



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

COMPARACIÓN DE LA FRECUENCIA DE NACIMIENTOS DE
HEMBRAS CON EL MÉTODO DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL
CON SEMEN SEXADO Y NO SEXADO EN VAQUILLAS
HOLSTEIN - FRIESIAN.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :

JUAN IGNACIO PÉREZ ESPÍRITU



ASESORES: MVZ MPA. EDGARDO CANIZAL JIMÉNEZ

MVZ MSc. TEODOMIRO ROMERO ANDRADE

MEXICO, D.F.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA.

A mis padres:

Benito Pérez Ruíz

Dolores Espíritu Jiménez

Por darme el Ser, educarme, ser un ejemplo y brindarme la oportunidad de realizar mis estudios.

A mis Hermanos:

Ana Selene Pérez Espíritu

Benito Pérez Espíritu

Por haberme brindado todo su apoyo y comprensión.

(Nunca es tarde para acabar lo que haz empezado)

A mis dos Sobrinas:

Zetna Geraldine López Pérez

Meghan M. López Pérez

Por haberme traído alegría y amor a mi vida

A mi abuelos que me brindaron todo su amor, apoyo y me abrieron los ojos, para ver la realidad.

Y a toda mi demás familia, tíos, primos y sobrinos, por apoyarme.

Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis Asesores: MVZ MPA. Edgardo Canizal Jiménez y MVZ MSc. Teodomiro H. Romero Andrade, por haberme ayudado a alcanzar una meta, por su apoyo incondicional e impulsarme a seguir superando.

Al MVZ. Enrique Martínez Barcenas, ya que sin él, esta tesis nunca se hubiera realizado; por haberme enseñado dos bases muy importantes de mi vida profesional. Gracias por ser un Gran Maestro.

Al establo 196 de la Cuenca Lechera de Tizayuca, Hgo. y a su dueño, el M.V.Z Armando Barba Mañón, por haberme otorgado todas las facilidades en la obtención de datos, para poder realizar esta tesis.

A todos mis profesores de la carrera, por haber compartido sus conocimientos

A mis tres compadres Andres V.B., Enrique Z.C. y Mario A.G.P., que me acompañan y apoyan en las buenas y en las malas.

A todos (as) mis compañeros (as) de generación, por echarme porras y alentarme a seguir Roberto, Deny, Emma, Nadia, Astrid K, Mariana, Anita, Gaby, Erick, Abigail, Juan Carlos, Tatiana.

A los integrantes del Depto. de Rumiantes: Dr Jorge Ávila García, Dr. Ducoing Watti, Dr Victor Moreno ,Dra Alicia Soberon, Dr. José I. Sanchez, Dr. Olguin, Dr. Jesús Romero, Dr. Blanco, Emilio, Olga, Ivette, Gina Bovinos, Gina Caprinos, Norma y a la Sra Lulu.

Gracias.

CONTENIDO

	Página.
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
MATERIAL Y METODOS.....	11
RESULTADOS.....	14
DISCUSIÓN.....	17
CONCLUSIÓN.....	24
REFERENCIAS.....	25
ANEXOS.....	29

RESUMEN

PÉREZ ESPÍRITU, JUAN IGNACIO. Comparación de la frecuencia de nacimientos de hembras con el método de inseminación artificial con semen sexado y no sexado en vaquillas Holstein - friesian.

En los años recientes se han realizado innovaciones tecnológicas utilizadas para el mejoramiento genético del ganado como son: la Inseminación Artificial, la Transferencia de Embriones y ahora el Sexado de Semen. Esta última se usa para incrementar la frecuencia de hembras nacidas en hatos lecheros que servirán como reemplazos. El objetivo fue el de determinar la frecuencia de hembras nacidas de vaquillas inseminadas con semen sexado y semen no sexado, y además evaluar algunos parámetros reproductivos como número de servicios por concepción, días transcurridos de 1^{er} a 2^o, 2^o a 3^{er} y 3^{er} a 4^o o más servicios, días de primer servicio a servicio efectivo. Adicionalmente, se analizaron los efectos de la estación y el semental, sobre la fertilidad del semen sexado o no sexado. El trabajo se realizó en la Cuenca Lechera de Tizayuca y en el Rancho "El Nacimiento"; se seleccionaron 230 vaquillas, las cuales se dividieron en dos grupos; en el grupo 1 se inseminaron 111 vaquillas con semen sexado, en el grupo 2 se inseminaron 119 vaquillas con semen no sexado. Los dos grupos tuvieron igual condición de alimentación y sanidad. Se obtuvo una mayor proporción ($P < 0.05$) de hembras nacidas en las vaquillas inseminadas con semen sexado con respecto a las inseminadas con el semen no sexado (87.3 vs 45.8% respectivamente). El número de dosis/concepción fue mayor en el grupo de semen sexado que en el no sexado (1.5 y 1.4 respectivamente). La fertilidad fue menor en el grupo de semen sexado que en

el no sexado (58.8 y 67.3%, respectivamente) El periodo abierto (días entre primer servicio y el servicio efectivo) fue de 10.4 días con el semen sexado y de 9.3 días en el grupo de no sexado. En el parámetro efecto de estación del año, se estudiaron las 4 estaciones: invierno, primavera, verano y otoño, obteniendo el porcentaje de fertilidad del grupo de semen sexado: 58.5%, 66.7%, 56.5% y 75.9%. En el grupo 2 (semen no sexado) se obtuvo: 74.3%, 73.8%, 64% y 77.3%, respectivamente. El costo por hembra parida, basado en el número de dosis/concepción fue de \$140.00 pesos para semen no sexado y de \$453.00 pesos para el semen sexado, pero considerando el valor diferente entre becerros y becerras, se estimó que la ganancia real es de \$681.56 por vaquilla parida con el uso de semen sexado. Se concluye que la inseminación con semen sexado implica mayor costo, sin embargo es una práctica rentable si se considera el valor de tener más hembras nacidas.

INTRODUCCIÓN

El subsector lechero nacional juega un papel importante dentro de la economía del país, junto con la industria procesadora de productos lácteos, la cual aporta el 1.3% del PIB, tiene una importante participación en el sector pecuario, equivalente a 20% de la conformación del valor de la producción ganadera y genera aproximadamente 1.5 millones de empleos (9, 25).

Dentro de la producción de leche en nuestro país, se distingue el Sistema Intensivo con ganadería especializada que cuenta con un 12% del hato ganadero y produce el 61% del volumen total de la leche (26). El sistema intensivo opera con ganado lechero especializado, utilizando técnicas de selección y vaquillas de reemplazo, siguiendo el modelo Holstein (18). Se caracteriza por la producción de leche continua, las vacas son de razas especializadas y de alta producción individual. Viven estabuladas, en un ambiente controlado por el hombre, se siembran pasturas, que se cortan en el momento de mejor calidad nutritiva y se conservan en forma de ensilaje, que se mezcla con silo de maíz, granos, concentrados, minerales y vitaminas, para preparar la ración totalmente integrada. Además se cuenta con acceso a financiamientos, compra de insumos de forma organizada, así como al control sanitario y la asistencia médica (9, 15, 18, 25).

