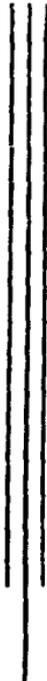


N° 223
ZEV.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



LA INSEMINACION ARTIFICIAL EN LA REPRODUCCION DEL GANADO PORCINO: ESTUDIO RECAPITULATIVO

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

A s e s o r :
MVZ. DMV. Fernando Hidalgo y Terán Serralde

México, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1992



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 está 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.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
PROCEDIMIENTO	5
I. GENERALIDADES	6
II. CICLO ESTRAL	7
A) ESTRO	7
B) OVULACION Y NIVELES HORMONALES	7
C) METODOS DE DETECCION DEL ESTRO	12
a) OBSERVACION VISUAL	16
b) PRUEBA DEL CABALGUE O DE LA PRESION DORSAL	16
c) SEMENTAL CELADOR	17
d) SEMENTAL MADURO	17
e) INSTRUMENTOS PARA DETECTAR EL ESTRO	18
1) WALSMETA	18
2) ES-PROBE	18
2.1 PROCEDIMIENTO RECOMENDADO PARA USAR EL ES-PROBE	19
3) ESTRON	21
3.1 COMO USAR EL ESTRON	21
3.2 INTERPRETACION DE LA LECTURA DEL ESTRON	24
3.3 PRODUCCION O CRIANZA DE CERDOS	24
3.4 CERDAS GESTANTES	24
3.5 RETORNO A CALOR	24
D) RESULTADOS DE ESTUDIOS COMPARATIVOS SOBRE LA DETECCION DEL ESTRO	30
E) SINCRONIZACION DEL ESTRO	32

	<u>Página</u>
a) SINCRONIZACION NATURAL DEL ESTRO	33
b) SINCRONIZACION ARTIFICIAL DEL ESTRO	33
c) RESULTADOS DE ESTUDIOS COMPARATIVOS SOBRE LA SINCRONIZACION DEL ESTRO EMPLEANDO SUSTANCIAS QUIMICAS	36
III. METODOS Y TECNICAS DE LA INSEMINACION ARTIFICIAL	59
A) PASOS PARA LA INSEMINACION ARTIFICIAL	60
B) TIPOS DE CATETERES DE INSEMINACION ARTIFICIAL EN CERDOS	67
C) NUMERO DE ESPERMATOZOIDES Y VOLUMEN POR DOSIS DE INSEMINACION	69
D) PERIODO OPTIMO PARA LA CONCEPCION CON SERVICIO NATURAL O INSEMINACION ARTIFICIAL	70
E) RESULTADOS DE ESTUDIOS COMPARATIVOS PARA DETERMINAR EL PERIODO OPTIMO PARA LA INSEMINACION ARTIFICIAL CON EMPLEO DE DIVERSOS METODOS PARA DETECTAR EL ESTRO	75
F) TRANSPORTE ESPERMATICO	77
a) FASES DEL TRANSPORTE ESPERMATICO	79
1) TRANSPORTE ESPERMATICO RAPIDO	80
2) TRANSPORTE ESPERMATICO LENTO	80
b) DESTINO DE LOS ESPERMATOZOIDES	81
G) PREPARACIONES FISICAS Y QUIMICAS PARA LA RETENCION DE LOS ESPERMATOZOIDES	82
H) CAPACITACION ESPERMATICA	85
IV. DIFERENCIAS DE HISTOCOMPATIBILIDAD ENTRE LA MADRE Y EL PRODUCTO	87

	<u>Página</u>
A) RESULTADOS DE ESTUDIOS COMPARATIVOS USANDO DIFERENTES ANTIGENOS, ADYUVANTES O MITOGENOS ADICIONADOS AL SEMEN PARA MEJORAR LA FERTILIDAD EN CERDAS	88
V. USO DE SEMEN FRESCO Y CONGELADO	112
A) SEMEN FFRESCO Y CONGELADO	112
B) TECNICAS Y METODOS PARA LA CONGELACION DE SEMEN DE CERDO	117
a) PROCEDIMIENTO PARA LA CONGELACION DEL SEMEN	118
c) NUMERO DE ESPERMATOZOIDES Y VOLUMEN POR DOSIS DE INSEMINACION PARA SEMEN CONGELADO	119
C) METODOS DE COLECCION, EVALUACION, DILUCION, ALMACENAJE, TRANSPORTE E INSEMINACION ARTIFICIAL CON SEMEN DE CERDO	121
a) COLECCION DE SEMEN	121
b) TECNICA DE COLECCION	124
c) FRECUENCIA DE COLECCION	124
d) COMPONENTES DEL EYACULADO	125
e) EVALUACION DEL SEMEN	126
1) EVALUACION MICROSCOPICA	127
f) CARACTERISTICAS DEL SEMEN DE CERDO	127
g) ENTRENAMIENTO DEL SEMENTAL	129
11) ALTERACIONES MORFOLOGICAS EN LOS ESPERMSATOZOIDES DE CERDO	130
D) DILUYENTES PARA EL SEMEN DE CERDO	130
a) COMPOSICION QUIMICA DE LOS DILUYENTES	131
b) TIPOS DE DILUYENTES	132

	<u>Página</u>
D) RESULTADOS DE ESTUDIOS COMPARATIVOS USANDO DIFERENTES DILUYENTES PARA LA PRESERVACION DEL SEMEN DE CERDO	133
VI. EVALUACION Y MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA	137
A) COMPARACION ENTRE MONTA NATURAL E INSEMINACION ARTIFICIAL	138
B) PREPARACIONES HORMONALES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA	143
C) RESULTADOS DE PORCENTAJES DE FERTILIDAD Y TAMAÑO DE LA CAMADA	149
VII. MEDIDAS HIGIENICO-SANITARIAS EN LA INSEMINACION ARTIFICIAL DEL GANADO PORCINO	177
A) ENFERMEDADES TRANSMISIBLES A TRAVES DE SEMEN	177
B) MICROORGANISMOS ENCONTRADOS EN SEMEN DE CERDO	179
a) BACTERIAS	179
1) METODOS DE CONTROL PARA EVITAR LA CONTAMINACION BACTERIANA	179
b) VIRUS	180
1) CLASIFICACION DE LOS VIRUS AISLADOS DEL SEMEN	180
c) LEVADURAS	182
C) PROGRAMA HIGIENICO-SANITARIO	183
VIII. MEJORAMIENTO GENETICO CON LA INSEMINACION ARTIFICIAL EN EL GANADO PORCINO	184
A) ANORMALIDADES CONGENITAS	185
B) PROGRESO GENETICO POR MEDIO DE LA INSEMINACION ARTIFICIALEN EL GANADO PORCINO	186
LITERATURA CITADA	187

RESUMEN

RAMOS LOPEZ, ALFONSO. La inseminación artificial en la reproducción del ganado porcino (bajo la dirección de: Fernando Hidalgo y Terán Serralde).

El presente estudio recapitulativo comprende la inseminación artificial (IA) en la reproducción del ganado porcino, en la cual se revisaron 240 citas bibliográficas de las que se seleccionaron 110 para su recapitulación con el fin de analizar y dar a conocer lo que se sabe sobre el tema. El trabajo comprende la recopilación de dicha información, la que a pesar de ser tan abundante, se encontraba en revistas de publicaciones científicas, memorias de congresos, manuales, etc., de donde se obtuvieron los artículos originales y en muchos casos sólo fue posible obtener el resumen. La información se encuentra dividida en ocho capítulos, los que comprenden: Las generalidades de la IA, el ciclo estral, los métodos y las técnicas de la IA, las diferencias de histocompatibilidad entre la madre y el producto, el uso de semen fresco y congelado, la evaluación y el mejoramiento de la eficiencia reproductiva, las medidas higiénico-sanitarias y el mejoramiento genético. El objetivo principal de este análisis es el de proporcionar una herramienta útil de trabajo, a ganaderos, técnicos en inseminación artificial porcina y médicos veterinarios para que, por medio de esta información, aprovechen los medios disponibles para lograr una mayor eficiencia reproductiva del ganado porcino.

INTRODUCCION

La inseminación artificial (IA) en el ganado porcino fue la pionera pues en 1930 en la Unión Soviética, Milovanov logró las primeras gestaciones en animales inseminados artificialmente. Sin embargo, la expansión de su uso no ha sido tan rápido como en el caso del ganado bovino, particularmente debido a la base comercial (33,80). Desde entonces hasta la década de los cincuenta la IA en los cerdos se mantuvo en niveles insignificantes, pero después adquirió cierto impulso cuando Ito et al., así como Polge describieron metodologías sencillas para usar exitosamente el semen de cerdo (44,71). Asimismo en los últimos 15 ó 20 años, se han incrementado las investigaciones en torno a la congelación de semen de cerdo. Sin embargo, ningún método para la congelación de semen porcino ha podido reemplazar, hasta el momento el uso de semen fresco procesado en condiciones comerciales (80).

Hasta hace poco tiempo el semen de cerdo sólo podía ser preservado de 1 a 3 días, lo cual hacía difícil su transporte; actualmente los diluyentes para semen de cerdo permiten el almacenaje del semen por aproximadamente 5 días, y en algunos casos lo conservan desde 8 hasta 12 días con una viabilidad aceptable (32). La temperatura normal de almacenaje para estos diluyentes es de 64°F (17.78°C) (11). Y una temperatura de 15° a 18°C generalmente es la de más aceptación para el almacenaje del semen de cerdo (47).

Las investigaciones han indicado que el tiempo de inseminación es importante para obtener índices de concepción adecuados, con el ganado porcino, especialmente con semen congelado ya que la vida de éste es relativamente corta dentro del tracto reproductivo de la cerda (34). Para

determinar el tiempo óptimo para inseminar cerdas primíparas y pluríparas se debe considerar la duración del estro, el momento de la ovulación, el tiempo de sobrevivencia del óvulo y el tiempo de viabilidad de los espermatozoides dentro del tracto genital femenino (109).

El éxito de los productores de ganado porcino comercial radica en la producción del animal de la más alta calidad empleando los recursos disponibles de la manera más eficiente (43). Con la IA los sementales pueden ser usados en más cerdas, ya que en una sola eyaculación se pueden obtener entre 15 y 20 dosis de inseminación (96).

La IA permite la introducción de nuevo material genético con un reducido riesgo de transmisión de enfermedades. Existe la posibilidad de que nuevos gérmenes patógenos entren a una piara al añadir un semental y es más alta que con semen colectado de sementales probados periódicamente. No obstante este riesgo puede ser minimizado si no es que eliminado con el uso de la IA (78).

De acuerdo con los reportes, poca o ninguna diferencia existe entre los resultados de fertilidad obtenidos con monta natural e IA con semen fresco, siempre y cuando se utilice la técnica adecuada. Los resultados obtenidos usando IA con semen fresco en cerdas durante los últimos 15 ó 20 años a nivel mundial, son de entre 79 y 81% para cerdas pluríparas, y un poco menores para primíparas, con una sola inseminación se han obtenido de 9.9 a 11.2 lechones por camada (80). Mientras que con semen congelado los logros dan un porcentaje que va desde el 29 hasta el 72%, con 7.1 y 7.4 lechones por camada (45).

El objetivo principal de intensificar la reproducción en el ganado porcino es el de mejorar el rendimiento reproductivo en un futuro predecible, el cual

puede obtenerse con la sincronización exitosa del estro y la ovulación (40). Un método alternativo para la sincronización del estro y la ovulación es el empleo de hormonas exógenas; se recomienda usar un progestágeno oralmente activo, el cual debe ser efectivo y no poseer propiedades teratogénicas. Los progestágenos no han sido empleados satisfactoriamente debido a la incidencia de folículos quísticos y fertilidad decrementada en el primer estro posterior al tratamiento. Sin embargo, Pursel et al. informaron que algunos progestágenos oralmente activos pueden ser usados para controlar el estro sin producir quistes foliculares y sin reducir la fertilidad (73).

PROCEDIMIENTO

Debido al auge que ha adquirido la inseminación artificial (IA) en el ganado porcino, es conveniente realizar un estudio recapitulativo para conocer los avances y beneficios que han obtenido los países desarrollados con dicha técnica. La información para este trabajo se buscó en diversas partes, tales como el CONACYT, en donde se obtuvieron los reportes a través de sus bancos de datos a un nivel nacional y mundial; ahí mismo se obtuvo la información más relevante por medio de sus revistas de divulgación científica, memorias de congresos, etc.. En algunos casos sólo fue posible obtener el resumen del artículo original. Una vez recopilados estos datos, se analizaron y los más relevantes se ordenaron y recapitularon para construir este informe.

I. GENERALIDADES

Hemos dicho ya que aunque la IA en el ganado porcino fue la pionera, la expansión de su uso no ha sido tan rápida como con la IA del ganado bovino, particularmente sobre una base comercial. Los siguientes factores han sido los responsables de lo anterior:

- Hasta hace poco tiempo, el semen fresco de cerdo sólo podía ser preservado entre 1 y 3 días, lo cual hacía difícil su transporte.
- El uso de semen congelado ha propiciado generalmente índices de concepción más bajos y tamaños de las camadas más pequeños.
- Se requiere considerable labor y habilidad para la detección apropiada del estro.
- Los procedimientos para la sincronización del estro en el ganado porcino son escasos.
- No se ha contado con programas ni con instalaciones reproductivas.

Respecto a cada uno de los puntos mencionados anteriormente, huelga decir que diversos descubrimientos han hecho más práctico el uso de la IA, con el consecuente beneficio de los productores de ganado porcino comercial (32).

II. CICLO ESTRAL

El ciclo estral es un fenómeno rítmico, con periodos regulares pero limitados de receptividad sexual, asociado con la liberación de los óvulos capaces de ser fertilizados. El periodo del ciclo estral en el ganado porcino varía de 18 a 24 días, y el más común tiene de 20 a 22 días (96).

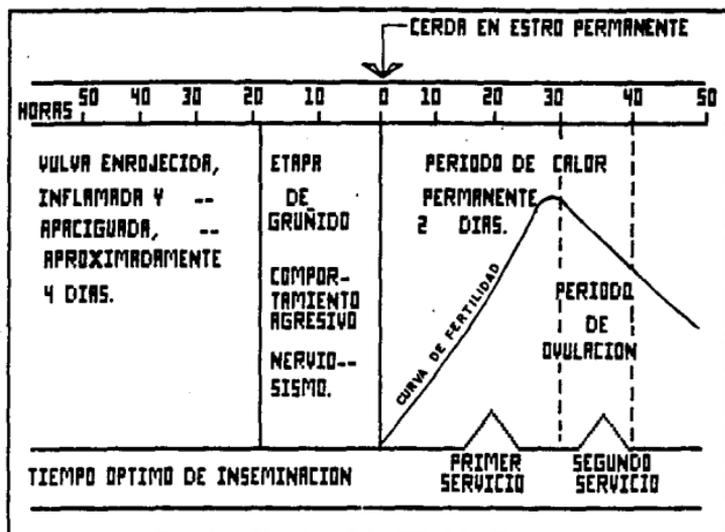
A) Estro

La palabra estro proviene del vocablo griego *oistros* que significa deseo desenfrenado. Por lo que el estro se define como el periodo de receptividad sexual, y en el ganado porcino dura 50 horas aproximadamente, con un rango de 12 a 70 horas. Las cerdas primíparas permanecen en estro durante un lapso que va de $1\frac{1}{2}$ a 2 días (36-48 horas), mientras que las pluríparas durante un periodo que va de $2\frac{1}{2}$ a 3 días (48-72 horas), (figura 1) (95).

