \times 4 vacas \times 21 días). De manera que el costo neto sería \$3252 (\$3000 + \$252), pero gracias al semen sexado se obtienen 13 hembras extras en el primer servicio basado en 90% de hembras. El valor asignado a las hembras es \$400 contra \$65 del macho lo que significa que las 13 hembras extra representan \$5200 (13 \times \$400 – 13 \times \$65). En resumen, el beneficio es de \$1103 por el servicio de las 100 vacas con semen sexado” (DeVries, 2008). Este relato es solo una pequeña muestra real en la cual un productor con promedios de preñez que parecieran ser inaceptables por su baja tasa, pertenecen en realidad a los animales de alta producción de leche que todavía pueden justificar con números reales la utilización de semen sexado.

El semen sexado debe ser aplicado en rebaños en los cuales se esté utilizando inseminación artificial con resultados deseables. La mayoría de los estudios revelan una disminución entre 10% y 15% de fertilidad con respecto a las tasas de preñez con semen convencional. La realidad es que el semen sexado permite menos errores. La presentación es en pajuelas de ¼ de cc con 2,1 millones de células de manera que cualquiera de los factores que influyen en el éxito o detrimento de un programa de inseminación serán aun más determinantes con el semen sexado. Los productores deben estar por encima de su programa de inseminación bien manejado, si quiere tener resultados satisfactorios. Debe ser conservador al comienzo. En caso que obtenga buenos resultados con sus novillas entonces puede tomar la decisión de servir las con semen sexado. El semen sexado debe ser asignado al mejor técnico inseminador y ser utilizado en novillas de buen peso y condición corporal que presenten buen celo. En general todas las experiencias obtenidas inclusive en Venezuela apuntan a que si es utilizado de la forma adecuada y en los rebaños con más opciones de quedar preñados, los resultados serán muy aceptables.

Es claro que existe el efecto toro en los resultados de fertilidad. En la Figura 2 se nota la diferencia de concepción por toro en un mismo rebaño y bajo condiciones similares. En la Figura 3 se observa el efecto del técnico inseminador en las diferencias de fertilidad. De manera que influye en el éxito de la técnica, la utilización de los toros que mantengan los mejores índices de preñez y utilizar a los mejores técnicos para estos programas. La eliminación de la mayor cantidad de factores de error influirán en el éxito de los índices de fertilidad del programa.

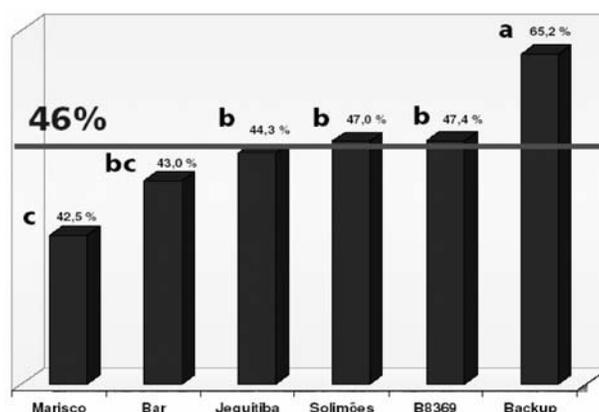


Figura 2. Tasa de fertilidad de vacas Nelore inseminadas con semen sexado de acuerdo con el toro (n=3200 IA)

Adaptado de Barucelli, 2007.

El semen sexado es una de las herramientas más importantes que la industria ha desarrollado últimamente. Otro avance importante es la utilización de marcadores genéticos para la determinación de virtudes en los animales. Estas dos tecnologías son probablemente los avances que más van a influenciar la industria pecuaria mundial en mucho tiempo.

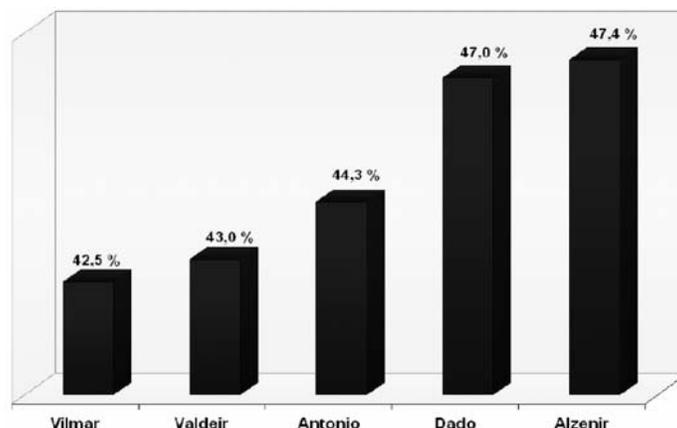


Figura 3. Tasa de fertilidad de vacas Nelore inseminadas con semen sexado según el inseminador (n=3200 IA)

Adaptado de Barucelli, 2007.

El utilizar tecnologías de avanzada es lo que diferencia los rebaños uno de otros y lo que diferencia la productividad entre ellos. La utilización del semen sexado puede brindar a los países tropicales la oportunidad de incrementar la productividad y por ende su producción en leche y carne, rubros de alta demanda en las ganaderías DP. La orientación de los rebaños hacia los diferentes productos que el mercado demanda es la clave para obtener el equilibrio entre oferta y demanda. La especificidad de la producción hará posible proporcionar los diferentes productos que el mercado demanda y permitirá establecer las diferencias de precio según la calidad que el consumidor está dispuesto a pagar. Las herramientas están disponibles, el mercado está presente y los consumidores están diferenciados y dispuestos a pagar por la variedad de productos. Es labor de la industria el establecer los canales de producción que satisfagan esta demanda.