Las principales cuencas lecheras cercanas a los centros de abasto, se encuentran localizadas en el estado de Jalisco, en la región de Los Altos; La Laguna en Durango y Coahuila; Aguascalientes y San Luís Potosí; Delicias y Ciudad Juárez en Chihuahua; Mexicali y Tijuana en Baja California; Guanajuato y Querétaro, Puebla, Tlaxcala, Veracruz (Norte), Valle de México e Hidalgo (9,15, 25).

En los últimos años México ha importado vacas lecheras de Australia, Canadá, EUA y Nueva Zelanda. A partir del 2002 se pierde la posibilidad de concurrir a la compra de ganado en Canadá y otros países, debido a la presencia de Encefalopatía Espongiforme Bovina, lista a la que a finales de 2003 se agrega EUA (9). Como consecuencia hay una nula importación de hato ganadero y una disminución para la reposición en el número de vaquillas de reemplazo, que representa en México el 35% del hato especializado nacional, lo que equivale aproximadamente a 350,000 vaquillas de reposición. En años anteriores se observó el 25% (25).

En años recientes se han aplicado innovaciones tecnológicas a la producción, que modificaron el proceso ganadero, como el desarrollo de biotecnología en la cría del ganado, (técnicas utilizadas para el mejoramiento genético del ganado, repercutiendo en una mayor producción), transferencia de embriones, inseminación artificial (I.A.) y otras tecnologías en genética, alimentación y salud (6,9,25). Desde su adopción, la técnica de I.A., ha representado la mejor opción para lograr la mejora genética y la erradicación de enfermedades reproductivas de los hatos bovinos (37, 38). Como ampliación de lo anterior se ha venido desarrollando una nueva tecnología "el sexado del semen", en la cual el sexo de los terneros puede ser predeterminado con una precisión del 85 - 90% (5, 30, 32). El desarrollo del semen sexado ha estado a cargo de la Asociación XY, quien cuenta con 250 patentes, emitidas a nivel mundial. Trabaja en colaboración con científicos del Reino Unido, Suiza, Japón, Argentina, Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Alemania. Actualmente se cuenta con 40 clasificadores de semen que están operando en: Argentina, Australia, Brasil, Canadá, China, Colombia, Estados Unidos, Italia, Japón, México, Polonia y Reino Unido. Existen subsidiarias de la Fundación XY en

México, Inglaterra y Australia, sexando semen para diferentes especies animales, dentro de las que se encuentran: bovinos, elefantes, equinos, bisontes, cerdos, perros, ovinos, lémures, alces, gorilas, delfines y yaks. Se presenta la siguiente cronología del proceso de semen sexado.

1982 Publican que es un proceso poco viable.

1983 El Departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA) inicia investigaciones para poder sexar el semen.

1986 Equipo encabezado por el Dr. Larry Johnson llevó a cabo la modificación del sorteador para poder sexar el semen.

1989 Se producen los primeros mamíferos producidos vía semen sexado por el Departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Estos primeros estudios son realizados en conejos y cerdos para después continuar con el ganado bovino y especies no tradicionales.

La precisión que se obtiene es del 85 al 90%.

1989 Citomation CIA. empieza a mejorar la tecnología desarrollada para la citometría de flujo.

1993 En Inglaterra Mastercalf, Ltd., de la Universidad de Cambridge, U.K., produce el primer becerro sexado por fertilización *in vitro*.

Posteriormente la Fundación XY adquirió a MASTERCALF.

En la universidad de Colorado, E.U. el fisiólogo Dr. George Seidel, desarrolla técnicas de inseminación artificial a bajas dosis.

1995 El Dr. George Seidel produce la primera becerro sexada vía Inseminación Artificial.

1996 Se forma la Fundación XY para la comercialización del semen sexado, sólo en mamíferos no humanos. Se constituye la Compañía XY formada

por la Universidad de Colorado y Citomation, en Fort Collins, Colorado, USA.

Después se contó con el apoyo de la USDA quien emitió la licencia para la patente mundial en el sexado de semen por citometría de flujo.

1997 XY Inc. produce la primera becerro con semen sexado y la técnica de inseminación artificial a bajas dosis. También nace el primer equino hembra (Call me Madam) producida con la misma técnica.

2001 Inicia la apertura de la comercialización de semen sexado.

Se refina la técnica de inseminación artificial a bajas dosis.

XY Inc, junto con la Universidad de Sydney, produce los primeros corderos con semen sexado.

2002 XY Inc., junto con investigadores australianos, empiezan a utilizar el semen sexado de equinos para la transferencia de embriones.

2003 XY Inc. Emite la licencia a INGURAN en Navasota, Texas, para ser la primera compañía en comercializar el semen sexado.

Todo este desarrollo basado en el conocimiento de que: El semen bovino puede ser sexado, debido a que el espermatozoide portador del cromosoma X, contiene 3.8% más ADN que el espermatozoide Y (17). El semen recién colectado es teñido con un colorante de bisbenzimidazol, Hoechst 33342, que se fija de manera específica al ADN y genera un color azul brillante cuando es expuesto a un rayo láser de onda corta. El espermatozoide X teñido emite una fluorescencia más brillante que el espermatozoide Y por su mayor contenido de ADN. Esta diferencia puede ser medida por un tubo fotomultiplicador (PMT) e integrada usando una computadora, para que el contenido del ADN de la mayoría, pero no de todo el semen pueda ser precisamente determinado a medida que pasa por el PMT en una corriente de flujo laminar. El

espermatozoide debe estar orientado apropiadamente para que el contenido de ADN sea medido con precisión (17). A medida que la corriente de flujo laminar, que contiene los espermatozoides, sale por la boquilla del clasificador, este es vibrado a alta frecuencia causando la formación de gotas individuales a una tasa aproximada de 90 000/seg. No todas las gotas contienen espermatozoides, a aquellas que si lo contienen se les da una carga positiva o negativa, dependiendo de la información sobre el contenido de ADN que fue proporcionada por el detector. No se aplica carga a las gotas que contienen más de un espermatozoide, espermatozoides muertos o aquellos espermatozoides cuyo contenido de ADN no puede ser determinado, por lo que estas células son eliminadas como desecho. Las gotas conteniendo espermatozoides X o Y, que han sido cargadas negativa o positivamente, de acuerdo a su contenido de ADN, son desviadas por una placa cargada opuestamente, dirigiéndolos así hacia un vaso colector. De esta manera, las gotas conteniendo el espermatozoide X, espermatozoide Y, sin espermatozoide o con demasiados espermatozoides son colectadas en tres vasos diferentes. Este proceso permite sexar y coleccionar el 40% de los espermatozoides del semen que pasa a través del seleccionador a una velocidad aproximada de 100 km/h. Por consiguiente, a una tasa de 20 000 espermatozoides totales/seg, casi 4 000 espermatozoides vivos/seg de cada sexo pueden ser seleccionados simultáneamente (13).