B) Ovulación y niveles hormonales

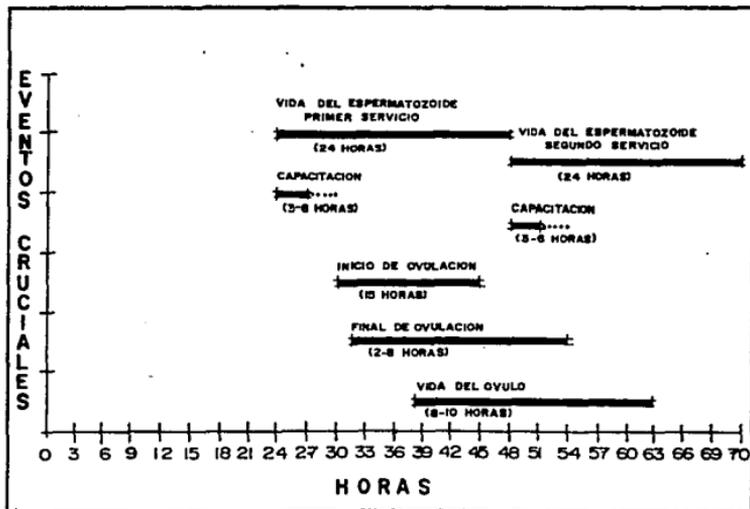
La ovulación es el periodo durante el cual se liberan los óvulos para ser fertilizados; dicho fenómeno ocurre espontáneamente cerca del final del estro, aproximadamente de 36 a 40 horas después del pico de los niveles séricos de la hormona luteinizante (LH), (9,43,95,96). Este evento no ocurre en forma repentina sino que es gradual y todo el proceso se efectúa en un lapso que tarda de 2 a 8 horas aproximadamente (figura 2) (21). Staigmiller et al. informaron que los animales con un inadecuado nivel nutricional presentan variaciones más grandes en el intervalo de tiempo que hay entre el inicio del estro y el pico de LH (media 7.7 horas, rango 1-16 horas), en

FIGURA 1. DURACION Y EVENTOS FISICOS EN LA CERDA DURANTE EL PERIODO DE ESTRO.



FUENTE : BIRCHWOOD GENETICS, INC. (1988).

**FIGURA 2. PARAMETROS REPRODUCTIVOS Y DURACION (HORAS)
APROXIMADA DE CADA EVENTO EN EL GANADO
PORCINO.**



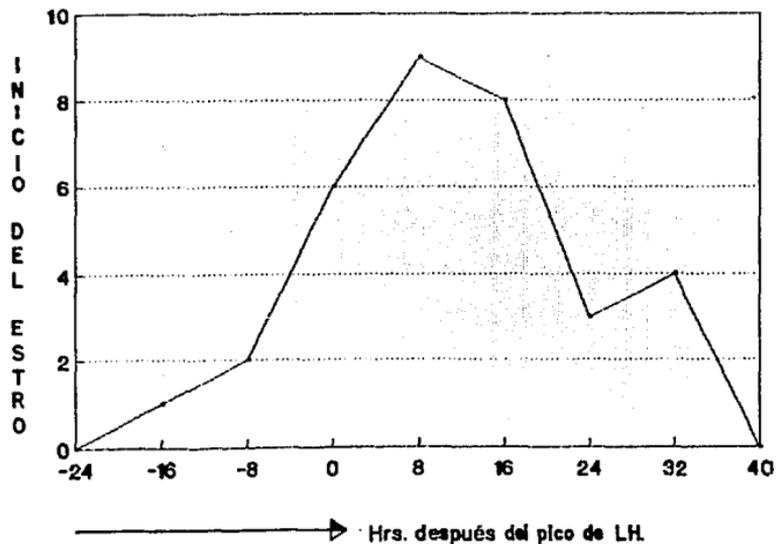
FUENTE : DEKALB SWINE BREEDERS, INC. (1988).

comparación con los animales con un adecuado nivel nutricional (media 3.7 horas, rango 2-6 horas) (93). La distribución en el intervalo de tiempo entre el pico de LH y el inicio del estro se muestra en la figura 3. El pico de LH ocurre en promedio de 10 a 13 horas después del inicio del estro con un rango de 20 horas antes a 32.5 horas después del inicio del estro. El intervalo entre el pico de LH y la ovulación es de 42 ± 5 horas (SD = desviación estandar) con un rango de 18 a 76 horas (34). Otros autores reportan picos de LH desde 2 horas antes hasta 22 horas después del inicio del estro (102), ó de 8 y 32 horas antes del inicio del estro en 50% de los animales (110). Estos resultados pueden explicarse por las diferentes razas de cerdos, el número diferente de animales o los métodos de muestreo sanguíneo y procedimientos de detección del estro (34).

Zlicik et al. reportaron que el periodo copulatorio tan prolongado en los cerdos afecta el sistema nervioso y las vías de receptores en cervix y vagina, causando cambios en los patrones de liberación, lo que sugiere que el apareamiento natural puede modular el surgimiento preovulatorio prolongando la duración de liberación de LH antes que por el incremento en las concentraciones en plasma sanguíneo (110). Mientras que otros investigadores reportan concentraciones más altas de LH en plasma de cerdas después de la copulación (50) y Pursel et al. mencionan que apareando cerdas con un semental vasectomizado después de la IA no se mejora la fertilidad o el tamaño de la camada (72).

Experimentos previos han demostrado que una inyección de benzoato de estradiol (OB) en cerdas destetadas provoca un surgimiento de LH preovulatoria 55 horas después de la inyección y entre 38 y 42 horas después. Sin embargo,

FIGURA 3. INICIO DEL ESTRO EN RELACION AL PICO DE LH EN CERDAS QUE PRESENTAN SIGNOS FISICOS DE ESTRO



FUENTE: SREENAN AND DISKIN (1986).

cuando se comparó con cerdas bajo control se observó una reducción significativa en el índice de ovulación cuando se administraron 60 μg de OB/Kg de peso corporal en el día 0 ó día 1 después del destete, y cuando se redujó la dosis a 30 μg de OB/Kg de peso corporal y se retrasó el tratamiento hasta el día 2, se produjo una reducción significativa en el índice de ovulación (52).

En otros estudios similares se involucraron cerdas primerizas híbridas que fueron asignadas a 1 de 4 tratamientos: monta natural; inseminación artificial (IA semen completo); IA (plasma seminal), o grupo control (sin aparear). El análisis de LH en plasma reveló concentraciones similares en todos los grupos en el día de estro, pero valores más altos ($P < 0.05$) en primerizas apareadas naturalmente. La concentración media de LH el primer día después del inicio del estro fueron más altos ($P < 0.01$) en primerizas apareadas (2.74 ± 0.54 ng/ml) que en primerizas inseminadas con semen completo (0.89 ± 10 ng/ml), inseminadas con plasma seminal (1.02 ± 0.13 ng/ml) y el grupo control (0.92 ± 0.11 ng/ml). Las concentraciones de LH en el plasma de cerdas primerizas preñadas tiende a estar más alto después del día 9. Lo que sugiere que el coito puede prolongar el surgimiento de LH (110).

C) Métodos de detección del estro

Detectar correctamente el tiempo durante el cual las hembras entran en estro, es importante para obtener buenos resultados con la IA del ganado porcino; y viene siendo esencial verificar los calores con cuidado y rutinariamente (43,96). Observar a las cerdas primíparas y pluríparas con intervalos de 12 horas (2 veces al día), en la mañana y nuevamente en la tarde, capacita para predecir el tiempo

apropiado para el apareamiento o IA, como al más comunmente empleado de 7 a 8 y de 16 a 17 horas de intervalo (96). No obstante no se debe intentar la corroboración de los calores a la hora de la alimentación o cuando ha terminado toda actividad en los corrales. La presencia de un semental masticando, gruñendo, oliendo y trompeando es de gran ayuda en la detección del calor de las cerdas primíparas o multiparas (43).

No siempre las cerdas adultas o primerizas reaccionan de la misma manera. Sin embargo, el esquema del calor o estro es siempre el mismo (figura 1). Varios signos en las cerdas indican que van a entrar en calor, algunas veces estos aparecen hasta 4 días antes del estro, y son los siguientes: inflamación y enrojecimiento de la vulva, descargas mucosas a través de la vulva, interés por el semental, juega con él agresivamente antes de permitir ser montada, persigue a otras cerdas intentando montarlas (pero todavía no se para firmemente con el fin de ser montada) y se frota bruscamente el área de sus flancos (39,43,96). Después de que una hembra entra en estro, frecuentemente emite gruñidos, asume una posición rígida y levanta las orejas cuando es montada (por un semental u otra cerda) o cuando se le aplica presión dorsal. (figuras 4 y 5) (96).

En ciudades con medio ambiente tropical y subtropical la longitud e intensidad del periodo estrol es muy variable, por lo que se recomienda vigilar a las cerdas para estro por lo menos un mínimo de 2 veces al día, de preferencia a las 6.00 y a las 18.00 horas aproximadamente (39).

Las investigaciones han indicado que el tiempo apropiado de inseminación es importante para obtener altos índices de concepción con la IA en el ganado porcino. Esto

**FIGURA 4. DETECCION DEL ESTRO POR MEDIO DE LA PRUEBA DEL CABALGUE
PERMITIENDO CONTACTO VISUAL, TACTIL, AUDITIVO Y OLFATORIO
POR MEDIO DE UN SEMENTAL.**

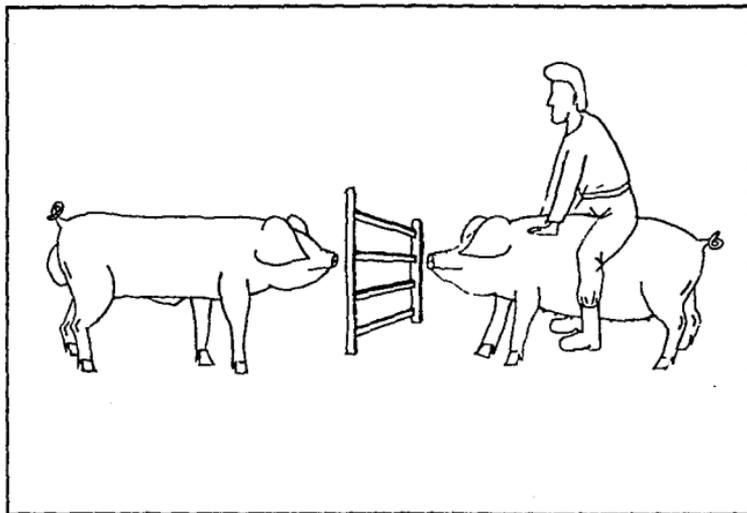
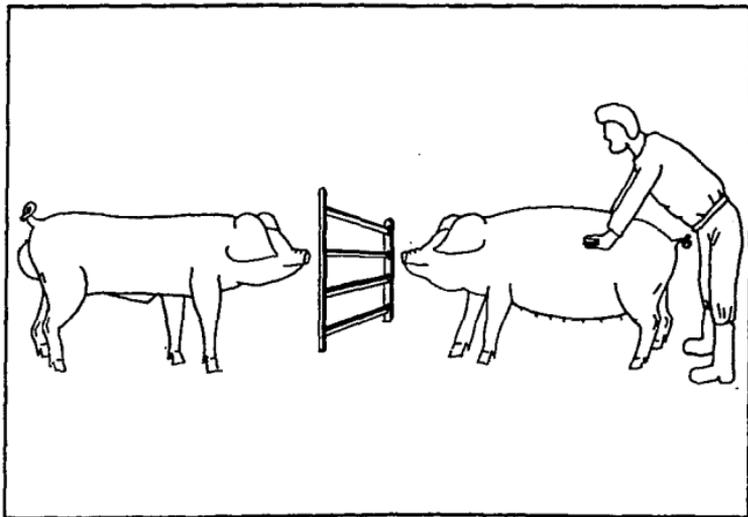


FIGURA 5. DETECCION DEL ESTRO POR MEDIO DE LA PRESION DORSAL PERMITIENDO CONTACTO VISUAL, TACTIL, AUDITIVO Y OLFATORIO POR MEDIO DE UN SEMENTAL.



es particularmente útil cuando se usa semen congelado, a causa de que su vida es relativamente corta dentro del tracto reproductivo de la cerda. Por el contrario, una mayor labor es necesaria para la detección del estro, incluso el empleo físico de los sementales y muchos productores carecen de la habilidad o del tiempo indispensable en la detección del inicio del estro, por la poca observación y/o la ausencia de estimulación manual (32).

a) Observación visual

Este método requiere de personal experimentado que sea capaz de detectar los signos físicos del estro, tales como: inflamación y enrojecimiento de la vulva, descargas mucosas a través de la vulva, orejas erectas, inquietud, cambios de conducta, intentos de montar a otras cerdas, emisión de gruñidos, pérdida del apetito, etc. Este procedimiento debe efectuarse generalmente 2 veces al día, en la mañana y nuevamente en la tarde y no se debe intentar la constatación del calor a la hora de los alimentos o durante alguna actividad de manejo o vacunación (10,14,39,92).

b) prueba del cabalgue o de la presión dorsal

Una respuesta positiva a la prueba de la presión dorsal en presencia o ausencia del semental (figura 4 y 5), ha sido considerada como el método óptimo para identificar el tiempo correcto para inseminar una sola vez dentro del periodo de estro (78).

La dificultad para obtener una respuesta positiva a la prueba de la presión dorsal en todos los animales, en ausencia del semental, ha llevado al desarrollo de un aerosol de aroma sintético del semental con el fin de obtener los signos físicos estrales. El Boar mate y el SOA

(aerosol de aroma sintético) son empleados para determinar casos difíciles de cerdas primiparas o multiparas que presentan estro pero cuyos signos físicos estrales no son perceptibles. El aerosol contiene una solución del mismo compuesto de ferhormonas que existen en el semental, las que son responsables del aroma del verraco. Estos aerosoles son empleados en ciudades con piaras pequeñas o por quienes carecen de un semental celador (78).

c) Semental celador

La detección del estro, a través de este método, generalmente se lleva a cabo 1 ó 2 veces al día (mañana y tarde), (15, 20, 24 34, 45, 52, 62, 65, 75, 106, 107, 108), lo que permite el contacto visual, auditivo, táctil y olfatorio, entre un semental y una cerda a través de puertas abarrotadas (52), o adentro de los corrales, y todas las cerdas que se dejan montar por los sementales son consideradas en estro, pero la intromisión no se permite, con lo que se evita la cópula (15,65).

d) Semental maduro

La detección del estro por medio de este método requiere de un semental sexualmente maduro, el cual camina a través de un pasillo intermedio entre los corrales, lo que le permite al semental y a las cerdas tener contacto visual, táctil, auditivo y olfatorio a través de puertas abarrotadas, y todas las hembras que presentan una respuesta positiva al contacto del semental son consideradas en estro (96).

e) Instrumentos para detectar el estro

1) WALSMETA

Es un aparato que fue desarrollado en Inglaterra; mide los cambios físicos y biológicos que existen en la mucosa vaginal de las cerdas primíparas o pluriparas durante el estro; ahí la resistencia más baja coincide con el tiempo óptimo para la procreación, ya que existe un decremento en la producción de moco cervical. Aunque su eficiencia está basada en el registro de los cambios de la mucosa vaginal y en el rendimiento reproductivo, el uso del instrumento walsmeta parece ser limitado, ya que los animales deben ser observados y monitoreados a intervalos cortos, lo que involucra un mayor manejo (7,32,96). El walsmeta detecta, además, el momento de la ovulación por lo que puede ser utilizado para señalar con más precisión el tiempo apropiado para inseminar. Gracias a este instrumento se puede usar una sola inseminación debido a la exactitud con que se indica el tiempo óptimo para el apareamiento natural o IA, y de esta manera se mejora el índice de concepción así como el tamaño de la camada (32,96).