Hoy más que nunca es necesario aplicar tecnologías que permitan alcanzar la seguridad agroalimentaria de cada país. Las grandes poblaciones de los países emergentes del llamado grupo BRIC (Brasil, Rusia, India y China), así como la Europa del Este están aumentando su poder adquisitivo y por lo tanto, están demandando mucha de la leche que se produce en el mundo. Esta es una de las principales razones por la cual el precio de la leche a nivel mundial está en escalada y se pronostica seguirá así por un tiempo. No queda otra solución que crear el rebaño que producirá la leche necesaria para cubrir el déficit existente.

CONCLUSIÓN

Venezuela necesita establecer programas que le permitan preparar su rebaño para satisfacer la demanda nacional de lácteos. No existe ningún censo, por lo menos que el autor haya conseguido ver publicado, en el cual se cuantifique cuántas vacas se inseminan en el país. Haciendo averiguaciones sin mucho basamento científico se llegó a la conclusión de que en el país se deben preñar unas cien mil vacas por inseminación artificial al año. Calculando que 2/3 de esa población sean novillas, se estarían

preñando 67.000 novillas al año por inseminación artificial. Si estas 67,000 novillas se inseminaran con semen sexado se aumentaría en 80% el rebaño ordeñable del país en 3 años, como se señala en la figura siguiente (datos no publicados).

Esto constituye un programa que pareciera viable, ya que se estaría utilizando la capacidad instalada del país para preñar animales por inseminación artificial con lo cual se siguen los lineamientos recomendados por los expertos en los cuales solo las personas con experiencia en esta tecnología deben ser quienes se aboquen a la utilización de semen sexado. En ganadería cualquier decisión toma tiempo para rendir frutos; a partir del momento que se inseminen las vacas tomara alrededor de 36 meses para estar ordeñando a esos animales especiales, en teoría superiores en producción de leche. Es por esto que es prioritario tomar decisiones lo antes posible de manera de poder establecer los proyectos que incrementaran el rebaño ordeñable del país.

Tipo	No. de Vacas IA	Porcentaje Preñez	Vacas Preñadas	Lecheras	Doble Propósito	Cárnicas	
		1 Insemin.		0	1	0	
Vacas	100000	1	50000	1000	29000	20000	
Novillas	67000	1	33500	670	19430	13400	
Inseminadas con semen convencional				Inseminadas con semen sexado			
Lecheras	%	%	%	Lecheras	%	%	%
	Destete	Hembras	Machos		Destete	Hembras	Machos
	1	1	1		1	1	0
670	536	268	268	670	536	482	54
Doble Propósito	%	%	%	Doble Propósito	%	%	%
	Destete	Hembras	Machos		Destete	Hembras	Machos
	1	1	1		1	1	0
19430	16516	8258	8258	19430	16516	14864	1652
Cárnicas	%	%	%	Cárnicas	%	%	%
	Destete	Hembras	Machos		Destete	Hembras	Machos
	1	1	1		1	1	0
13400	11390	5695	5695	13400	11390	10251	1139
Producción de leche del Rebaño Inseminado Semen Convencional				Producción de leche del Rebaño Inseminado Semen Sexado			
Rebaño	Nº de Vacas	Producción Promedio	Total Litros Día	Rebaño	Nº de Vacas	Producción Promedio	Total Litros Día
Lecheras	268	23	6164	Lecheras	482	23	11095
Doble P.	8258	8	66062	Doble P.	14864	8	118912
Cárnicas	5695	4	22780	Cárnicas	10251	4	41004
	14221		95006		25597		171011
		Más vacas	11377				
		Más litros	76005				
		Diferencia	80%				

LITERATURA CITADA

- Barucelli S, P. 2007. Semen Sexado: imseminação artificial e transferência de embriões. XVII Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, 30 de maio a 02 de junho de 2007, Curitiba, PR. Brasil.
- DeVries P. 2008. The use of Sexed Semen. In, 57th Annual Hoard's Dairyman Round Table. Issue January 25, Page 55-58.
- Fetrow J, Overton M, Eicker S. 2007. Sexed semen: economics of a new technology. *Bovine Practitioner*. 41:88-99.
- Garner DL. 2006. Flow cytometric sexing of mammalian sperm. *Theriogenology* 52:1421-1433.
- González-Stagnaro C. 1985. Evaluación de la Eficiencia Reproductiva en Hatos Bovinos. IV Congreso Venezolano de Zootecnia Taller: Eficiencia Reproductiva. Maracaibo, Venezuela. 1985.
- Hohenboken WD. 1999. Applications of sexed semen in cattle production. *Theriogenology* 52:1421-1433.
- Maxwell WMC, Evans G, Hollinshead FK, Bathgate R, de Graaf SP, Eriksson BM, Gillian L, Morton KM, O'Brien JK. 2004. Integration of sperm sexing technology into the ART toolbox. *Anim Reprod Sci* 82-83:79-95.
- Olynk NJ, Wolf CA 2007. Expected net present value of pure and mixed sexed semen artificial insemination strategies in dairy heifers. *J Dairy Sci* 90 (5): 2569-2576.
- Rens W, Welch GR, Johnson A, Lawrence A. 1999. Improved flow cytometric sorting of X- and Y-chromosome bearing sperm: substantial increase in yield of sexed semen. *Molec Reprod Dev* 52 (1): 50-56.
- Weigel KA. 2004. Exploring the role of sexed semen in dairy production systems. *J Dairy Sci* 87(E Suppl.):E120-E130.