Entre más rápido trabaje un citómetro de flujo, más errores habrá en el sexado del semen, por lo que la proporción de 90% de precisión, es el mejor rendimiento actual y más lento en términos de dosis producidas (5). El proceso de selección diluye el semen, así que necesitan ser concentrados nuevamente por centrifugación antes de empacarlos en pajillas a dosis de 2 x

10^6 espermatozoides/pajilla (10, 17, 25). Garner y col. (2000) menciona que sólo el 40% del total de espermatozoides son utilizados, mientras Cassell y col. (2005) refiere que sólo el 20% de los espermatozoides producidos en un eyaculado normal, terminan en el receptáculo de selección de semen.

Los procedimientos de inseminación artificial (IA) convencionales utilizan alrededor de 20 a 40 x 10^6 espermatozoides/pajilla, pero en dosis de inseminación con semen sexado es de alrededor de 1/20 de la dosis normal de IA con semen congelado. La técnica ofrece además la ventaja de reducir en un 40% la dificultad al parto en vaquillas de primer parto (5, 10). La alta fertilidad inherente de las vaquillas las hace más aptas para la tecnología de sexaje actual que las vacas (3, 5, 20, 30, 35). Los resultados preliminares, utilizando dosis bajas de semen sexado en la inseminación de vacas en lactación han sido menos satisfactorios (3, 30).

Al realizar la técnica de I.A. con semen sexado, es recomendable utilizar una pipeta de transferencia de embriones, para evitar traumatizar el endometrio del cuerno uterino. La técnica de I.A. con semen sexado, consiste en lubricar la mano enguantada, introducirla por el ano hasta el recto para localizar el cervix, y con la otra mano se introduce el aplicador en un ángulo de 45° por la vulva hasta llegar a la vagina, en ese momento se rompe la funda protectora y se jala hacia la parte posterior del aplicador; con movimientos suaves del cérvix hacia el aplicador se introduce por el canal cervical hasta llegar al cuerno uterino ipsilateral al ovario que presenta un folículo. El semen es depositado en el tercer tercio del cuerno uterino retrocediendo lentamente de 1 a 2 cm (30, 39). Se retira el aplicador y la mano simultáneamente, posteriormente se da un pequeño masaje en la porción inferior de la vulva. Es importante que si existen otros animales, se aparte a la vaca recién inseminada por un lapso de 15 a 30

minutos, pues el esfuerzo de montar y levantarse en un momento dado, puede causar la expulsión de parte del semen en el moco cervical (39).

Las inseminaciones en cualquier cuerno sin la palpación ovárica, dan tasas más bajas de gestación, en comparación con tasas favorables de gestación en el cual se realizó una palpación previa a la inseminación cornual profunda con semen sexado (21). Las dosis de semen sexado (2×10^6 espermatozoides), dan lugar a tasas perceptiblemente reducidas de gestaciones (45 a 50%) comparadas 60 a 65% al usar dosis de semen no sexado ($20 - 40 \times 10^6$ espermatozoides) (33). Varios estudios muestran que con experiencia en I.A. con semen sexado, se produce alrededor del 80% de la concepción lograda con semen no sexado bajo las mismas condiciones. La menor concepción aumenta el número de dosis necesarias para producir una gestación y extiende la edad de la vaquilla al primer parto aumentando los costos por gestación (5).

HIPÓTESIS.

La frecuencia de nacimientos de becerras, es la misma que se obtiene con dosis reducidas (2×10^6 espermatozoides) de semen sexado, en comparación con las dosis de semen no sexado ($20 - 40 \times 10^6$ de espermatozoides) en vaquillas.

OBJETIVO.

1. Determinar la frecuencia de nacimientos de becerras con dosis de semen sexado (dosis baja 2×10^6 espermatozoides), con respecto a las dosis de semen no sexado (dosis estándar $20 - 40 \times 10^6$ de espermatozoides) en vaquillas en condiciones de recría.

2. Evaluar algunos parámetros reproductivos como son el número de servicios por concepción, días del 1er al 2º servicio, días del 2º a 3er, Días de 3er a 4º o más servicios, días de primer servicio a servicio efectivo, así como el efecto de la estación del año sobre la fertilidad, fertilidad de semen sexado vs semen no sexado.

MATERIAL Y METODOS

El trabajo se realizó en la Cuenca Lechera de Tizayuca y en el Rancho “El Nacimiento” localizado en San José Iturbide Guanajuato, que tiene las siguientes coordenadas geográficas: latitud norte 21° 07´ 53”, longitud oeste 100° 32´ 17”. Una altura sobre el nivel del mar de 2,100 metros. El clima es semiseco templado, con temperatura promedio de 17.8 °C, la mínima es de 15.5 °C; la máxima es de 23.5 °C., con una precipitación total promedio de 554 mm³ (1). El rancho “El Nacimiento”, se dedica a la cría de becerros Holstein – Friesian. Las vaquillas son criadas bajo las mismas condiciones de manejo. Las hembras se vacunan contra *Brucella spp.* (RB51) a los 60 días, posteriormente cada 12 meses; *Leptospira spp.*, IBR, DVB, PI3, VRSB (Horizon 9 con Prolong®) a los 6 meses de edad y revacunación cada 6 meses (3). La alimentación consiste en una mezcla de ensilado de maíz, ensilado de avena, alfalfa zaraza, maíz rolado y sales minerales.

El rancho no cuenta con un programa de sincronización de estros, por lo que la detección de calores se realizó a partir de los 13 meses de edad o 350 kg de peso vivo. En el presente trabajo se formaron dos grupos, al primer grupo, se le aplicó dosis reducidas de semen sexado (2×10^6 espermatozoides) para gestar a vaquillas de reemplazo, el segundo grupo fue el testigo, en donde se aplicaron dosis de semen no sexado ($20 - 40 \times 10^6$ espermatozoides). El grupo 1 estuvo conformado por 111 vaquillas de reemplazo, el grupo 2 conformado por 119 vaquillas de reemplazo. El semen es recolectado de toros de la raza Holstein - Friesian, que después es sexado y empajillado en la compañía X.Y. Inc., México, S.A. de C.V., Torreón Coahuila, México. Los eyaculados son evaluados con pruebas en masa e individuales, para determinar, la motilidad,

concentración, viabilidad, morfología y número de espermatozoides por eyaculado (21, 27, 30, 31), Si el semen obtiene una buena calificación en estas características, será destinado al proceso de sexado por medio de la citometría de flujo laminar (13, 21, 30). La inseminación artificial fue realizada por un técnico capacitado en inseminación artificial con semen sexado (2×10^6 espermatozoides), en la que el semen se deposita en el cuerno del útero, ipsilateral al ovario, conteniendo al folículo preovulatorio, e inseminaciones con dosis de semen no sexado ($20 - 40 \times 10^6$ espermatozoides), depositadas en el cuerpo uterino. Las pajillas se descongelan por 20 a 30 segundos en un baño de agua a $34 - 37^\circ\text{C}$, antes de su utilización (3, 13).