2) ES-PROBE

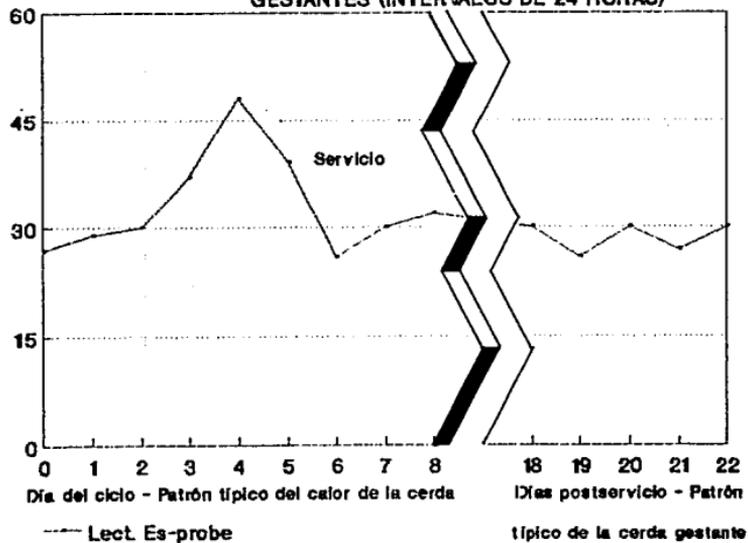
El ES-PROBE es un sistema computarizado que detecta el momento de la ovulación indicando con exactitud el periodo reproductivo de la cerda, el cual puede ser usado en conjunción con la IA o apareamiento natural. Este también puede usarse para cerciorarse del retorno del siguiente calor (animales sin preñar) de 18 a 22 días después del apareamiento, lo que es más rápido que cualquier método electrónico. Durante el ciclo estrol, la composición del moco vaginal cambia como resultado del desarrollo folicular

y la producción de estrógenos. El ES-PROBE mide específicamente estos cambios diminutos señalando la ovulación y midiendo la conductibilidad del moco vaginal. Las mediciones de las lecturas son tomadas a partir del primer día después del destete y continúan hasta que las lecturas alcanzan un aumento de por lo menos 15% (figura 6). Las cerdas preñables, con menos montas, disminuyen los requerimientos de trabajo e incrementan la productividad de la pía. En la cerda, una sola inseminación con el ES-PROBE produce camadas equivalentes a las de cerdas con apareamientos múltiples. Un estudio de la Universidad estatal de IOWA, en donde evaluaron la conductibilidad del moco vaginal en 100 cerdas, concluye que una sola monta a 24 ó 36 horas es comparable a lo que se logra con cerdas control apareadas 2 veces (21).

2.1) Procedimiento recomendado para usar el ES-PROBE

- Desinfecte la sonda con toallas desechables.
- Lave el área de la vulva.
- Inserte la sonda en la vagina.
- Siga las instrucciones de pantalla del ES-PROBE.
- El ES-PROBE empieza la lectura de la conductibilidad.
- Retire el ES-PROBE (la identificación del animal y su lectura son automáticamente almacenadas y pueden ser trasladadas a una computadora personal, si lo desea) (43).

ESQUEMA 6. ESQUEMATIZACION CLASICA DE LAS LECTURAS DE ES-PROBE PARA CERDAS EN ESTRO Y GESTANTES (INTERVALOS DE 24 HORAS)



FUENTE: DEKALB SWINE BREEDERS, INC. 1991

3) ESTRON

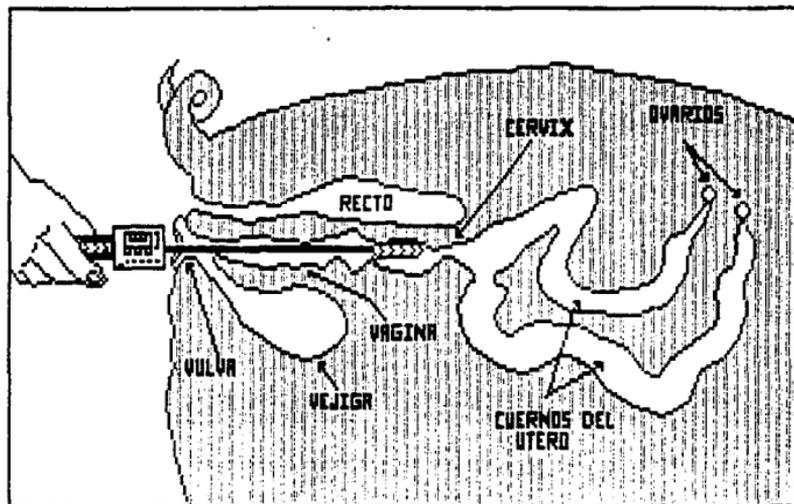
Desarrollado recientemente en los Estados Unidos de Norteamérica, el ESTRON identifica el tiempo apropiado para aparear cerdas que no presentan signos visibles de estro pero que sí ovulan (calor silencioso). Además puede usarse en la identificación de cerdas preñadas o abiertas a 21 días después del servicio revisandolas los días 18, 20 y 22, después del apareamiento. El ESTRON puede predecir la ovulación, mejorar el índice de concepción y el tamaño de la camada, eliminando la necesidad de un semental celador para detectar el calor, además permite la realización de apareamientos sencillos sin decrementar la fertilidad. El ESTRON determina el momento de la ovulación. El sistema identifica el tiempo ideal de la reproducción en cada hembra, aproximadamente 24 horas antes de que ocurra; este instrumento también puede usarse para observar los ciclos de estro que ocurren de 18 a 22 días después del servicio. El ESTRON detecta los cambios en los niveles hormonales y mide la resistencia eléctrica del moco cervical. Cuando el estro de una cerda se aproxima, ocurren cambios en sus niveles hormonales de progesterona y estrógeno. La progesterona disminuye y los estrógenos aumentan. El ESTRON mide estos cambios e indica cuando ocurrirá la ovulación (21).

3.1) Como usar el ESTRON

- Limpie el polvo o materia fecal de la vulva de la hembra, que pudisen entrar en la vagina.
- Desinfecte la punta y la sonda del instrumento mediante la inmersión de la sonda en una solución de cloro.

- Limpie y seque bien la sonda o eje con una toalla de papel desechable.
- sumerja la sonda en agua limpia y tibia. No la seque.
- Inmediatamente introduzca la sonda o eje mojado en la hembra, pasando la barra horizontalmente a través de la vulva hasta el final del tracto vaginal. Cuando encuentre un poco de resistencia del cérvix la barra estará en posición correcta (figura 7).
- Cuando la barra esté en posición, apriete y suelte el botón de arranque. Utilizando movimientos de la muñeca, voltee la barra a la derecha y a la izquierda, con medios giros (haga dicha rotación por aproximadamente 4 segundos).
- Mantenga la barra quieta contra el cérvix hasta que el estron suene (el estron suena cuando la lectura ha sido tomada, aproximadamente 8 segundos después de apretar el botón de arranque).
- Saque la barra y apunte la lectura, el estron se apagará automáticamente después de un minuto.
- Limpie y seque la barra con una toalla de papel desechable y repita los pasos del 1 al 7. No es necesario que el estron esté apagado antes de empezar la próxima lectura. Cuando el botón de arranque es presionado, éste limpia automáticamente el sistema electrónico y da principio nuevamente al mecanismo del tiempo.

**FIGURA 7. POSICION CORRECTA PARA TOMAR LAS LECTURAS CON EL ESTRON PARA
DETECTAR EL ESTRO (AUN EN ANIMALES QUE PRESENTAN ESTRO
SILENCIOSO) POR MEDIO DE MEDICIONES DE MODO CERVICAL.**



FUENTE : DEKALB SWINE BREEDERS, INC. (1990).

3.2) Interpretación de la lectura del ESTRON

Cada piara tiene fluctuaciones diferentes con el ESTRON, debido a la presencia de variables como la alimentación, las de índole genético y la composición mineral del agua que bebe. Se deben establecer modelos de los tiempos de calor. Esto puede ser hecho revisando a la hembra destetada, que va a ser apareada, y asentando las lecturas para desarrollar patrones o modelos de la piara.

3.3) Producción o crianza de cerdos

Realizar las lecturas desde el primer día después del destete y continuar diariamente el examen hasta que los valores aumenten por lo menos a 95. Aparear a la hembra de 24 a 48 horas después de que la lectura esté 5 puntos o más arriba de la lectura más baja tomada (figura 8 e interpretación en la tabla 1).

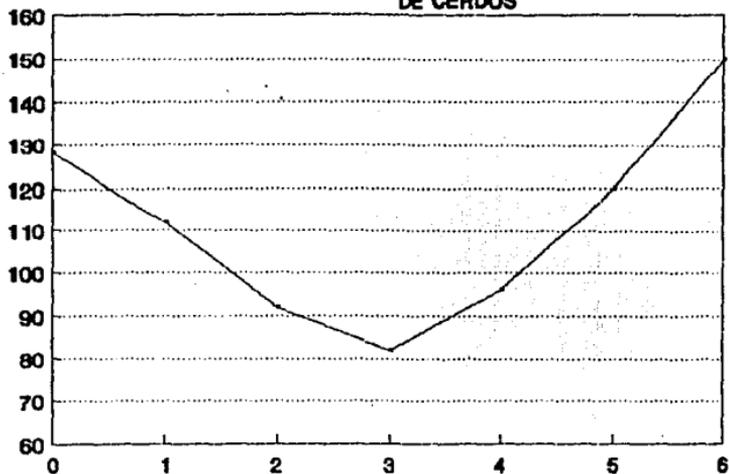
3.4) Cerdas gestantes

Las lecturas deben ser tomadas diariamente a partir del día 18 y continuar el día 22 después del servicio. Si las lecturas permanecen en 95 ó más, la probabilidad de preñez es muy alta (figura 9; modelo típico de no retorno a estro).

3.5) Retorno a calor

Las lecturas deben ser tomadas diariamente empezando el día 18 y continuar el día 22 después del servicio. Si la cerda está entrando en calor, su lectura disminuirá a menos de 95. Continúe examinándola hasta que los valores aumenten. Aparear a la hembra 24 y 48 horas después de que la lectura esté 5 puntos o más por arriba de la lectura más baja tomada (figura 10, e interpretación de la tabla 2; modelo típico de recurrencia a estro).

**ESQUEMA 8. ESQUEMATIZACION CLASICA DE LAS LECTURAS
DEL ESTRON PARA REPRODUCCION O CRIANZA
DE CERDOS**



— Día del ciclo

La fluctuación de la pira puede ser mayor
o menor que el de este ejemplo

FUENTE: DEKALB SWINE BREEDERS, INC. 1990

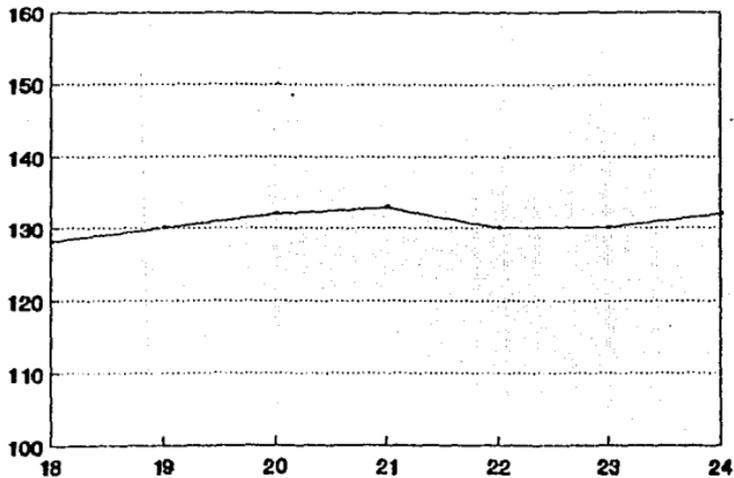
TABLA 1. INTERPRETACION DE LAS LECTURAS DEL ESTRON
EMPIEZA EL PRIMER DIA DESPUES DEL DESTETE

Identificación	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º
111	120	93	83	91	114 s	s	
222	114	76	95	151 s	s		
333	128	95	85	110	s	s	
444	131	98	94	92	99	125 s	
555	97	97	97	124	s	s	
666	69	89	117 s	132			
777	91	79	82	157	164 s	s	
888	85	80	85	141	s		
999	120	95	91	87	114	s	s
123	87	80	82	105	s	s	

s = servicio.

FUENTE: Dekalb Swine Breeders, Inc., 1990.

**ESQUEMA 9. MODELO TÍPICO DE NO RETORNO A ESTRO
(LECTURAS DE ESTRON)**

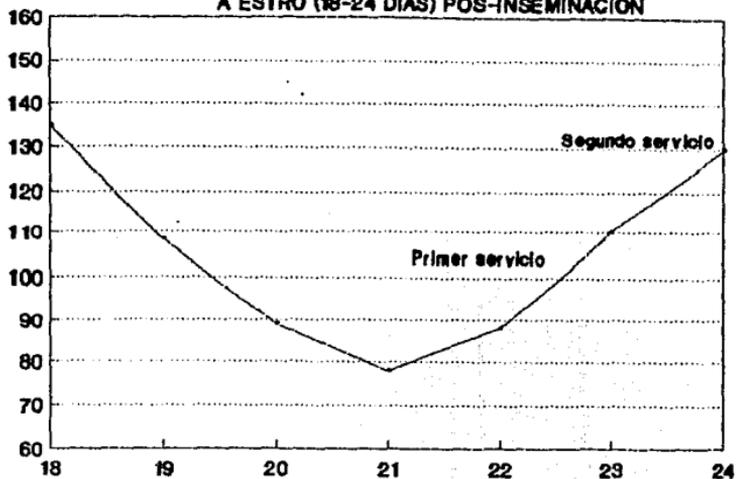


— Día del ciclo

Las fluctuaciones pueden ser más altas o más bajas
que las de este ejemplo

FUENTE: DEKALB SWINE BREEDERS, INC. 1990

ESQUEMA 10. ESQUEMATIZACION CLASICA DE LAS LECTURAS DEL ESTRON EN CERDAS QUE RETORNAN A ESTRO (18-24 DIAS) POS-INSEMINACION



— Día del ciclo

La fluctuación puede ser mayor o menor que el ejemplo

FUENTE: DEKALB SWINE BREEDERS, INC. 1990

TABLA 2. LECTURAS DEL ESTRON, FORMA PARA ASENTAR
EL DIAGNOSTICO DE PREÑEZ

Ejemplo: s = servicio ; p = preñez.

Identificación	+ 17	+ 18	+ 19	+ 20	+ 21	+ 22	+ 23
101	125	131	127	123	135	131	132 p
202	131	127	121	127	123	131	123 p
303	104	110	74	74	91	s	s
404	92	94	90	97	s	s	
505	123	135	135	132	123	133	127 p
606	99	85	85	80	87	s	s
707	164	102	85	89	95	112 s	s
808	114	119	140	141	127	129	131 p
909	123	97	124	127	127	131	131 p
340	105	81	64	72	97 s	s	

FUENTE: Dekalb Swine Breeders, Inc., 1990.

D) Resultados de estudios comparativos sobre la detección del estro

Mucci y Takatsy reportaron los resultados de un experimento llevado a cabo con cerdas Swedish Landrace X Large White, detectadas en estro por sementales celadores y sujetas a mediciones de la resistencia eléctrica del moco vaginal. Las lecturas se repitieron cada 3 horas y las cerdas con lecturas de 36 a 50 ohms fueron inseminadas. El tiempo óptimo de inseminación fue de 24 a 30 horas después de la detección de estro. Para estas cerdas, el índice de concepción con primera inseminación fue de un 90% (63). Otro estudio similar fue llevado a cabo por Majerciak et al. mediante él realizaron lecturas de la mucosa vaginal empleando el instrumento walsmeta II. Cuando la escala del instrumento leyó de 50 a 68 ohms, 684 cerdas fueron inseminadas 2 veces y 160 una sola vez. 100 cerdas bajo control fueron inseminadas cuando se les detectó estro a través de un semental celador. En los 3 grupos respectivamente, el índice de concepción fue de 69.6, 64.4 y 64%, el tamaño de la camada promedió 9.20, 8.99 y 8.98 y el número de lechones nacidos vivos por camada 8.77, 8.43 y 8.67 (56). paralelamente se hizo una investigación llevada a cabo por Majerciak et al.; se involucraron cerdas primíparas y pluríparas bajo control diagnosticadas en estro por un semental celador; el índice de concepción con una sola inseminación fue de 64%, el tamaño de la camada promedió 8.98 y el número de lechones nacidos vivos por camada 8.67. En 18 648 cerdas primíparas y 22 pluríparas, en las cuales midieron la resistencia eléctrica de la mucosa vestibular, las lecturas del aparato walsmeta II en 2 ocasiones (mañana y tarde) fueron de menos de 49, 50 a 68 y más de 68 ohms respectivamente; el índice de concepción con

doble inseminación (después de la segunda lectura y 12 horas más tarde) fue de 33.3, 69.6 y 36.4%, el tamaño de la camada promedió 9.17, 9.20 y 9.25, y el número de lechones nacidos vivos por camada promedió 8.33, 8.77 y 8.25. En 25, 160 y 2 hembras en las que la lectura en una sola ocasión fue por arriba y que habían sido inseminadas una sola vez, el índice de concepción fue de 32.0, 64.4 y 0%, el tamaño de la camada promedió 6.75 y 8.99 (sólo los 2 primeros grupos) y el número de lechones nacidos vivos por camada 6.50 y 8.43. Se concluye que empleando el aparato walsmeta II, los índices de concepción más altos fueron obtenidos por cerdas pluríparas que por primíparas en estro (72.7-91.7 vs 56.8-70.6) (57).

E) Sincronización del estro

El control exitoso del estro y la ovulación en primerizas prepúberes ha sido el objetivo de diversos estudios, en donde se establece que, exponiendo cerdas primerizas a un semental maduro, se puede obtener la pubertad; pero el inicio de la pubertad es esporádico e inapreciable (104).

Un sistema efectivo para la sincronización del estro, seguido por un tiempo fijo de IA ahorra tiempo, y se eliminaría la incertidumbre sobre cuando inseminar (53). Un método efectivo de sincronización de estro en el ganado porcino proporciona un instrumento de manejo útil para reducir el trabajo requerido para detectar el estro y facilitar el empleo de la IA (73).

Un método alternativo para mejorar la sincronización del estro y la ovulación es el empleo de hormonas exógenas. Con estas hormonas es posible controlar el periodo del estro y la ovulación en grupos de cerdas primerizas, lo cual se puede lograr usando un progestágeno oralmente activo. El grado de sincronización es reducido. Sin embargo, cuando el Allyl trenbolone (AT) es empleado, los animales no ciclan (104). Otro progestágeno empleado es el Metallibure, el cual ha probado ser altamente efectivo en la sincronización del estro en el ganado porcino, pero éste no puede ser usado debido a sus propiedades teratogénicas.

Los progestágenos no han sido empleados satisfactoriamente en el control del estro debido a una incrementada incidencia de folículos quísticos y fertilidad decrementada en el primer estro postratamiento. Nuevos progestágenos oralmente activos han sido reportados por controlar el estro en los cerdos sin producir quistes foliculares o reducir subsecuentemente la fertilidad (73).

a) Sincronización natural del estro

La sincronización natural del estro puede llevarse a cabo destetando cerdas en grupo, lo que permite que las cerdas se sincronicen en su estro en una medida limitada (32). Sin embargo, transportando cerdas primíparas de 6 meses de edad y exponiéndolas diariamente a sementales maduros, muchas veces se desencadenan y sincronizan los ciclos estrales y aunado esto a un programa de IA, resulta un beneficio completo, por ser un instrumento importante en el manejo de los animales, sin incluir los costos de los sementales extras necesarios para un programa reproductivo (96).

b) Sincronización artificial del estro

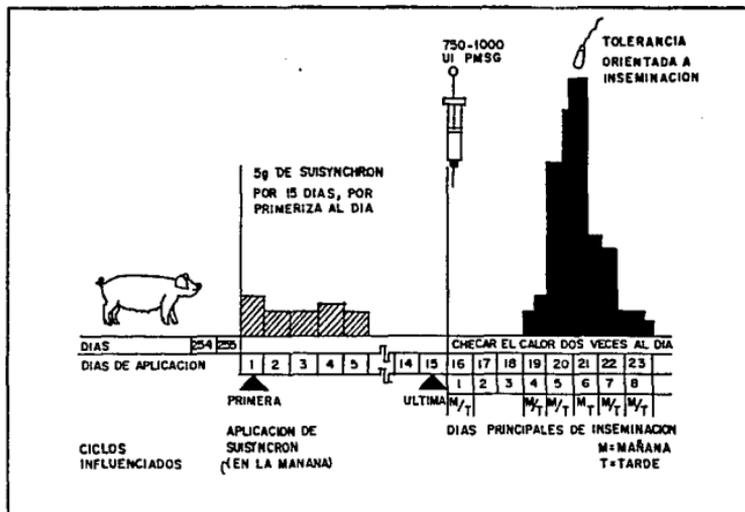
El límite de los métodos biotécnicos para controlar el inicio del estro y la ovulación, inseminación y partos de cerdas primíparas y multiparas que son empleados, están gobernados por sus técnicas y eficiencia económica, producción de sustancias apropiadas por la industria farmacéutica y por la comodidad y seguridad con que éstas pueden ser aplicadas bajo condiciones prácticas (40).

Huhn y König han descrito un método biotécnico para sincronizar el estro y la ovulación en cerdas primerizas. Las hembras que van a ser apareadas se seleccionan cuidadosamente por madurez sexual, peso vivo y edad, éstas son confinadas durante un periodo de 7 días antes de iniciarse el tratamiento. Este involucra la administración oral de la preparación Suisynchron-Praxix. El Suisynchron probablemente actúa sobre el sistema hipófisis-hipotálamo bloqueando las gonadotropinas o directamente en la vía de liberación de los factores que liberan a las gonadotropinas. Este es seguido 24 horas después con una inyección de gonadotropina del suero de

yegua preñada (PMSG). Puede esperarse que de 85 a 90% de las hembras tratadas manifiesten estros fértiles dentro de los 4 y los 7 días posteriores al tratamiento con Suisynchron. El procedimiento empleado en la práctica está esquematizado en la figura 11. El calor aparece comúnmente en la mayoría de los animales al quinto o sexto día. Es necesario revizar cuidadosamente el calor para determinar el momento óptimo de la IA; se recomienda aplicar 2 inseminaciones por estro, la primera inseminación (IA₁) debe llevarse a cabo de 7 a 14 horas después de haber detectado el estro, y la IA₂, de 20 a 26 horas luego de que se distinguió el estro. Está comprobado que las preparaciones de Metallibure administradas erróneamente a cerdas preñadas produce malformaciones en los lechones. Este efecto teratogénico fue confirmado repetidamente en la República Democrática de Alemania así como en diversas partes. Esta técnica de sincronización de estro en cerdas prepúberes también ha sido probada en condiciones tropicales y subtropicales, con buenos resultados (40).

Con el objeto de intensificar la reproducción en el ganado porcino y mejorar el manejo reproductivo, más métodos han sido descritos para permitir la sincronización de la ovulación y el tiempo de inseminación. El método que comúnmente era empleado en la República Democrática de Alemania y que fue aplicado a casi el 60% de las cerdas primíparas y multiparas inseminadas, se basaba en el empleo de sustancias que estimularan la ovulación; de esta manera se aseguraba que todos los animales tratados ovularían al mismo tiempo, y simultáneamente podrían ser inseminados. Esto se lleva a cabo administrando a las hembras una inyección de gonadotropina coriónica humana (HCG) o de la hormona liberadora de gonadotropinas (preparación sintética

FIGURA 11. SINCRONIZACION DEL CALOR Y TOLERANCIA ORIENTADA PARA LA INSEMINACION DE PRIMERIZAS



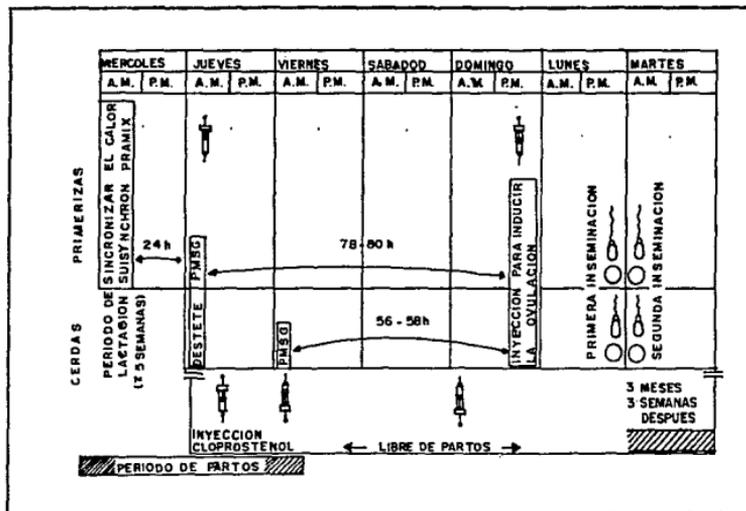
FUENTE : HUNG AND KONIG (1989).

Gn-RH Gonavet "Berlin Chemie"). El intervalo entre las inyecciones de HCG y Gn-RH depende de la paridad y del tiempo de lactación. Las cerdas primerizas tratadas ovulan dentro de un corto periodo y pueden ser inseminadas a la hora más conveniente. Con este método, los animales son inseminados 2 veces. La primera vez de 24 a 26 horas después de la inyección de Gn-RH, y la segunda 40 horas (en cerdas primíparas) y 42 horas (en cerdas multiparas) después de la inyección con la hormona estimuladora de la ovulación. El mejor intervalo antes de la inyección de Gonavet "Berlin Chemie" varía con el tiempo de destete como a continuación se presenta: por lo menos en 5 semanas, 56 a 58 horas; en 4 semanas, 72 horas, y en 3 semanas, 78 horas aproximadamente. Muchas granjas organizan sus operaciones en un ciclo de 7 días, usando los procedimientos mostrados en la figura 12. El ejemplo ilustra lo empleado en la práctica, asegurando un fin de semana libre de partos (40).

c) Resultados de estudios comparativos sobre la sincronización del estro empleando sustancias químicas

Pursel et al. llevaron a cabo un experimento para sincronizar el estro en cerdas primerizas empleando un progestágeno oralmente activo, Allyl Trenbolone. Las cerdas primerizas que presentaron estro la misma semana, como las tratadas, sirvieron de controles. Las hembras fueron revizadas para saber si había estro en ellas con un semental celador 1 vez al día durante el tratamiento con el progestágeno, y 2 veces al día después de la cesación del tratamiento. En el inicio del estro, las hembras tratadas y sin tratar fueron asignadas azarosamente para recibir servicio natural o IA con semen congelado. El primer servicio natural lo recibieron después de que el estro fue

FIGURA 12. REPRODUCCION PROGRAMADA EN GRANJAS REPRODUCTORAS DE CERDOS USANDO UN CICLO DE 7 DIAS.



FUENTE : HUNG AND KONIG (1989).

detectado, y el segundo servicio, de 18 a 24 horas más tarde. La primera IA de 10 a 16 horas y una segunda IA de 24 a 28 horas después de detectar el estro. El semen fue de cerdos Duroc, Yorkshire y Hampshire. El esperma fue congelado por el procedimiento Beltsville. Cada dosis contenía de 3 a 6 X 10^D espermatozoides envasados en pellets de 10 ml y descongelados en 45 ml de solución descongeladora Beltsville (BTS) precalentada a 52°C en un baño María (volumen de inseminación 55 ml) ó 70 ml de BTS precalentado a 42°C (volumen de inseminación 80 ml). Los datos de los índices de partos fueron probados por el análisis de Ji-cuadrada, y el tamaño de la camada mediante el procedimiento del modelo lineal general del sistema de análisis estadístico. El inicio del estro fue altamente sincronizado después del tratamiento con Allyl Trenbolone (tabla 3). El intervalo promedio desde el último día del tratamiento hasta el estro fue de 5.6 días, un total de 76% de las cerdas primerizas tratadas presentaron estro. Sólo 2 de las hembras tratadas fracasaron para presentar estro después del tratamiento. El índice de partos y el tamaño de la camada entre las cerdas sincronizadas fue similar entre las primerizas sin tratar (70.3 vs 73.5%; P = 0.72; tabla 4). El índice de partos entre hembras sincronizadas y sin tratar inseminadas con esperma congelado no fue significativamente más bajo (48.3 vs 56.7%; P = 0.51). Sin embargo, el índice de partos de inseminadas con esperma congelado fue más bajo que el de las apareadas por servicio natural (52.5 vs 89.6%; P < 0.0001). El índice de partos entre primerizas apareadas por cada uno de los animales que aportaron el semen congelado varió desde 40 hasta 60%. El promedio total y los tamaños de la camadas de lechones nacidos vivos y el tamaño de la camada al destete fueron más

**TABLA 3. NUMERO DE PRIMERIZAS PRESENTANDO ESTRO
DESPUES DE LA ADMINISTRACION DE
ALLYL TRENBOLONE ^a**

Concepto	Día de inicio de estro ^b				Sin estro
	4	5	6	7	
No. de primerizas	3	26	20	9	2
% total	5.0	43.0	33.0	15.0	3.0

^a Número total de primerizas tratadas = 60.

^b Día de la última alimentación de allyl trenbolone = día 0.

FUENTE: Pursel et. al., (1981).

TABLA 4. INDICE DE PARTOS Y TAMAÑO DE LA CAMADA DE PRIMERIZAS SINCRONIZADAS Y SIN SINCRONIZAR CON ALL Y L TRENBOLONE APAREADAS POR SERVICIO NATURAL E INSEMINACION ARTIFICIAL CON SEMEN CONGELADO

Concepto	Sincronizadas			Sin tratar		
	NS ^a	FS ^b	Combinado	NS ^a	FS ^b	Combinado
No. de primerizas apareadas	29	29	58	38	30	68
No. de primerizas paridas	27	14	41	33	17	50
Indice de partos, %	93.1	48.3	70.7	86.8	56.7	73.5
Tamaño de la camada total **	11.0 ± .40	9.6 ± .61	10.5 ± .35	10.3 ± .45	6.8 ± .79	9.1 ± .46
Tamaño de la camada vivos **	10.3 ± .43	9.8 ± .63	9.9 ± .36	10.3 ± .43	6.8 ± .84	8.8 ± .47
Tamaño de la camada destetada **	9.0 ± .52	8.4 ± .62	8.8 ± .40	9.1 ± .32	5.5 ± .64	7.9 ± .39

^a NS = servicio natural.

^b FS = semen congelado.

** Mean ± SD = Media ± desviación standard.

FUENTE: Pursel et. al., (1981).

pequeños en hembras sin tratar, inseminadas con esperma congelado que en sincronizadas inseminadas con semen congelado y sin tratar, apareadas por servicio natural ($P < 0.003$ para cada comparación). El promedio del tamaño de la camada en las hembras sincronizadas apareadas por servicio natural no fue significativamente más grande que en las sincronizadas inseminadas con esperma congelado y que en las sin tratar apareadas por servicio natural. El tamaño de la camada más grande de cerdas primerizas sincronizadas inseminadas con esperma congelado pudo haber resultado del transporte espermático mejorado o de un índice de ovulación más alto entre estos animales. El índice de partos fue reducidamente más alto y el tamaño de la camada más grande en cerdas primerizas inseminadas con 80 ml de esperma congelado descongelado a 42°C que en las inseminadas con 55 ml de semen congelado descongelado a 52°C aunque las diferencias no fueron significantes (tabla 5), se concluye que el Allyl Trenbolone es altamente efectivo sincronizando el estro en cerdas primerizas. Además, después de la IA con semen congelado, el índice de partos y el tamaño de las camadas fueron significativamente más grandes en las cerdas primerizas sincronizadas que en las sin sincronizar (73).