El diagnóstico de gestación se realizó por ultrasonido entre el día 32 al 35 post-servicio, y se reconfirmó a través de palpación rectal después de los 40 días post-servicio. Posteriormente las vaquillas fueron trasladadas a la Cuenca Lechera de Tizayuca, Hidalgo, para que allí parieran e iniciarán su producción. Para este trabajo se obtuvieron datos de 230 vaquillas, en los cuales se consideraron los siguientes parámetros: días de presentación de primer estro a servicio efectivo, toro del que procede la dosis de semen, sexo de la cría, número de servicios por concepción, días entre 1er a 2º servicio, días entre 2º a 3er servicio, días entre 3er a 4º o más servicios, efecto estacional y fertilidad de dosis de semen sexado contra dosis de semen no sexado. Los datos fueron capturados y posteriormente se aplicaron pruebas estadísticas para las variables: relación hembras/machos en semen sexado y semen no sexado, días de primer a segundo servicio, días del segundo a tercer servicio, días de tercer a cuarto servicio, número de servicios por concepción, número de días del primer servicio a servicio efectivo, estación en la que se realizó el servicio efectivo, número de dosis utilizadas, fertilidad de semen sexado y no sexado;

para determinar la relación entre el efecto del tratamiento sobre número de inseminaciones por concepción, se realizó una estadística descriptiva, y Xi Cuadrada, para determinar diferencias entre los resultados obtenidos del semen sexado y semen no sexado. (7, 8).

Para la evaluación de fertilidad que presenta el semen sexado contra el semen no sexado, se tomaron datos de 5 toros de los cuales se contaba con dosis tanto sexadas como no sexadas, los datos que se recolectaron consistieron en la captura del número de inseminaciones realizadas con cada tipo de semen y el número de gestaciones que de cada uno se obtuvo, durante un lapso de 2 años.

RESULTADOS

La proporción de hembras nacidas en el grupo de semen sexado fue mayor ($P < 0.05$) que en el no sexado, como se observa en la Tabla 1. Gráfica 1.

Tabla 1. Porcentaje de hembras y machos nacidos por semen sexado y semen no sexado.

Tipo de semen	Hembras		Machos	
	No	(%)	No.	(%)
Sexado	96	87.3 ^a	14	12.7 ^a
No Sexado	55	45.8 ^b	65	54.2 ^b

Literal diferente en la misma columna indica diferencia estadística ($P < 0.05$)

Número de dosis por gestación

El número promedio de dosis requeridas para gestar una vaquilla en el grupo de semen sexado, tuvo un promedio de 1.5 dosis por gestación, mientras que en el grupo de semen no sexado fue de 1.4 dosis, no encontrado una diferencia estadística.

Fertilidad entre semen sexado y semen no sexado

La fertilidad en las dosis de semen sexado fue de 58.8%, mientras que las dosis de semen no sexado obtuvo un promedio de 67.3 % presentando una diferencia estadística entre estos de $P < 0.05$. (Gráfica 4).

Fertilidad de diferentes sementales.

Cuando se comparó la fertilidad del semen sexado y no sexado de un mismo toro, no pudieron identificarse diferencias significativas dado el pequeño número de observaciones y la sensibilidad de la prueba de Xi cuadrada. La diferencia entre el porcentaje de gestación entre semen sexado y no sexado en un mismo toro se muestra en la Tabla 2, y en la Gráfica 5.

Tabla 2. Diferencia entre fertilidad de 5 diferentes sementales.

SEMENTAL	SEMEN SEXADO	SEMEN NO SEXADO
	FERTILIDAD (%)	FERTILIDAD (%)
BOSS RED	50.0	56.7
INTEGRITY	51.4	50.0
PROMOTION	64.9	87.5
RALLY	78.6	75.0
TORPEDO	48.9	67.5
PROMEDIO	58.8	67.3

Días de primer servicio a servicio efectivo

Los resultados obtenidos se dividieron según el grupo, siendo para el primer grupo (semen sexado) un promedio de 10.4 días entre el primer servicio a servicio efectivo. El segundo grupo presentó un promedio general de 9.3 días. En los cuales no existió diferencia estadística según la prueba de Xi cuadrada.

Intervalo entre servicios

Cuando se comparó el intervalo entre servicios mediante el análisis de Chi cuadrada existió diferencia significativa entre el grupo de semen sexado y el grupo de semen no sexado. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3. y en la Gráfica 2.

Tabla 3. Intervalo entre servicios para el grupo de hembras inseminadas con semen sexado y semen no sexado

	Intervalo entre servicios (días)		
	1o. - 2o.	2o. - 3o.	3o. - 4o.
Semen Sexado	31.8	55.0	-
Semen No Sexado	25.4	26.6	30.5

Diferencia estadística $P < 0.05$ (Grafica 2)

Estación del año de servicio efectivo

Los resultados obtenidos al comparar la fertilidad del semen sexado contra el no sexado, se muestran en la Tabla 4 y Gráfica 3.

Tabla 4. Estación del año de servicio efectivo

ESTACION	SEMEN SEXADO	SEMEN NO SEXADO	PROMEDIO
	FERTILIDAD (%)	FERTILIDAD (%)	FERTILIDAD (%)
INVIERNO	58.5 ^{a c}	74.3 ^{b e}	66.4
PRIMAVERA	66.7 ^{a d}	73.8 ^{b f}	70.2
VERANO	56.5 ^{a c}	64.0 ^{b e}	60.3
OTOÑO	75.9 ^{a d}	77.3 ^{b f}	76.6

Literal diferente en la misma columna indica diferencia estadística ($P < 0.05$)

Literal diferente entre filas indica diferencia estadística ($P < 0.05$)

DISCUSIÓN

Los resultados en este estudio demuestran que el número de hembras nacidas es mayor en las vaquillas inseminadas con semen sexado con una relación de 87.3 %, que con el semen no sexado, en donde fue de 45.8 % de hembras. La proporción de hembras es similar a lo informado por Seidel y col. (1999), quien encontró una proporción de 82% al 95%, y a resultados citados por Valencia, (2001); Select Sires Inc., (2005); Cassell, (2005); Den Daas y col., (1998). Los datos anteriores muestran que el porcentaje de hembras obtenidas mediante la inseminación artificial con semen sexado es un 41.5% superior al que se obtiene con semen estándar, mostrando así una mayor eficacia del semen sexado y las ventajas inherentes al uso de éste.

Con respecto al número de servicios requeridos para gestar una vaquilla, en el grupo de semen sexado se obtuvieron 1.5 dosis por gestación, mientras que para el grupo de semen no sexado, se utilizó 1.4 dosis por gestación, resultados similares a los publicados por Ávila (2004) y Lucy (2001) quienes reportan que para conseguir una gestación es necesario 1.5 ± 0.3 servicios. Demostrando así que las dosis de semen sexado son igual de eficaces que las de semen estándar, siempre y cuando sean manejadas adecuadamente en inseminación a dosis bajas y no se presenten problemas como detección de celos. Algunos factores que pueden afectar el número de servicios por gestación según Ávila (2004), es el incremento en la consanguinidad (1%), aumentando en un 0.17% más de servicios por concepción. Siendo reforzado por un estudio realizado por Silvia (1998) quien reporta que en hatos lecheros de Kentucky, se presentó un aumento en el número de servicios por concepción de 1.6 a 2.9, por este concepto entre los años 1972 a 1996.

Considerándose un problema si el promedio alcanza 1.8 o más servicios como hace referencia Gasque (1993).

La fertilidad en las dosis de semen sexado fue de 58.8%, mientras que el grupo de semen no sexado tuvo una fertilidad promedio de 67.3%, presentando una diferencia estadística entre estos de $P < 0.05$. (Gráfica 4). Estos resultados hacen suponer que el proceso de sexado de semen afecta la fertilidad, a esto se puede anexar el número de espermatozoides que contiene cada dosis, que es aproximadamente 10 veces menor con respecto a la de semen no sexado, tal como hace referencia Select Sires Inc, (2005), mencionando solo dos limitantes: la tarifa reducida y el proceso de clasificación al cual es sometido el semen, ya que es un procedimiento altamente invasor que afecta negativamente la viabilidad y la longevidad del espermatozoide.

En el intervalo de primer servicio a servicio efectivo el resultado obtenido, en el primer grupo (semen sexado) fue de 10.4 días, mientras que en el grupo de semen no sexado fue de 9.3 días, presentandose entre ambos grupos una diferencia de 1.1 días. De este resultado se puede determinar cual es la efectividad de los servicios realizados a las vaquillas y cuales son las vaquillas que presentaron problemas para quedar gestantes.

La efectividad en la detección de celos y los problemas reproductivos provocados por factores ambientales (temperatura), nutricionales y patológicos, modifican el intervalo de primer servicio a servicio efectivo

Este intervalo también indica cuantos días más tarda el animal para poder entrar a producción y el aumento de los costos de su manutención.

En cuanto al promedio de días entre cada servicio, 1er. a 2º, 2º a 3er y de 3er a 4º servicio, se obtuvo para el grupo de semen sexado: 31.8, 55.0 y 0 días respectivamente, mientras que para el grupo de semen no sexado, se obtuvo

un promedio de 25.4, 26.6 y 30.5 días respectivamente, los resultados obtenidos, muestran que las vaquillas que integran el grupo de semen sexado, son aquellas que presentan un mayor número de días entre cada servicio. Al no encontrar resultados en la literatura que haga referencia a este parámetro se comparó con días abiertos de vacas. Los resultados de los 2 grupos, se encuentran por debajo de los índices referidos por Gasque (1993) quien reporta un promedio de 85 a 100 días abiertos considerados como normales, mientras que Lucy (2001), menciona que los parámetros ideales deberían ser de 50 días abiertos, que si son utilizados como un parámetro normal, los resultados obtenidos del grupo de semen sexado y semen no sexado, se encontrarían por debajo al ser comparados. Garner y col. (2000), mencionan que los días abiertos se pueden ver influenciados por los siguientes factores: mortalidad embrionaria, que se presenta entre el 1^{er} y el 2^o mes de gestación, detección de celos, la fertilidad en toros utilizados para la inseminación artificial, manejo, empaquetado, transporte, y envejecimiento del semen antes de su uso; aunándose a estas las publicadas por Foote y col. (1997): la habilidad del inseminador, manejo del hato y de las vaquillas. Seidel y col.(1999) mencionan que las pérdidas de la gestación a este intervalo eran similares para el semen sexado (8.8%) contra el semen estándar (6.2%) lo que indica que el daño genético del semen sexado es mínimo.

Para el efecto de estación del año, el análisis de los datos mostró que hubo un mayor porcentaje de fertilidad en las vaquillas que fueron inseminadas en los meses que corresponde a las estaciones de primavera y otoño, el cual fue de 70.2 y 76.6 % de fertilidad respectivamente, mientras que en las estaciones de verano e invierno, se presentaron los porcentajes más bajos, siendo de 60.3 y 66.4% respectivamente, encontrando una diferencia estadística de $P < 0.05$,

concordando con datos citados por Araujo (2004), quien menciona que el desarrollo folicular es más regular en primavera y otoño que en periodos de invierno, condicionado por una serie de mecanismos o controles en interrelaciones entre el ambiente, sistema nervioso y actividad reproductiva.

Los diferentes factores medioambientales que se presentan en las diversas estaciones del año, tienen influencia sobre la fertilidad, como publica Lehman (1986) citado por Schillo (1992) quien menciona que estos factores actúan a través de diversas vías neurales extrahipotalámicas para influir sobre la secreción de las hormonas liberadoras de gonadotropinas en el hipotálamo, lo cual va a inducir la secreción de la Hormona Luteinizante (LH) y Folículo Estimulante (FHS) por vía del sistema venoso porta hipofisiario.

Ramos (1990) reportó que las altas temperaturas ambientales están relacionadas con un consumo pobre de alimento y disminución del crecimiento, pudiendo influir directamente en una baja cantidad de energía y proteínas necesarias para la producción de hormonas (LH y FHS) junto con la deficiente capacidad folicular de maduración.

Varios investigadores comprobaron que las altas temperaturas medioambientales influyen en el retardo de la pubertad en el ganado *Bos taurus* y *Bos indicus*, estas altas temperaturas, deprimen el consumo del alimento, a causa de un efecto directo negativo sobre el centro del apetito del hipotálamo Bayle y col.(1974).

Las bajas temperaturas como en las épocas de invierno, afectan la función lútea teniendo una capacidad de respuesta menor a la hormona luteinizante (LH) durante el invierno, además la respuesta al estímulo de la progesterona es mayor durante el verano que en el invierno, Araujo (2004).

Se han realizado estudios en el laboratorio, en los cuales se ha establecido que el fotoperíodo juega un importante papel en el control de la presentación de la pubertad en los animales domésticos, Araujo (2004). Afectando la edad de aparición de la pubertad y la actividad ovárica en novillas brahman puras y cruzadas, lo cual ha sido confirmado por Mezzadra y col. (1993). Se ha comprobado, que hay una relación directa entre el incremento de la cantidad de luz diaria, y la edad de aparición de la pubertad. Riquet y col. (1994).

El costo que tiene la dosis de semen no sexado es de \$100.00 pesos, mientras que las de semen sexado es aproximadamente de \$300.00 pesos, si se tiene en cuenta que se utilizan aproximadamente 1.5 dosis de semen sexado por gestación, se estaría invirtiendo aproximadamente \$453.00 pesos extra, pero esta inversión se recupera al obtener un 87% contra un 46% de becerras con el semen no sexado. El costo beneficio que se obtiene se ve reflejado en la diferencia que existe en el mercado entre un becerro y una becerria, teniendo un margen muy amplio de diferencia, un becerro de la raza Holstein de 3 días de edad, tiene un costo de \$600.00 pesos, el costo de una becerria Holstein con 3 días está valuada en un promedio de \$ 3,000.00 pesos, esto muestra que el margen de ganancia entre un sexo y otro es de 5 veces el valor del primero, el costo del becerro sólo llega a cubrir el costo de las dosis de semen utilizado para dejar gestante a la vaca, la becerria cubre el costo y se obtiene una posible candidata para convertirse en vaquilla de reemplazo.