Otro estudio llevado a cabo por Davis *et al.* en donde compararon la fertilidad de cerdas primerizas inseminadas artificialmente a un tiempo predeterminado (IA programada), después de la sincronización del estro con Altrenogest fue cotejado con el de primerizas revisadas para el estro (estro revisado) e inseminadas después del tratamiento con el Altrenogest. El esperma fue colectado de sementales Yorkshire y Duroc y almacenado por no más de 24 horas de 15 a 18°C antes de la inseminación. Cada dosis contenía un mínimo de 3×10^6 espermatozoides móviles

TABLE 5. INDICE DE PARTOS Y TAMAÑO DE LA CAMADA EN PRIMERIZAS INSEMINADAS CON 55 ML ó 80 ML DE SEMEN

Concepto	Volumen de inseminación	
	55 ml	80 ml
No. de primerizas apareadas	29	30
No. de primerizas paridas	13	18
Índice de partos, %	44.8	60.0
Tamaño de la camada total, media \pm SD	7.7 \pm .57	8.4 \pm .87
Tamaño de la camada viva, media \pm SD	7.3 \pm .57	7.9 \pm .94
Tamaño de la camada dentada, media \pm SD	6.6 \pm .54	7.0 \pm .81

FUENTE: Pursel et. al., (1961).

diluidos en 100 ml en un diluyente de yema de huevo-glucoasa-bicarbonato. Todas las hembras fueron inseminadas con espermatozoides de por lo menos 2 sementales. La detección de estro se continuó hasta el día 14 después de la última alimentación con Altrenogest. La sangre se colectó en ambos grupos de 15 a 17 días después de la última alimentación con altrenogest y la progesterona en el suero se determinó por radioinmunoensayo. Las primerizas con menos de 1 ng/ml de progesterona en el suero se consideraron anovulatorias durante el periodo reproductivo. Los datos de las camadas fueron analizados por el método de variación por tratamiento, prueba y tratamiento X ensayos de variación incluidos en los modelos. La Ji-cuadrada fue usada para probar las diferencias del tratamiento en la proporción de primerizas ciclando y pariendo. El índice de partos y las características de las camadas están descritos en la tabla 6. Pocas inseminaciones artificiales programadas de hembras revisadas para estro ovularon después del tratamiento ($P < 0.05$). Sin embargo, la proporción de cerdas primerizas paridas, expresaron una proporción de las hembras asignadas o de las que ciclaron durante el periodo reproductivo, sin ser afectadas ($P < 0.10$) por el tratamiento. La media del tratamiento para las características de la camada en las pruebas combinadas fueron similares, aunque hubo un tratamiento X interacción de la prueba en lechones nacidos vivos ($P < 0.05$) y una tendencia en la misma interacción en el total de lechones paridos. Estas interacciones parecen ser atribuidas a la adición de 2 lechones nacidos vivos en cerdas primerizas con IA programada, mientras que 1.3 más lechones vivos fueron paridos por cerdas primerizas en estro revisado. Estos resultados indican que 3 inseminaciones después de la sincronización del estro con el Altrenogest da

TABLA 6. RESPUESTA AL PARTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CAMADA EN PRIMERIZAS INSEMINADAS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO CON ALTRENOGEST

Concepto	Característica						Total
	1	2	3	4	5	6	
No. de primerizas (No. ciclado)¹							
Estro chequeado	23 (23)	22 (22)	20 (17)	23 (20)	10 (10)	5 (5)	103 (93)
IA programada	25 (22)	21 (20)	20 (13)	23 (18)	10 (10)	5 (5)	104 (88)*
No. de primerizas partiendo							
Estro chequeado	19	19	10	15	8	4	75 (73)@
IA programada	17	20	9	11	9	4	70 (67)@
Total de lechones nacidos							
Estro chequeado	10.1 ± .6	8.8 ± .6	11.0 ± .9	11.0 ± .7	12.3 ± .1	11.0 ± .1	11.0 ± .4
IA programada	10.3 ± .7	11.4 ± .6	11.0 ± .9	10.5 ± .8	11.8 ± .9	12.0 ± .1	11.3 ± .4
Lechones nacidos vivos *							
Estro chequeado	9.5 ± .6	8.1 ± .6	10.4 ± .9	11.3 ± .7	10.9 ± .1	10.3 ± .1	10.1 ± .4
IA programada	9.9 ± .7	11.1 ± .5	11.0 ± .9	10.0 ± .9	10.0 ± .9	10.8 ± .1	10.5 ± .4
Intervalo a estro = Δ	6.0 ± .2	5.8 ± .2	7.0 ± .2	6.6 ± .2	5.8 ± .2	6.2 ± .4	6.2 ± .1

¹ Las primerizas de estro chequeado no observadas en estro y todas las primerizas de IA programada fueron determinadas por haber ciclado después del tratamiento si la progesterona en el suero excedió 1 ng/ml entre 10 y 15 días después de la última administración con altrenogest. 6 controles tuvieron progesterona en el suero más grande de 1 ng/ml pero no fueron detectadas en estro.

* Pocas primerizas con IA programada ciclaron ($P < 0.05$).

@ Porcentaje de primerizas asignadas.

Δ Tratamiento x característica de interacción ($P < .005$).

± Días a estro después del altrenogest en primerizas de estro chequeado.

FUENTE: Duane et. al., (1985).

una fertilidad similar al de primerizas revisadas 2 veces al día para el estro e inseminadas de acuerdo con el procedimiento convencional. Experimentos previos han incorporado la inyección de gonadotropinas para sincronizar el estro y disminuir la variación del intervalo a estro, y han empleado una sola IA programada. Sin embargo, estos resultados indican que una alternativa es la IA en cerdas primerizas durante 3 días consecutivos sin el uso de gonadotropinas. Quizás algunos programas de inseminación también sean efectivos. No obstante, la variación del intervalo a estro para el estro revisado indican que 3 inseminaciones pueden ser requeridas para alcanzar una fertilidad aceptable. Hubo más inseminaciones programadas de cerdas primerizas ciclando con estro supervisado. Esto pudo deberse a la estimulación de la pubertad en algunas cerdas prepúberes con estro vigilado en respuesta a la exposición del semental 2 veces al día al constatar el calor. Además esto puede ser útil para incorporar la exposición del semental a los programas de inseminación artificial para incrementar el número de cerdas primerizas que ciclan. Seis de las cerdas primerizas (4.9%) con estro revisado tuvieron más de 1 ng/ml pero no fueron detectadas en estro. Aunque se requieren más pruebas, estos resultados indican que la IA programada asociada con la sincronización del estro puede ser posible bajo condiciones prácticas (20).

Martinat et al. reportan los datos de 2 experimentos. En donde cerdas nulíparas fueron tratadas con RU-2267 (regumate), e inseminadas 2 veces con un intervalo de 24 horas, con una dosis total de 6×10^9 ó 12×10^9 espermatozoides, en los días 6 y 7 después del tratamiento o a un estro detectado. De las hembras inseminadas en estro, el porcentaje que presentaron estro entre los 5 y 8 días

después del tratamiento fue de 93.6%; este fue 97.4 y 85.7% en presencia y ausencia del semental, respectivamente, y de 90.6, 100.0 y 93.7% con hembras Large White, Landrace e híbridas inseminadas a un tiempo fijo, el porcentaje de las hembras que parieron fue de 51.3, 94.1 y 75.7%, respectivamente, y el tamaño de la camada promedió 9.0, 10.2 y 9.5. Las cifras correspondientes de las hembras inseminadas durante el estro fueron 78.3, 83.3 y 78.3% y 9.2, 9.6 y 9.6. Estos resultados no fueron afectados por la dosis de espermatozoides. Sin embargo, hubo grandes variaciones dentro y entre las piaras con ambas características. En el segundo experimento, las hembras primíparas y multiparas fueron alimentadas con regumate durante 3 días, a partir del día del destete; 72 hembras primíparas y 180 multiparas no fueron tratadas y sirvieron como controles. Las hembras fueron inseminadas 2 veces durante el mismo estro. En las hembras primíparas tratadas y sin tratar, el porcentaje que presentaron estro entre los 4 y 8 días después del tratamiento fue 82.4 y 66.7%, y el tamaño de la camada 10.5 ± 3.2 y 10.8 ± 3.1 . Las cifras correspondientes para hembras multiparas fueron 92.0 y 90.5%, 75.4 y 87.2% y 10.6 ± 3.2 y 10.8 ± 3.1 .

Lancaster et al. informaron la fertilidad de cerdas en donde el Benzoato de estradiol (OB) fue usado para sincronizar el estro postdestete en asociación con doble IA, comparándolas con cerdas control que recibieron doble inseminación durante el estro natural postdestete. Las cerdas fueron distribuidas con respecto a paridad y número de lechones nacidos vivos al destete (día 0) 21 ± 3 días de lactación, a uno de tres tratamientos: (1) inyección intramuscular (IM) de aceite en la mañana del día 2 con inseminaciones de 8 a 16 horas después del primer estro

detectado y 24 horas más tarde; (2) inyección IM de 10 μ g de OB por kg de peso vivo en el día 2 con inseminaciones en las tardes de los días 4 y 5; (3) inyección IM de 10 μ g de OB por kg de peso vivo en la mañana del día 3 con inseminaciones en las tardes de los días 5 y 6. Los resultados aparecen representados en la tabla 7. El tratamiento con OB sincronizó exitosamente el estro postdestete ya que 49/50 animales presentaron estro durante el periodo de inseminación. El índice de concepción en las cerdas del grupo 2 fue significativamente más bajo ($P < 0.01$) que en las de control, pero el índice de concepción en las del grupo 3 no difiere significativamente de los otros grupos. El número de embriones al sacrificio y el índice de sobrevivencia embrionaria fueron significativamente más bajos ($P < 0.01$) en las cerdas del grupo 2 comparándolas con las controles, pero también las diferencias entre las cerdas del grupo 3 y las de control, no establecen una diferencia significativa. El experimento demostró que una sola inyección de OB puede sincronizar exitosamente el estro pero el tiempo del tratamiento tiene un efecto crítico sobre la fertilidad. La periodicidad puede variar de piara a piara, pero el tratamiento 2 fue extremadamente precoz. El tratamiento 3 produjo resultados favorables pero probablemente también fue un poco precoz. Retrasando el tratamiento de OB hasta la tarde del día 3, es posible que los niveles de fertilidad sean más aceptables. Sin embargo, es posible que una simple reducción en la dosis de OB sea suficiente para reducir estos problemas sin afectar la sincronización del estro (51,52,53,).

Varley et al. condujeron un experimento para investigar el uso de los estrógenos y progestágenos antes del tratamiento con gonadotropinas sobre el control del

**TABLA 7. FERTILIDAD DE CERDAS DESPUES DEL TRATAMIENTO
CON BENZOATO DE ESTRADIOL (OB) DANDOLO
DESPUES DEL DESTETE**

Concepto	Control	OB día 2	OB día 3
Destete a estro (días)	5.76 ± 0.14	1A	1A
Destete a 1A (días)	-	4 y 5	5 y 6
Indice de concepción (%)	76	32	5 y 6
Indice de ovulación	18.32 ± 0.76	17.00 ± 0.93	16.64 ± 0.83
Embriones viables	11.79 ± 0.98	6.25 ± 1.22	9.07 ± 1.07
Supervivencia embrionaria (%)	64.4	36.8	54.5

FUENTE: Lancaster et. al., (1985).

estro y la ovulación en grupos de primerizas prepúberes. El experimento involucró cerdas prepúberes, las que fueron asignadas al azar a 1 de 5 tratamientos. Las hembras del grupo A recibieron Benzoato de Estradiol (OB), Allyl Trenbolone (AT) (Regumate, Hoeschst UK Ltd) y una inyección de gonadotropinas (Gn) (PG600 Intervet Laboratories Ltd). A las del tratamiento B se les administró OB y AT pero sin Gn; a las del tratamiento C se les suministro OB y Gn. Mientras que a las del tratamiento D solo se les administró OB y a las del E solo Gn. La detección del estro fue por observación visual y revisado 2 veces al día desde los 145 días hasta que las hembras fueron inseminadas. Las primerizas fueron inseminadas 2 veces durante el periodo de estro si es que estaban en estro desde los 180 días de edad. Las muestras de sangre fueron tomadas cada 4 días desde los 150 días de edad. La ovulación era confirmada cuando una muestra de plasma contenía más de o por lo menos 1.5 µg/ml de progesterona. Los datos estuvieron sujetos al análisis de varianza. El tratamiento individual entre grupos fue comparado mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan y el análisis de χ^2 fue usado para evaluar las diferencias del tratamiento en la proporción de primerizas ovulando en respuesta al tratamiento con OB y Gn. El número de cerdas que ovularon en respuesta al tratamiento con OB está presentado en la tabla 8. Aunque un total de 93.8% (45/48) cerdas presentaron estro dentro de un plazo de 10 días posterior a la inyección con OB, sólo 27.1% (13/49) ovularon. No hubo diferencias significativas entre las mediciones de los tratamientos. La tabla 9 muestra el número de primerizas que presentaron estro y ovularon en respuesta al tratamiento con Gn. Se observó que las hembras del tratamiento A presentaron una respuesta ovulatoria

**TABLA 8. COMPORTAMIENTO DE ESTRO Y RESPUESTA OVULATORIA
AL TRATAMIENTO CON BENZOATO DE ESTRADIOL
(OB) DÁNDOLO A 160 DÍAS DE EDAD**

Concepto	Tratamientos				s.e.d. entre dos medias
	A	B	C	D	
No. de primerizas					
Tratadas	12	12	12	12	
En estro+	11	11	12	11	
Ovulando+	4	3	2	4	
Intervalo medio desde inyección de OB					
Hasta estro (días)	3.1	3.3	3.3	3.3	0.3
Duración media de Estro días	2.8	2.8	2.8	2.9	0.5

+ Primerizas o en estro y ovulado dentro de 10 días de la inyección de OB.

FUENTE: Varley et. al., (1989).

TABLA 9. COMPORTAMIENTO DE ESTRO Y RESPUESTA OVULATORIA
AL TRATAMIENTO CON GONABOTROPINA (GN)
DÁNDOLO A 184 DÍAS DE EDAD

Concepto	Tratamientos			s.e.d. entre dos medias	Nivel de signifi- cancia
	A	C	E		
No. de primerizas					
Tratadas	11	12	12		
En estro +	8	11	10		
Ovulando +	4 ¹	11 ²	11 ²		**
Ovulando dos veces ++	4	2			
Intervalo medio desde la inyección					
De OB hasta el estro (días)	3.1	4.0	4.1	0.3	
Duración media de estro (días)	2.8	1.8	1.9	0.3	

^{1,2} * Numero sobre una línea con diferente sobrescrito son significativamente diferentes (P < 0.01).

+ Primerizas en estro u ovulando dentro de 10 días de la inyección de GN.

++ Primerizas ovulando dentro de 10 días de la inyección con OB y de GN.

FUENTE: Varley et. al., (1989).

notoriamente más baja (36.4%) que las de los tratamientos C (91.7) y E (91.7%) ($P < 0.01$). El número de cerdas que presentaron estro después del tratamiento con Gn no difiere significativamente entre los tratamientos. Aunque el intervalo desde la inyección con Gn hasta el estro tiende a ser más grande en las hembras del tratamiento A comparándolas con las de los tratamientos C y E, esta diferencia no es significativa. Las diferencias de la edad y del peso promedio durante el periodo de la IA fueron observadas en primerizas tratadas y sin tratar con Gn. Puede observarse en la tabla 10 que las primerizas de los tratamientos A, C y E, fueron inseminadas a una edad significativamente más joven que las de los tratamientos B y D ($P < 0.05$). Además, más primerizas que no fueron tratadas con Gn estaban en anestro, a 220 días de edad, que las tratadas con Gn ($P < 0.001$). No hubo diferencias importantes entre los tratamientos en el índice de concepción, índice de ovulación media, número de embriones viables y sobrevivencia embrionaria (tabla 11). La media de la longitud de la corona del anca del embrión (un indicador de desarrollo embrionario), en las primerizas del tratamiento A difiere significativamente de las de los tratamientos C y E (tabla 12; $P < 0.05$). La evidencia presentada sugiere que la inyección de OB o Gn es altamente efectiva en la inducción del estro en la mayoría de las cerdas prepúberes. Amplias variaciones genéticas pueden existir entre pjaras en respuesta al tratamiento con OB o Gn. En suma, factores tales como la temporada podrían ser responsables de los diferentes resultados en las distintas pjaras (93). Paterson informó que la respuesta ovulatoria al OB puede ser tan baja como de un 10% en los meses de verano (70), mientras que Stickney publicó que un nivel más alto en la dosis de OB se

TABLA 10. EDAD Y PESO DE LAS PRIMERIZAS A IA Y SACRIFICIO DURANTE LOS TRATAMIENTOS EN GRUPOS

Concepto	Tratamientos					s.e.d. entre dos medias	Nivel de signifi- cancia
	A	B	C	D	E		
Peso medio al inicio (kg)	61.3	63.3	82.0	82.2	82.4	4.0	
Edad media a IA (días)	183.3 ^a	212 @	191.2 ^a	208 @	190.2 ^a	3.3	**
Peso medio a IA (días)	99.1 ^a	130 @	105.3 ^a	120 @	105.2 ^a	5.0	*
Peso medio al sacrificio (kg)	110.1 ^a	137.5 @	117.9 ^a ,#	131 @,#	116.7 ^a	5.0	*
No. de primerizas en anestro al sacrificio	3 +	10 -	0 +	10 -	1 +		**

^a, @, #. Medias sobre una línea con diferente sobrescrito son significativamente diferentes (P < 0.01).