Como ejemplo se tomarían dos hatos en donde han nacido 100 crías en cada uno, el primero solo se insemina con semen no sexado y el segundo es inseminado con semen sexado, el costo por vaquilla gestante es de aproximadamente \$140.00 y \$453.00 pesos respectivamente, se obtendrían en el primero 46 hembras y 54 machos, el segundo se esperarían 87 hembras y 13

machos, esto representa un valor de \$169,992.00 y \$269,448.00 pesos respectivamente, si a estos resultados les restamos el costo total de las dosis por gestación obtendríamos para semen no sexado \$155,992.00 y \$224,148.00 para semen sexado, con una diferencia de \$68,156.00 pesos más en el grupo de semen sexado, teniendo una ganancia neta de \$681.56 pesos por vaquilla parida con semen sexado y las ventajas antes descritas del uso de éste.

Este factor varía considerablemente entre hatos, afectando el valor de la rentabilidad del semen sexado en cada productor. Cuando las tasas de concepción del semen sexado son iguales a las de semen estándar, (es decir ninguna reducción), los hatos con tasas más altas de concepción tienen una mayor oportunidad de recuperar la inversión y tener mayor ganancia por venta de vaquillas de reemplazo (Select Sires Inc, 2005, Hohenboken, 1999, Cassell 2005).

Seidel, (1999) publicó que si todos los productores utilizaran esta nueva tecnología, habría un exceso de novillas y el precio de estas podría caer substancialmente; también afectarían directamente los programas genéticos, aumentando la intensidad de selección; eligiendo los animales de mayor valor genético. Esto no sucedería en México, debido a la alta demanda de vaquillas de reemplazo.

Al tener más vaquillas se producirían más y mejores toros para pie de cría, porque las pruebas de progenie, se harían con un número más reducido de vacas elite. También reducirían los costos de dichas pruebas, ya que requerirían menos vacas inseminadas para generar a sus hijas según Hohenboken, (1999).

Además se mantendría el índice de progreso genético en la mayoría de los programas, debido a que las pruebas de progenie se abaratarían y se

realizarían en la mitad del tiempo. Se incrementaría el sentido práctico de mantener “cerrados” los hatos (Seidel, 1999). Otras ventajas es la menor cantidad de alimentos utilizados, evitar el sacrificio de los becerros y las pérdidas que esto ocasiona.

CONCLUSIÓN

Los resultados de este trabajo muestran que la proporción de hembras nacidas con dosis de semen sexado es 41.1% mayor que con dosis de semen no sexado, con lo que se obtiene un número mayor de vaquillas destinadas a reemplazo, pudiendo abrir la posibilidad de vender los excedentes a otros hatos.

Como se logró comprobar, el uso del semen sexado en la inseminación artificial no afectó el periodo abierto, y el número de dosis por concepción se mantiene dentro de los parámetros que se obtienen con el semen no sexado, por lo que esta técnica tiene los mismos parámetros que cuando se utiliza dosis no sexadas, volviéndose cada vez más redituable.

La fertilidad obtenida con el semen no sexado fue mayor que con el semen sexado (67.3 vs 58.8%), demostrando que el uso del semen sexado es una buena opción para la obtención de hembras de reemplazo, aun cuando el costo de la inseminación sea mayor.

REFERENCIAS

- 1.- Anuario Estadístico. Edición 2002, INEGI. Guanajuato México.
2. Araujo G. A. Pubertad en la hembra bovina. Programa de Zootecnia. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. CEAD Valledupar, Colombia. 2004.
- 3.- Ávila G. J. Factores que influyen en la fertilidad. Memorias Científicas, XXVIII Congreso Nacional de Buiatría 2004: 32 – 40.
4. Bayle, C. A. Forbes, J. M. (1974). Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. *Phys. Rev.* 54 : 160.
- 5.- Cassell B. ¿Tiene un papel el semen sexado en su programa de inseminación? *Hoards Dairyman* 2005, Julio, pp 399-400.
- 6.- Cruz, G.M.I., González, M.H., Fierro PR, Cortés BE, Ortiz MR, Romo GS. Análisis del contenido de DNA en espermatozoides de bovino por citometría de flujo, como base del sexado espermático. Mem. XXV Congreso Nacional de Buiatría 2001: 180 AMMVEB.
- 7.- Daniel W., Bioestadística, Base para el análisis de las ciencias de la salud. 4ª. Edición, México (D.F): Limusa, 2004.
- 8.- Dawson S. Trapo R. G. Bioestadística Médica. México D. F., Manual Moderno. 1993.
- 9.- Den Daas J.H., De Jong G. Lansbergen L.M. Van Wagtedonk – de Leeuw A. M. The relationship between the number of spermatozoa inseminated and the reproductive efficiency of individual dairy bulls. *J Dairy Sci.* 81 (1998), pp 1714 -1723.
- 10.- Foote R.H., Kaproth M.T., Sperm numbers inseminated in dairy cattle and nonreturn rates revisited. *J Dairy Sci.* 1997: 80 (11) pp 3702- 3706.

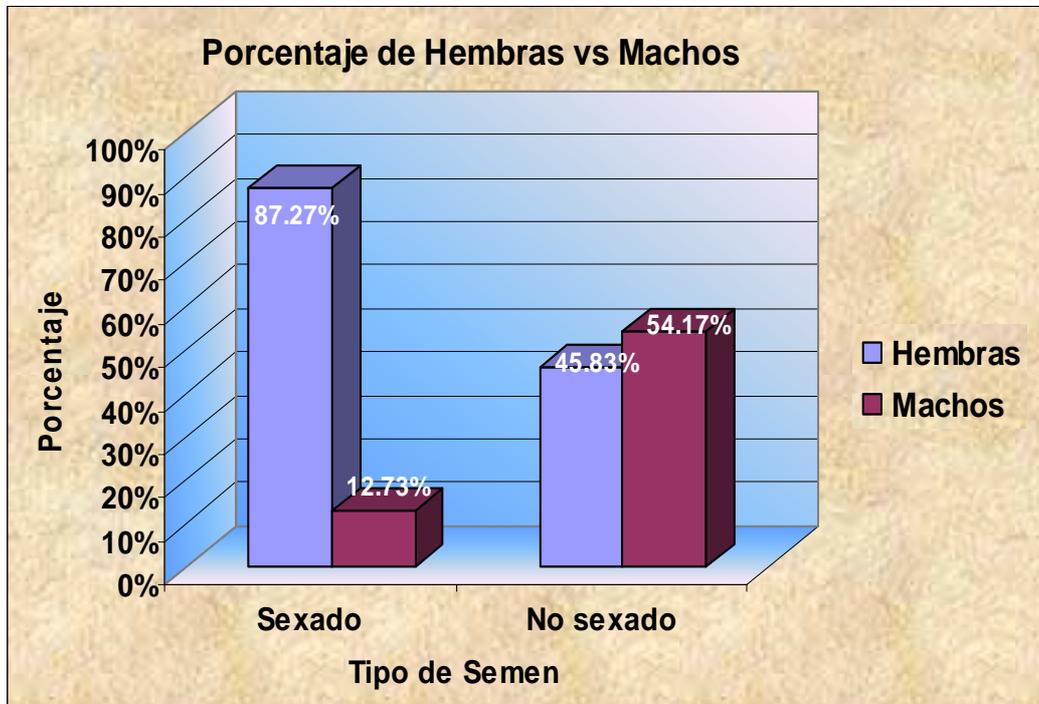
- 11.- Gallardo, N. J., Situación actual de la producción de leche de bovino en México 2004. ASERCA Claridades Agropecuarias. México (D. F): 2004.
12. Gardner K.E. The sex relation in calves resulting from artificial insemination. J Dairy Sci 33:391, 1950, (Abstr)
- 13.- Garner, D.L., Seidel Jr G.E., Sexing Bull Sperm. International Veterinary information Service. (Ed.)Chenoweth P.J. Ithaca N.Y. 2000.
14. Gasque G.R., Enciclopedia del ganado Bovino, UNAM, México 1993.
- 15.- Hernández L.E, Del Valle R. M. La industria láctea de México en el contexto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Banco Interamericano de Desarrollo. Argentina, Buenos Aires. 2000.
- 16.- Hohenboken W.D., Applications of sexed semen in cattle production. Animal and Poultry Sciences Department. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, USA. 29 September 1999.
- 17.- Johnson L.A., Welch G.R., Sex preselection: High-speed flow cytometric sorting of X and Y sperm for maximum efficiency. Theriogenology 1999; 52:1323-1341.
- 18.- Lager J. R. Modelos de producción primaria de leche en diferentes ambientes ecológicos, en particular EEUU, Europa, Nueva Zelanda y la Argentina.
http://www.e_campo.com/sections/news/display.php/uuid.6E581737%2D7503%2D4074%2D926FD208CF51CC75/catUuid.91D0E8F2%2DE269%2D11D3%2DA5140006292E2740/
- 19.- Lindsey A.C., Bruemmer J. E., Squires E.L. Low dose insemination of mares using non-sorted and sex-sorted sperm. Anim Reprod Sci 2001; 8: 279 – 289.

- 20.- Lucy, MC. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where Hill it end? J Dairy Sci 2001, 84 (6): 1277-93.
- 21.- Magnus A, Juhani T, Erkki K, Merja D. Effect of insemination with doses of 2 or 15 million frozen-thawed spermatozoa and semen deposition site on pregnancy rate in dairy cows. Theriogenology 2004; 61: 1583-1588.
22. Mezzadra, C. A. Homse, D. Sampeón Albeiro R. (1993). Pubertal traits and seasonal variation of the sexual activity in brahman, hereford and crossbred heifers. Theriogenology . 40:987
23. Ramos, J. (1990). Pubertad, ciclo estral y métodos para identificar el estro en la hembra bovina. Curso nacional de ganadería de leche especializada. ICA. Oct. 22 - 27. P.366.
24. Rinquet H, Pelletier G, Brazeau P. (1994). Long term effects of human growth hormone releasing hormone and photoperiod on hormone release and puberty in dairy heifers. J. Anim. Sci. 72: 2702.
- 25.- SAGARPA y ASERCA. La autosuficiencia lechera; Una visión de reto por alcanzar en los próximos años. ASERCA Claridades Agropecuarias. México D.F. 1996.
- 26.- SARH y SECOFI. El sector agropecuario en las negociaciones del Tratado de Libre Comercio Estados Unidos – Canadá – México. México: 1993.
- 27.- Schenk JL, Suh TK, Cran DG, Seidel GE Jr, Cryopreservation of flow-sorted bovine spermatozoa. Theriogenology 1999; 52: 1375-1391.
28. Schillo, K. K., Hall, J., Hileman, S. (1992a). Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer J. Anim. Sci., 70: 3994-3996.
- 29.- Seidel G.E. Sexed Semen Applications In Dairy Cattle. Western Dairy. Management Conference. Las Vegas Nevada. 1999.

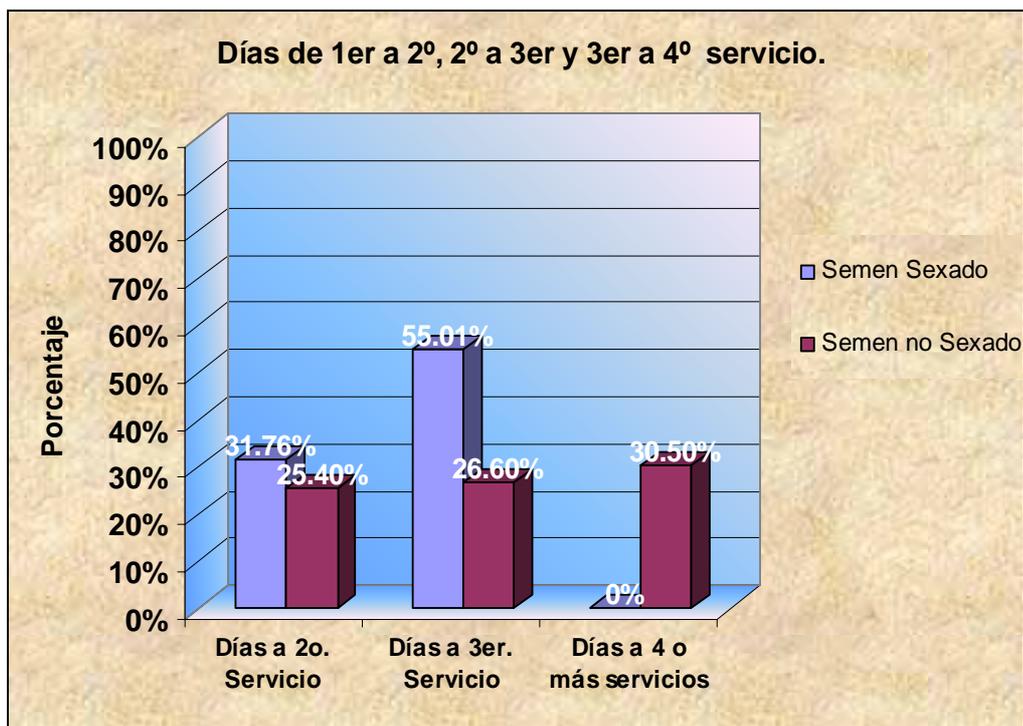
- 30.- Seidel GE Jr, Schenk, J.L., Herickhoff L.A.. Insemination of heifers with sexed sperm. Theriogenology 1999; 52: 1407-1420.
- 31.- Seidel GE Jr. Fertility on the edge of the dose-response curve for sperm numbers. Proc 17 th Tech Conf, National Association of Animal Breeder, 1998;18-20.
- 32.- Seidel GE Jr. Sexed sperm and sexed embryos - Where are we and where are we going, and when. In: Proceedings of the 18th Ann Convention American Embryo Transfer Association, 1999; 47-59.
33. Select Sires Inc. Gender Selected Sires. SELECTed Sires Selections. August 2005.
34. Silvia, W. J. 1998. Changes in reproductive performance of Holstein dairy cows in Kentucky from 1972 to 1996. J. Dairy Sci. 81(Suppl.1):244. (Abstr)
- 35.- Stevenson Jeff. Porqué ha caído la eficiencia reproductiva. Hoards Dairyman 2004; Junio. 346 – 348.
36. Valencia MJ. Situación actual y perspectivas del sexado del semen. Memorias Científicas, XXV Congreso Nacional de Buiatría 2001:87- 91.
- 37.- Vásquez L.A. Cuidando los detalles de su programa de Inseminación Artificial. Instituto de Reproducción Animal e Inseminación Artificial “Abraham Hernández”. 2004. (<http://www.pcca.com.ve/vb/articulos/vb49p33.htm>)
- 38.- Zapien SA, Bouguetts LR, Sánchez AR, Inseminación Artificial en bovinos en zonas semiáridas. Avances de la investigación pecuaria en el Estado de Sonora, 1982.
- 39.http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/36-curso_teorico_practico_ia.htm.
40. <http://www.xyinc.com>
41. <http://www.xyinc.com/history/history.php>