+,- Número sobre una línea con diferente sobrescrito son significativamente diferentes (P < 0.01).

FUENTE: Varley et. al., (1989).

TABLA 11. INDICE DE OVULACION Y SUPERVIVENCIA EMBRIONARIA
PARA LOS TRATAMIENTOS EN GRUPOS

Concepto	Tratamientos					s.e.d. entre dos medias	Nivel de signifi- cancia
	A	B	C	D	E		
No. de primerizas							
Inseminadas	8 ^a	2 [@]	12 ^a	2 [@]	11 ^a		**
Preñadas	4	2	10	2	8		
Indice de ovulación media a IA	12.0	16.0	15.4	18.0	17.6	4.1	
No. medio de embriones viables	2.0	8.5	10.6	14.5	9.4	4.3	
Indice medio de supervivencia embrionaria	16.7	53.1	68.8	80.6	53.4	19.6	

^a,[@]. Medias sobre una línea con sobrescrito diferente son significativamente diferentes (P < 0.001).

FUENTE: Varley et. al., (1989).

TABLA 12. TRATAMIENTOS DE TRACTOS REPRODUCTIVOS

Concepto	Tratamientos					S.E.D. entre dos medias	Nivel de signifi- cancia
	A	B	C	D	E		
Peso medio de los ovarios (g)	13.7	16.9	14.0	16.8	12.9	1.6	
Peso medio uterino (g)	349.0	578.5	567.6	636.0	554.9	118.9	
Longitud media uterina (cm)	256.3 ^a ,@	323.0 @,	248.1 ^a ,@	371.0 #	227.3 ^a	28.7	*
Distancia media entre: Embriones (cm)	52.8	38.3	28.1	28.2	33.1	11.7	
Longitud media de la corona del anca del embrión (mm)	7.5 x	8.8 x+	10.4 +	9.9 x+	10.5 +	0.83	*

^a,@,#. Medias sobre una línea con sobrescritos diferentes son significativamente diferentes (P < 0.01).

x,+ . Medias sobre una línea con sobrescrito diferente son significativamente diferentes (P < 0.01).

FUENTE: Varley et. al., (1989).

requiere para inducir la ovulación en los meses de verano. La aplicación combinada de AT y Gn afectó adversamente el porcentaje de primerizas ovulando en los 10 días posteriores al tratamiento con Gn (36.4% vs 91.7%, $P < 0.01$). Es posible que el eje hipotalámico-pituitaria-ovario permanezca suprimido por el progestágeno durante el tiempo en que la Gn es administrada. Los resultados muestran que el tratamiento con AT antes de la inyección con Gn tiene un efecto adverso sobre el índice de ovulación y el índice de sobrevivencia embrionaria, aunque las diferencias no son significativas. Los datos presentados en la tabla 12 indican que el desarrollo de los embriones en las hembras del tratamiento A fue impedido. Este efecto adverso podría deberse a la persistencia del progestágeno en el torrente sanguíneo del tracto reproductivo; esto pudo haber causado una proporción desbalanceada de estrógenos y progestágenos, conduciendo a un medio ambiente desfavorable para el transporte espermático, la fertilización y desarrollo de los embriones. En conclusión, los resultados indican que la administración de OB y AT antes del tratamiento con Gn no mejoran la reproducción en las cerdas prepúberes. La aplicación del AT antes de la inyección con Gn ejerce un efecto adverso en la respuesta ovulatoria y el desarrollo de los embriones. Además las investigaciones pueden ayudar a identificar si esto puede ser influido por el tiempo del tratamiento con Gn en relación con el AT (104).

Greene *et al.* reportaron los resultados obtenidos de un experimento en donde evaluaron el OB para sincronizar el estro y permitir un tiempo fijo de IA, cuando se da poco después del destete. El experimento involucró cerdas primíparas y múltiparas, a las que se les asignó recibir servicio natural, IA siguiendo la detección del estro o IA a

plazo fijo sin detectar el estro (en la tarde del día 5 y en la mañana del día 6 después del destete). Los índices de concepción fueron 88, 87.5 y 87.5 en los 3 grupos, respectivamente, y la media del tamaño de la camada de 10.0, 7.8 y 7.8. Los resultados demuestran que el tiempo fijo de IA seguido por el tratamiento con OB es posible. Sin embargo, el tamaño de la camada fue más chico después de la IA que después del servicio natural. Por lo que se concluye que el tratamiento con el estradiol es crítico (28).

Bashkeev reporta los resultados de cerdas primíparas y multíparas que fueron inyectadas con PMSG, y HCG e inseminadas 2 veces, después de la inyección de HCG. En los 2 grupos de hembras los índices de concepción fueron 67-55 y 78-82% respectivamente, y el tamaño de la camada de 8.1-8.5 y 9.6-9.8 (8). Simultáneamente Henze y Huhn reportaron los resultados en cerdas tratadas e inseminadas a plazo fijo. El método usado fue una inyección de PMSG más HCG, seguida por una primera inseminación después del tratamiento con HCG y una segunda inseminación después de la primera. De las hembras servidas 78.5% concibieron y 75.3% parieron vs 71.4 y 67.2% de las cerdas primerizas tratadas similarmente (35). Posteriormente Huhn *et al.* reportan las cifras de un experimento llevado a cabo en 5 granjas en donde las inseminaciones fueron efectuadas siguiendo un periodo de lactación de 3 a 5 semanas y sincronizando la ovulación. El tratamiento involucró una inyección de PMSG después del destete, seguida por una inyección de HCG e inseminadas después de la HCG. La inseminación de las cerdas con 2-6 partos, después de un periodo de lactación de 22 a 32 días fue comparado con cerdas inseminadas después de una lactación de 32 días. En hembras con 2-4 partos, el índice de concepción fue significativamente más bajo que en las de

una lactación menor de 32 días (62.7-68.2 vs 71.2-77.5%). En otra prueba se involucraron hembras que lactaron durante 3-5 semanas, los grupos de control fueron sincronizados como anteriormente hemos mencionado, mientras que los grupos experimentales recibieron una inyección de HCG después de la PMSG. El tiempo modificado de la HCG produjo índices de concepción significativamente más altos y tamaños de la camada más grandes dentro de los grupos con la misma lactación (3, 3-4 y 4-5 semanas) (41). Roost et al reportan los resultados de 2 granjas en donde la sincronización de la ovulación y el tiempo de inseminación fueron aplicados en cerdas destetadas después de un periodo de lactación de 43 ó 49 días. La PMSG fue aplicada después del destete seguido con HCG sola o en combinación con GnRH. Las cerdas fueron inseminadas después de la última inyección y otra vez 15 horas después. Aunque los índices de concepción fueron consistentemente más altos en hembras que sólo recibieron la HCG, no hubo diferencias notables entre el tratamiento de los grupos con respecto al índice de concepción, índice de partos o el tamaño de la camada (82).

III. METODOS Y TECNICAS DE LA INSEMINACION ARTIFICIAL

En los cerdos, el semen es depositado normalmente, por apareamiento natural o inseminación artificial (IA) directamente dentro de la cavidad uterina en grandes cantidades (62). Aunque el procedimiento de la inseminación no se dificulta, el desarrollo de los spiretes para la inseminación también han ayudado a mejorar los resultados de la IA en el ganado porcino. El uso de un catéter "Melrose" combina la facilidad del apareamiento y reduce el fluido de semen a través de la vulva asegurando la sanidad (32). Los métodos de la IA en los cerdos son más fáciles de aprender que el procedimiento para la IA del ganado bovino, debido a las diferencias anatómicas entre estas especies (43).

En la práctica, el concepto de la inseminación es una realidad viviente. El procedimiento para presentar el óvulo con la célula espermática para efectuar la fertilización convirtiéndose en no natural o "artificial" en vez de natural. En consecuencia las variaciones y limitaciones del servicio natural son reemplazadas por un procedimiento artificial que, aunque no es perfecto, abre las puertas a un mundo de ventajas sobre el servicio natural (9).

La IA es muy eficiente. Por ejemplo, se pueden tener 10 cerdas en calor dentro de un periodo de 3 días y se pueden aparear a cada una de las hembras por lo menos 2 veces, con el mismo semental. El semental sólo es colectado 1 vez. Si esto fuera hecho naturalmente el semental debería aparearse 20 veces para obtener un número igual de apareamientos.

La IA es rápida, ya que se puede hacer el apareamiento dentro del corral, y la inseminación de 5

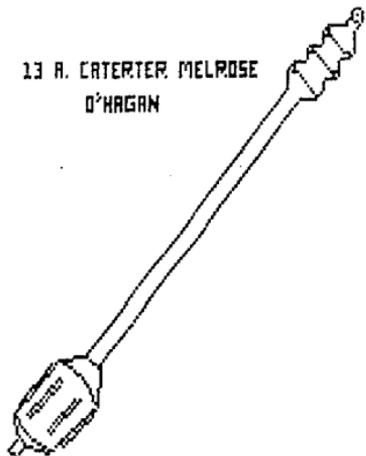
cerdas en 15 minutos. No hay servicio de sementales o aplastamientos de cerdas por sementales grandes (9). Con la IA se puede servir a un grupo grande o pequeño de hembras, reduciendo la necesidad del potencial del verraco. Una mayor uniformidad en la producción de cerdos resulta del uso intensivo de pocos sementales superiores (96).

A) Pasos para la inseminación artificial

- 1) Las cerdas multiparas o primiparas que van a ser inseminadas deben haber estado en calor por lo menos durante 12 horas (9).
- 2) Llevar a la hembra que va a ser inseminada a un área en donde pueda oler, ver y/o escuchar un semental. Se debe aplicar presión dorsal para inducir una postura inmóvil (96).
- 3) Lavar el área de la vulva para eliminar polvo o materia fecal, con toallas de papel desechables secas o húmedas tanto como sea necesario (9,38, 43,95,96).
- 4) Lubricar la punta del catéter (una pulgada aproximadamente) usando unas gotas del semen para inseminar. Esto es necesario cuando se usa el catéter Rubber (figura 13 A), pero no cuando se usa el catéter de plástico desechable (figuras 13 B). Esto facilita la entrada del catéter, especialmente en cerdas primerizas (43).
- 5) Con los dedos índice y pulgar separar los labios de la vulva e insertar el catéter adentro de la vagina (figura 14) manteniendo la punta del catéter hacia arriba en un angulo de

FIGURA 13. TIPOS DE CATETERES PARA LA I.A. DE CERDOS.

13 A. CATETER MELROSE
O'HAGAN



13 B. CATETER DE
PLASTICO
DESECHABLE

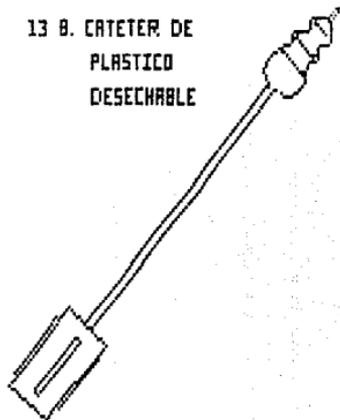
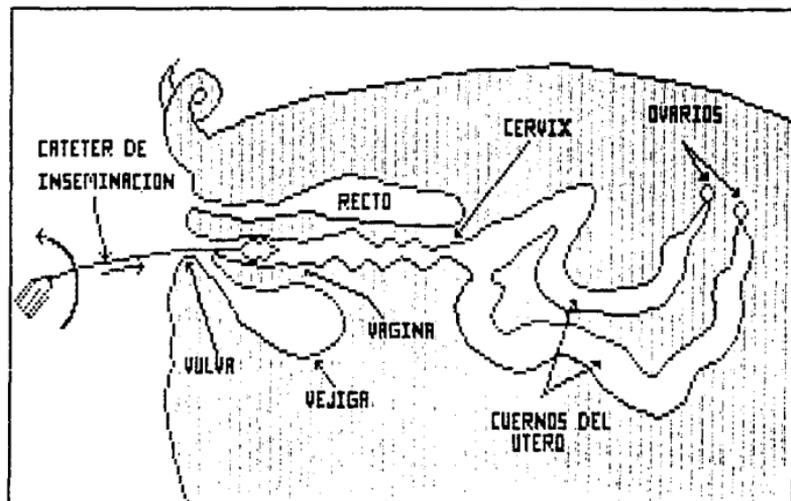


FIG. 14. POSICION CORRECTA PARA LA INSERCIÓN DEL CATETER DE INSEMINACION.



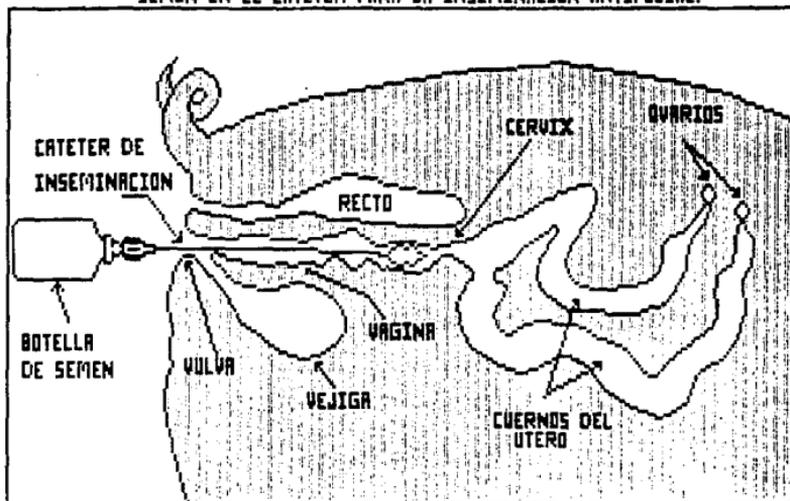
“ GIRE LENTAMENTE EN CONTRA DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ
MIENTRAS LO INSERTA ”

FUENTE : BIRCHWOOD GENETICS. INC (1988)

45° o hacia la columna vertebral, esto es para prevenir que la punta del catéter penetre por el orificio de la vejiga y lesione al animal (9,38,43,95,96).

- 6) Empujar suavemente hacia adelante siguiendo el techo de la vagina, el catéter debe deslizarse fácilmente a través de la vagina hasta que alcance el cérvix, y se obtenga una resistencia firme. En las cerdas primerizas usualmente esto es de 4 a 6 pulgadas y de 8 a 10 pulgadas en cerdas multiparas. En las cerdas primerizas algunas veces hay una membrana delgada (himen) (95).
- 7) Después de alcanzar el cérvix girar el catéter suavemente en contra de las manecillas del reloj (izquierda) hasta que no gire más. Después de pasar a través de 2 ó 3 anillos cervicales con el catéter se sentirá más estrecho hacia adelante, se debe de penetrar hasta donde sea posible sin usar fuerza indebida. El catéter quedará entonces en posición para la inseminación (38).
- 8) Cortar la punta de la botella del semen e insertarla al final del catéter. En temperaturas frías se debe de proteger el semen para evitar shock por frío, almacenándolo en cajas de stirofoam calientes o dentro de una envoltura hasta que se use (95).
- 9) Adhiera la botella de semen a la parte final del catéter (figura 15) y levante la base de la botella en una posición vertical, para tomar ventaja del flujo por gravedad (figura 16);

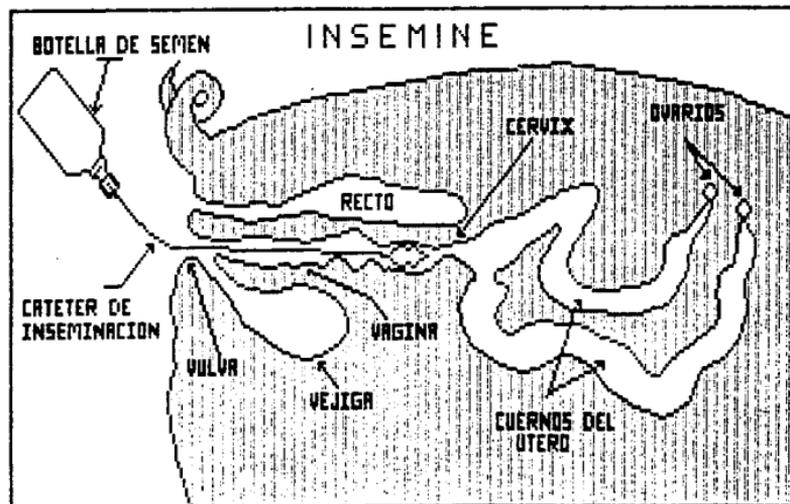
FIGURA 15. CATETER ADHERIDO CORRECTAMENTE EN CERVIX Y BOTELLA DE SEMEN EN EL CATETER PARA LA INSEMINACION ARTIFICIAL.



“ CORTE LA PUNTA DE LA BOTELLA DE SEMEN Y ADHIERALA ”

FUENTE : BIRCHWOOD GENETICS, INC. (1988).

FIGURA 16. POSICION CORRECTA DE INSEMINACION ARTIFICIAL.



FUENTE : BIRCHWOOD GENETICS, INC. (1988).

- lentamente aplique presión para comprimir la botella. En este punto el semen debe fluir sin ninguna o muy poca presión. En condiciones ideales la cerda evacua el semen de la botella con una pequeña ayuda (9).
- 10) Asegúrese de que la cerda está siendo estimulada durante la inseminación. Se le rotan gentilmente los costados ayudándose con las rodillas. Esto promueve las contracciones uterinas y facilita el transporte del semen desde el cérvix hasta el oviducto. Este paso es alcanzado cuando la cerda reconoce que está siendo apareada (9,43).
- 11) No precipitar la inseminación. Tomar el tiempo necesario, por lo menos de 3 a 10 minutos lleva evacuar el contenido de la botella. Reflexionar en cuánto tiempo le toma esto a un semental para aparearse con una cerda bajo condiciones naturales. Si una pequeña cantidad de semen fluye a través de la vagina, (esto frecuentemente ocurre al inicio), y si continúa escurriendo en grandes cantidades, verificar la colocación del catéter. Es importante, siempre, que se maneje gentilmente a cerdas primíparas y multiparas antes, durante y después del apareamiento. El transporte del semen (y por consiguiente la fertilidad) pueden ser afectados adversamente (95).
- 12) Cuando la botella del semen esté vacía, se debe retirar primero la botella del catéter, aguardando unos segundos antes de sacar el

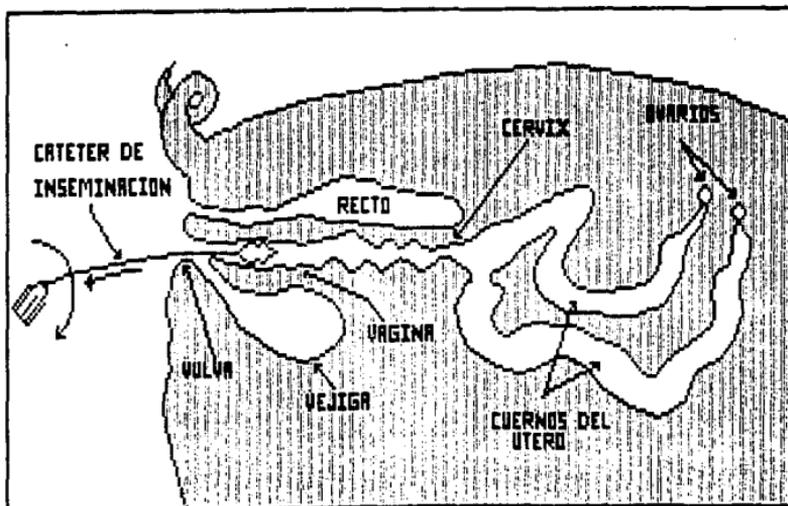
catéter de la cerda. extraer el catéter de inseminación (figura 17) girando según las manecillas del reloj (derecha) jalando suavemente hacia afuera y conducir a la cerda a su corral (9,38,43,95,96)

- 13) Lavar el equipo de IA y dejarlo "listo" para su próximo uso. Enjuague el moco, semen u otro material del catéter. No use jabón o detergentes para lavar cualquier equipo que entre en contacto con el semen, ya que sus residuos son nocivos a los espermatozoides. Enjuague minuciosamente el equipo de inseminación con agua destilada o desionizada, luego hiérvalo en agua destilada o desionizada durante 20 minutos. El equipo debe ser secado minuciosamente antes de ser almacenado en una bolsa de plástico limpia (96).
- 14) Para evitar la posibilidad de transferir organismos patógenos de hembra a hembra, se recomienda usar un catéter nuevo para cada inseminación. Esto es desde luego especialmente importante en operaciones de raza pura, pues así se asegura la paternidad (96).

B) Tipos de catéteres de inseminación artificial en cerdos

Diversos tipos de aparatos para la IA de cerdos han sido inventados (figura 13). Sin embargo, el semen depositado está expuesto a salirse a través de la vagina debido a que el canal cervical de la cerda es curvado y estrecho (98). Diferentes ciudades se inclinan en favor de los distintos tipos de catéteres pero la versión más utilizada es la del catéter de Melrose y O'Hagan. Esto favorece a los

FIGURA 17. RETIRE LA BOTELLA DE SEMEN DEL CATETER, RETIRE EL CATETER DE LA CERDA GIRANDO SEGUN LAS MANECILLAS DEL RELOJ Y SAQUELA LENTAMENTE.



FUENTE : BIRCHWOOD GENETICS, INC. (1988).

productores que aplican sus propias inseminaciones, ya que pueden reconocer fácilmente cuando el catéter esta en la posición correcta para la inseminación, por la acción de los pliegues del cervix (78).

El catéter de plástico desechable (figura 13 B) es único, este spirete tiene una punta blanda y flexible similar al catéter Melrose, lo que permite su fácil inserción sin causar daño al tracto reproductivo y se adhiere fácilmente al cervix previniendo el fluido posterior. Este spirete no requiere de lubricación, ya que se desliza suavemente a través de la vagina (96).

C) Número de espermatozoides y volumen por dosis de inseminación para semen fresco

La dosis y el volumen de inseminación usados en el semen líquido varían desde 1×10^6 hasta 3×10^6 y desde 50 hasta 150 ml respectivamente (81). Sin embargo, ha sido demostrado que un mínimo de 2 billones de espermatozoides vivos en un volumen de 50 ml de fluido se requieren para obtener índices de concepción adecuados, puesto que algunos espermatozoides mueren y algo de volumen se pierde durante el procedimiento de la IA. No obstante, las investigaciones han demostrado que más de 2 billones de espermatozoides en un volumen de 100 ml deben ser inseminados para obtener la máxima concepción (109).

Johnson et al. condujeron una prueba de campo para determinar los límites dentro de los cuales el semen puede ser procesado y usado, manteniendo la máxima capacidad fertilizadora. Cada dosis de inseminación contenía 3×10^6 espermatozoides en un volumen de 100 ml, excepto para semen que fue almacenado hasta el día 4, cuando 6×10^6 espermatozoides

por dosis en un volumen de 100 ml fueron usados. Este estudio sugiere que duplicando el volumen de los espermatozoides por dosis de inseminación, se consigue mantener la fertilidad del semen colectado hasta por un periodo de 4 ó 5 días (48).

D) Periodo óptimo para la concepción con servicio natural o inseminación artificial

La determinación del mejor momento para efectuar el apareamiento en la especie porcina constituye un problema que viene siendo estudiado desde hace varios años por muchos investigadores. Se sabe que en los casos de inseminación artificial la tasa de concepción es inferior del 10 al 15%, comparada con la monta natural; esto se debe a fallas en el diagnóstico del estro y a la realización de la inseminación en momentos impropios para obtener una buena fertilización (15).

Para determinar el mejor momento de inseminación en cerdas primíparas y/o multíparas, se debe considerar la duración del estro, el momento de la ovulación, el tiempo de sobrevivencia del óvulo y el tiempo de viabilidad de los espermatozoides dentro del tracto genital femenino (figura 2). Según Reed *et al.* el estro o periodo de aceptación del verraco dura de 50 a 60 horas, mas el periodo de mejor fertilidad puede ser determinado por la prueba de tolerancia (78). El momento de la ovulación en la especie porcina no está bien determinado, pues oscila en intervalos que van desde 32 hasta 36 horas en la raza Large White, y de 54 horas para la raza Large Black, y de 38 a 42 horas después del inicio del estro. El periodo de sobrevivencia del óvulo es corto y varía de 6 a 18 horas. En cuanto a los espermatozoides, han sido encontrados vivos en el tracto

genital femenino hasta 24 horas después de la monta. No obstante, la capacidad de fertilización no puede ser mantenida más de 25 a 30 horas después de la monta. Sin embargo, el momento ideal de cobertura ha sido muy discutido. Ya que el período óptimo para la misma sería de 22 a 23 horas después del inicio del estro (15).

Otros autores determinan el momento de la IA con respecto al inicio del estro. Con lo que asumen un intervalo de tiempo fijo entre el inicio del estro y el pico de LH ya que el intervalo entre el pico de LH y la ovulación parecen ser constantes, no obstante el pico de LH y la ovulación coinciden con el inicio del estro (66). Mientras que Tilton et al. reportan que el pico de LH varía desde 2 horas antes hasta 22 horas después del inicio del estro y Ziecik et al. informaron que el pico de LH ocurre entre 8 y 32 horas antes del inicio del estro (109). Por consiguiente el pico de LH puede variar entre 32 horas antes y 22 horas después del inicio del estro. La IA a un intervalo de tiempo fijo después del inicio del estro puede resultar con espermias y óvulos "viejos" debido a un "retraso o adelanto" en el pico de LH con respecto al inicio del estro (91).

De acuerdo con muchos autores, la inseminación en la cerda puede efectuarse desde 0 hasta 40 horas después del inicio del estro. Sin embargo, cuando las inseminaciones coinciden con la primera mitad del estro, los espermatozoides pueden ser menos fértiles al momento de la ovulación y cuando coinciden con la parte final del estro, el óvulo no es viable al contacto de los espermatozoides. Por lo que, el período óptimo para el servicio de la cerda depende del período de ovulación, sobre todo en servicios sencillos (7).

Brustolini et al. determinaron que el mejor momento para inseminar es el inicio del segundo día o de 15 a 22 horas después del inicio del estro, ya que los espermatozoides sólo sobreviven de 25 a 48 horas en el tracto reproductivo de la hembra y el óvulo no puede sobrevivir más de 24 horas si no es fertilizado. Además de que se puede llevar de 4 a 6 horas para que los espermatozoides inseminados alcancen el oviducto (sitio de fertilización) después de la inseminación (15).

Otros autores determinan que el periodo óptimo de IA es de acuerdo a: inseminación sencilla o doble, cerdas primíparas o multiparas y semen fresco o congelado (tabla 13 y figura 18). Si las hembras son revisadas 2 veces al día, las cerdas primerizas deben ser inseminadas de 12 a 18 horas después de detectar el estro y nuevamente 12 horas después, y las cerdas multiparas deben ser inseminadas 24 horas después de detectar el estro y nuevamente 12 horas después. Si las hembras son revisadas una sola vez al día éstas deben ser apareadas tan pronto como permanezcan inmóviles. Para obtener buenos resultados es mejor aparear a las hembras un mínimo de dos veces durante el mismo estro (95).

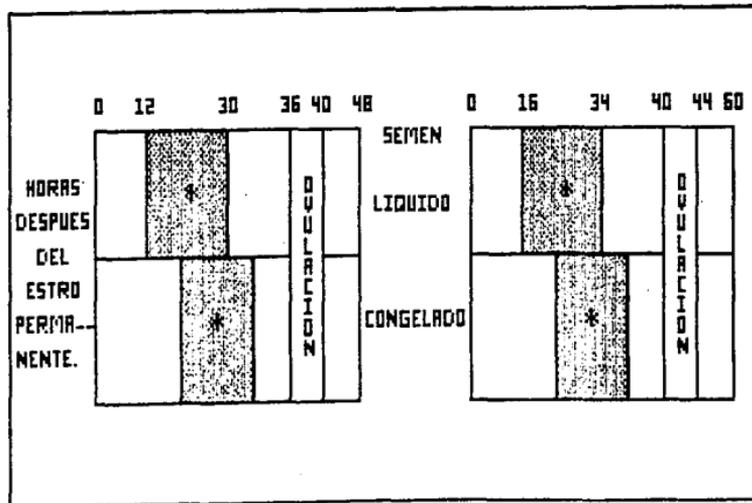
Estudios diversos demuestran que una fertilidad igual a la del semen fresco puede ser obtenida con semen congelado cuando éste es depositado 6 horas antes de la ovulación. Ya que la periodicidad en el pico de LH varía considerablemente con respecto al inicio del estro en las cerdas y el intervalo entre el pico de LH y la ovulación es más constante en esta especie, el intervalo de estro y ovulación, por consiguiente, también varía considerablemente. Los resultados en los cerdos sugieren que hay un periodo óptimo de inseminación entre 12 y 28 horas antes de la ovulación (34). Lo que concuerda con lo que

**TABLA 13. TIEMPO OPTIMO (HORAS) PARA APAREAR PRIMERIZAS Y CERDAS CON
 SEMEN LIQUIDO O CONGELADO DESPUES DEL PRIMER ESTRO
 DETECTADO**

	SEMEN LIQUIDO		SEMEN CONGELADO	
	INSEMINACION	INSEMINACION	INSEMINACION	INSEMINACION
	<u>SENCILLA</u>	<u>DOBLE</u>	<u>SENCILLA</u>	<u>DOBLE</u>
PRIMERIZAS	24 - 30	1 12 - 24	29 - 32	1 24 - 28
		2 24 - 36		2 30 - 34
CERDAS	28 - 36	1 24	33 - 36	1 28 - 32
		2 36		2 34 - 38

FUENTE : SWINE GENETICS INTERNATIONAL, LTD. (1989).

FIGURA 18. PERIODO DE MAXIMA FERTILIDAD PARA PRIMERIZAS Y CERDAS USANDO SEMEN LIQUIDO O CONGELADO.



FUENTE : SWINE GENETICS INTERNATIONAL, LTD. (1989).

Dziuk menciona; el periodo óptimo de inseminación es de 12 horas antes de la ovulación, en cerdas con ovulación inducida (34). Sin embargo, los programas de IA requieren de mejor manejo y mayor trabajo que los programas reproductivos convencionales, debido a la necesidad de precisar el inicio del estro (20).