ANEXOS

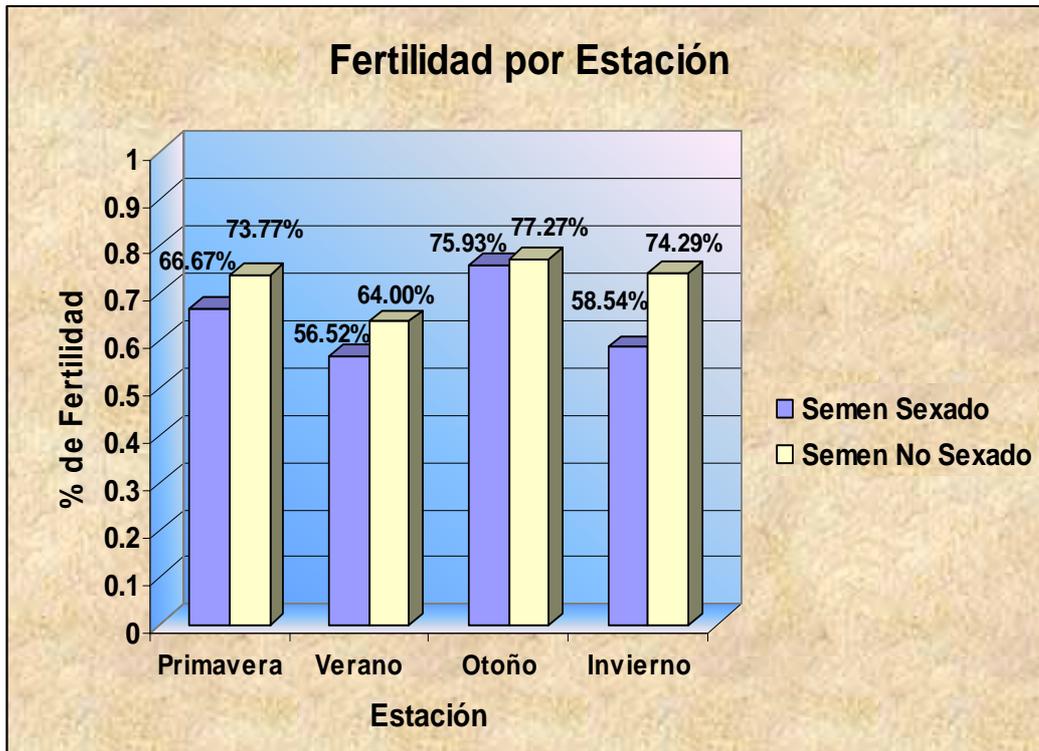
Grafica 1. Porcentaje de Hembras y Machos Nacidos por Semen Sexado, y Semen no sexado.



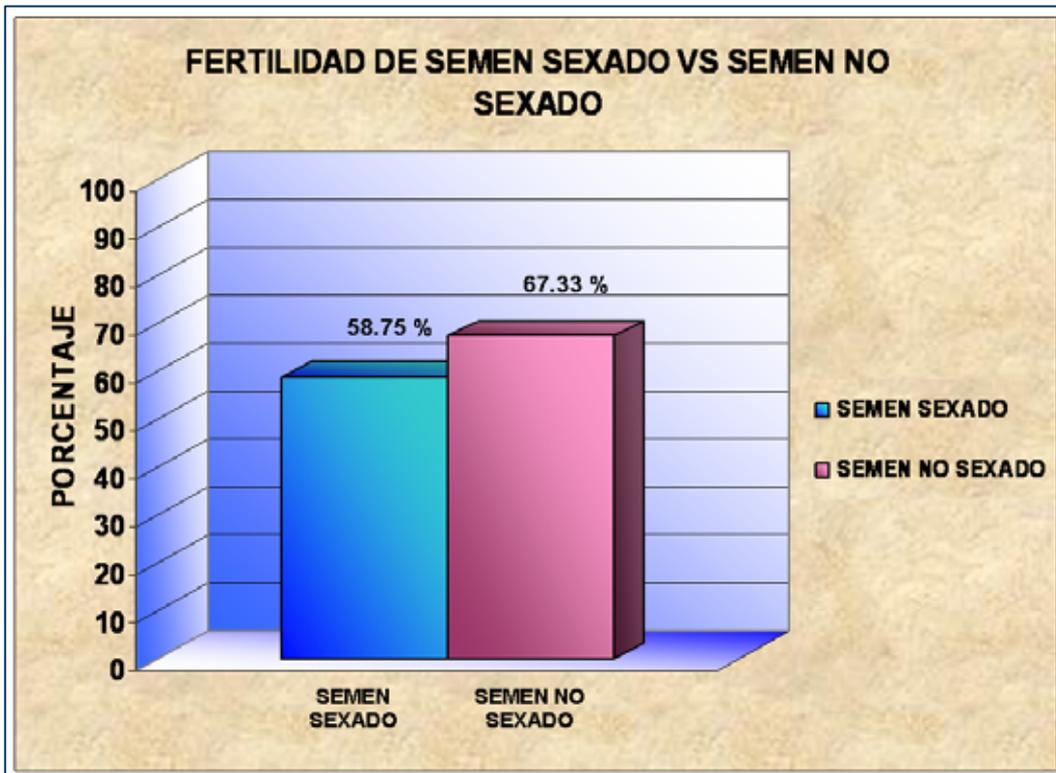
Grafica 2. Días de 1er a 2º, 2º a 3er y 3er a 4º servicio.



Grafica 3. Fertilidad por Estación.



Grafica 4. Fertilidad de Semen Sexado vs Semen no Sexado.



Grafica 5. Fertilidad de diferentes Sementales.