E) Resultados de estudios comparativos para determinar el periodo óptimo de la inseminación artificial con empleo de diversos métodos para detectar el estro

Un experimento llevado a cabo por Brustolini et al. sirvió para determinar el mejor momento de inseminación en cerdas primerizas; dividió la duración del estro (50 horas) en 6 periodos previamente determinados; el primero y el último periodos del verraco (V_1 y V_2), tuvieron una duración de 5 horas cada uno, los demás periodos de reflejo de tolerancia (RT_1 a RT_4) duraron 10 horas cada uno. Cada cerda primeriza fue inseminada 2 veces durante el mismo estro. Las cerdas primerizas fueron sacrificadas al tercer día después de la inseminación para identificar el número de ovulaciones y el porcentaje de fertilidad. La ovulación medida fue de 14.6, 13.3, 14.8, 15.3, 14.6 y 16.3. Los porcentajes de fertilidad fueron de 28, 85, 93, 90, 76 y 63 en los tratamientos V_1 , RT_1 , RT_2 , RT_3 , RT_4 y V_2 , respectivamente. Solamente el tratamiento V_1 fue inferior ($P < 0.05$) a los demás. El porcentaje de óvulos y embriones recuperados fue de 84.3%. Los porcentajes de concepción al tercer día fueron de 67.0 y 83.3 para los tratamientos V_1 y V_2 y 100.0 para los tratamientos RT_1 a RT_4 y no se establecieron diferencias entre éstos ($P < 0.05$). Los porcentajes de concepción a término fueron de 0.0 y 66.6 para los tratamientos V_1 y V_2 y 100.0 para los tratamientos RT_1 a RT_4 , y el tratamiento V_1

fue inferior ($P < 0.05$) a los demás. El número promedio de lechones nacidos y de nacidos vivos estuvo influido ($P < 0.05$) por los tratamientos en favor de las cerdas primerizas inseminadas durante el periodo de tolerancia (desde 5 hasta 45 horas después del inicio del estro). El peso promedio al nacimiento no estuvo influido por los tratamientos, por lo que se concluye que el momento durante el cual se realiza la inseminación es un factor importante que considerar para obtener un buen índice de fertilidad en cerdas primerizas, y este momento está situado entre los periodos de RT₁ a RT₄ (inseminación entre 5 y 45 horas después del inicio del estro) (15).

Salahovic *et al.* condujeron un experimento para determinar el efecto del tiempo de inseminación en el índice de concepción y el tamaño de la camada. El experimento involucró los datos de cerdas pluríparas y primíparas que fueron inseminadas a 10 y 26 ó 14 y 24 horas después de la detección del estro. El índice de concepción a primera e inseminación repetida fue de 86.2 y 13.8% en cerdas pluríparas y 74.6 y 25.4% en primíparas diagnosticadas en estro en la mañana, y 86.5%, 13.5, 65.4 y 34.6% en las diagnosticadas en estro en la tarde. El índice de concepción a primera inseminación fue más alto (85.8%) en cerdas pluríparas inseminadas en diciembre-febrero, siguiendo la detección del estro en la mañana, y más bajo (36.7%), en primerizas inseminadas en septiembre-noviembre siguiendo la detección del estro en la tarde. Las camadas más grandes (10.1 y 8.4) fueron obtenidas por cerdas pluríparas y primíparas diagnosticadas en estro en la mañana, que por las diagnosticadas en estro en la tarde (10.0 y 8.0) (83).

Tardani reportó los datos sobre cuándo y cuántas veces inseminar a la cerda durante el estro. El momento de la doble inseminación es de acuerdo con la hora, cuando el estro es detectado así como la posibilidad de usar una sola inseminación, e inseminar en 6 periodos consecutivos de 6 horas durante el período del reflejo de tolerancia. Los resultados fueron los siguientes, el índice de concepción fue 70.2, 80.0, 84.2, 81.8, 58.3 y 30.8% y el tamaño de la camada 9.6, 10.6, 11.2, 12.6, 9.7 y 8.4, respectivamente (99).

Shkolina y Pokhodnya determinaron el tiempo óptimo de IA en los cerdos, llevando a cabo un experimento que involucró a cerdas que habían parido de 3 a 4 veces, las que fueron examinadas para estro empleando sementales celadores a las 8.00, las 14.00 y las 20.00 horas. Las hembras se inseminaron 10 horas después del inicio del estro (primer grupo), 16 horas después (segundo), 22 horas después (tercero), 28 horas después (cuarto) ó 34 horas después (quinto) y fueron comparadas con las cerdas de control que fueron inseminadas 2 veces, con un intervalo de 24 horas. En los 5 grupos experimentales y el grupo de control, el índice de partos fue 70.3, 71.1, 73.3, 76.3, 50.0 y 86.8%, y el tamaño de la camada promedió 8.3, 9.0, 9.8, 7.9, 7.8 y 9.2, respectivamente (88).

F) Transporte espermático

El "transporte espermático" mide el movimiento de los espermas a través del tracto reproductivo de la hembra, desde el sitio de deposición del semen hasta la ampolla de los oviductos. Sin embargo, la expresión es usada frecuentemente en un amplio sentido que también define el

movimiento de los espermias en la hembra sin importar que el movimiento resulte de la acción del tracto de la hembra o de la acción de los espermatozoides (33).

En los cerdos, el semen es depositado casi directamente dentro del lumen uterino durante el apareamiento natural o IA. Los espermatozoides alcanzan la parte superior del tracto reproductivo de la hembra poco después de la deposición intrauterina. La mayor parte del plasma seminal y una gran parte de espermatozoides desaparecen durante las primeras horas después del servicio natural o IA, y sólo una pequeña proporción alcanza el sitio de fertilización en los oviductos (106,107,108).

El transporte de los espermatozoides, desde el sitio de deposición hasta el sitio de fertilización en la hembra, representa una fase crítica en el proceso reproductivo de los animales, por lo que las fallas en el transporte espermático, se convierten en fallas de fertilización, lo que explica la pérdida del potencial del progenitor dentro de cada semental. Por consiguiente si se mejora el transporte espermático y se reduce la falla de la fertilización, se incrementa el índice de partos y el tamaño de la camada en el ganado porcino (33).

La unión útero-tubal constituye una barrera que regula el paso de los espermatozoides en oviducto y puede ejercer una acción selectiva. Sin embargo, los espermatozoides muertos son transportados a través de la unión útero-tubal de las cerdas pasando por dicha barrera (24).

Baker *et al.* sugieren que cualquier volumen de semen, por mínimo que sea, depositado dentro, del oviducto puede obtener la máxima fertilidad, y que la concentración de los espermatozoides se debe mantener sobre cualquier

otro valor (6). Un posible papel del plasma seminal puede ser el de facilitar el transporte de los espermatozoides dentro del oviducto, y por el contrario, el lumen contraído del istmo durante el estro, junto con la condición edematosa de los pliegues longitudinales del cérvix, son de importancia funcional (108).

Las contracciones del músculo liso y el movimiento ciliar, junto con la actividad flagelar de los espermatozoides, son los factores del movimiento de estos desde el sitio de deposición hasta la ampolla de los oviductos. Además el moco cervical es un medio esencial para el movimiento de los espermatozoides dentro de y a través del cérvix. Sin embargo las hormonas de control ovárico, junto con las propiedades físicas y serológicas del moco cervical y los estrógenos, incrementan la cantidad de moco secretado, cambiando las propiedades del moco para facilitar la penetración de los espermatozoides (33).

a) Fases del transporte espermático

Los espermatozoides pueden ser transportados a los oviductos en dos fases. Una fase inicial rápida en la que los espermatozoides son transportados al oviducto en pocos minutos, seguida por un movimiento lento de los espermatozoides adentro y a través del útero, y hay un incremento gradual durante horas con gran número de espermatozoides adentro del oviducto. En el ganado porcino, el semen es depositado, normalmente en forma natural o artificial, en el final craneal del cérvix o en el útero, y hay poca evidencia de las dos fases del transporte espermático (33).

1) Transporte espermático rápido

Los espermatozoides no necesitan estar vivos para ser transportados rápidamente al oviducto. First et al. recuperaron espermatozoides muertos de oviductos en cerdas 30 minutos después de la inseminación. Además examinaron el tracto reproductivo de las hembras a 15 minutos, 2, 4, 8 y 24 horas después de la inseminación y encontraron cifras similares de espermatozoides en oviductos en cada periodo. En contraste, los espermatozoides capaces de fertilizar al óvulo pueden ser transportados hasta el oviducto aproximadamente 30 minutos después del apareamiento (25). Hunter et al. ligaron y transeccionaron los oviductos de cerdas primerizas arriba y abajo de la unión útero-tubal a 30, 45 y 60 minutos después del apareamiento y determinaron que casi el 50% de los óvulos fueron fertilizados después de la transección arriba de la unión a los 30 minutos; el porcentaje se incremento con la transección abajo de la unión a 30 minutos o se retrasó en la transección en ambos sitios a 60 minutos (42). El transporte rápido de los espermatozoides hacia la ampolla puede ser ventajoso para la fertilización después de la inseminación de cerdas con semen congelado, ya que los espermatozoides que son congelados y descongelados son retenidos en el tracto reproductivo de la hembra por un tiempo relativamente corto (33).

2) Transporte espermático lento

Es dudoso que exista una fase inicial rápida en el transporte espermático en algunos animales, o que esta fase esté totalmente separada de la fase lenta. Sin embargo, etapas iniciales de la fase prolongada del transporte de los espermatozoides probablemente se inicie en pocos minutos o incluso segundos después del servicio natural o IA, ya que

los espermatozoides son transportados dentro de los oviductos de cerdas más rápido después del apareamiento y cerca del periodo de ovulación, que después del apareamiento más cercano al estro. En el ganado porcino el eyaculado del semental tapa el lumen uterino y los procesos edematosos de la unión útero-tubal impiden la entrada del semen directamente a los oviductos. Sin embargo, el plasma seminal en el útero, junto con la mayoría de los espermatozoides, desaparecen aproximadamente en dos horas, probablemente debido al drenaje hacia el exterior y después de que la mayor parte del eyaculado ha desaparecido, de tal manera que las concentraciones de espermatozoides están en la unión útero-tubal y en el istmo del oviducto (33).

Cada segmento del tracto reproductivo debe actuar, al menos temporalmente, como un reservorio por lo que los espermias pasan al siguiente segmento. Además ciertos segmentos del tracto proporcionan refugio a los espermias, por lo que se sugiere que la unión útero-tubal y el istmo del oviducto actúan como reservorios de los espermias en la cerda. Las sugerencias están basadas en que se ha observado que se mantienen grandes cantidades de espermia en estas zonas (33)

b) Destino de los espermatozoides

Cuando los espermatozoides son depositados en el tracto reproductivo de la cerda durante el apareamiento natural, la mayoría de los espermatozoides son eliminados desde el útero en pocas horas. Menos del 10% de lo administrado permanece en útero dos horas después de la inseminación con semen fresco; en cambio los espermatozoides congelados se pierden más fácilmente (16). La pérdida principal de los espermatozoides en la cerda ocurre por el flujo retrógrado

del semen a través del cérvix. Sin embargo, una mayor proporción de esperma puede pasar a través del cérvix y la vagina hacia el exterior. Probablemente la fagocitosis por leucocitos sea la responsable del destino de los espermatozoides que no fluyen hacia el exterior por el drenaje. Además, un número desconocido de espermatozoides, sin duda una pequeña proporción de los inseminados, pasa a través de los oviductos a la cavidad del cuerpo uterino; esos probablemente son incorporados en las células epiteliales del tracto reproductivo de las cerdas primerizas por lo menos de 48 a 72 horas después de la inseminación, y la mayor parte de este esperma probablemente quede en los pliegues y criptas del tracto, parcialmente protegida de la fagocitosis (33).

G) Preparaciones físicas y químicas para la retención de los espermatozoides

Durante el apareamiento natural en los cerdos, una fracción gelatinosa del eyaculado es depositada en el cervix y sirve como un tapón natural. Sin embargo, extirpando las glándulas bulbouretrales de los sementales para eliminar la secreción del tapón gelatinoso durante el apareamiento natural, no se afecta la fertilidad y, colocando un tapón de algodón o un gel deshidratado-congelado adentro del cérvix, no se tiene ningún efecto sobre el índice de preñez o el tamaño de la camada (53).

Pursel condujo un estudio para determinar si la inserción de un tapón cervical después de la IA podría incrementar el número de espermatozoides retenidos en el útero. En este experimento las cerdas primerizas recibieron un tapón de algodón, un tapón de polietileno o nada. Los tapones de algodón y plástico fueron insertados dentro del

cérvix después de la extracción del catéter. Dichos tapones no incrementaron la retención de espermatozoides en las secciones útero-tubal y cuernos uterinos. Sin embargo todos los tapones fueron retenidos en la vagina por las cerdas primerizas por lo menos dos horas después de la inserción, y más de la mitad de cada tipo de tapones fueron retenidos hasta el sacrificio, por lo que se concluye que todos los tapones usados fueron ineficientes para prevenir la pérdida de espermatozoides congelados-descongelados desde el útero (74).

Las contracciones uterinas y cervicales evidentemente fuerzan los fluidos seminales alrededor de los tapones cervicales y, aunque se prevenga la expulsión espermática la inserción de barreras físicas dentro del cérvix es inefectiva, ya que las fallas subsecuentes hacen que sólo haya una mínima esperanza de mejorar la fertilidad o reducir el número de espermatozoides requeridos por inseminación. Sin embargo, alternativas tales como la inhibición farmacológica de las contracciones uterinas para incrementar el número de contracciones en la unión útero-tubal, pueden ser más efectivas en el aumento de la retención espermática y la fertilización (74).

En estudios *in vivo* fue demostrado que el plasma seminal causa una relajación de la actividad muscular en la parte istmica del oviducto, de tal manera que la actividad muscular puede facilitar el transporte espermático hacia el oviducto, por lo que se sugiere que el plasma seminal promueve el transporte espermático en los oviductos de las cerdas durante el estro (108).

varios compuestos, cuando son adicionados al semen o inyectados en las hembras cerca de la inseminación, han incrementado la permanencia del número de espermatozoides en

el oviducto. Estos compuestos incluyen a las prostanglandinas E, o prostaglandinas F α . La adición de carbacolina en el semen de cerdo incrementa la cantidad de esperma en el oviducto 16 horas después de la inseminación y, por consiguiente, el índice de concepción. Además, cuando se adicionan compuestos al semen, son consistentes en sus efectos sobre la fertilidad, el índice de fertilización y el número de espermatozoides en el tracto reproductivo. Sin embargo, la oxitocina en cerdas primerizas, inyectada o adicionada al semen, mejoró el índice de concepción en un estudio, pero no tuvo ningún efecto sobre el número de espermatozoides en el oviducto o sobre el índice de fertilización, en otro (33).

Los fármacos, tales como el estradiol, las prostaglandinas F α , la fenilefrina y la ergonovina, incrementan la cantidad de espermatozoides en el oviducto desde 2 hasta 3 horas después de la inseminación. Estos compuestos, además de incrementar el número de espermatozoides, tienen un efecto sobre las contracciones uterinas. El estradiol y las prostaglandinas F α incrementaron el número de espermatozoides en cada segmento del tracto reproductivo. Sin embargo, no se conoce si las prostaglandinas F α o el estradiol inducen la retención de los espermatozoides en vagina y cervix o si proporcionan sólo las bases para incrementar los espermatozoides en útero y oviducto o si estos compuestos mejoran el transporte espermático. La fenilefrina incrementa el número de espermatozoides en oviducto, útero y cervix, mientras que la ergonovina los hace aumentar en oviducto y útero. No obstante, no se conoce si las diferencias entre estos compuestos puedan tener diversos mecanismos de acción. Además las contracciones uterinas pueden incrementar el número de espermatozoides inducidos por las prostaglandinas F α y

la fenilefrina, pero el efecto del estradiol exógeno sobre los espermatozoides no está asociado con ningún incremento en el número o intensidad de contracciones uterinas. Mientras que la similitud entre el estradiol y las prostaglandinas F_{2α}, al elevar la cantidad de esperma en el tracto reproductivo sugiere que la retención de los espermatozoides en vagina y cérvix puede tener un factor común para incrementar el número de espermatozoides que llegan al oviducto. Esta retención podría involucrar un aumento en la adhesión de los espermatozoides en el epitelio del tracto reproductivo o un incremento de la habilidad de los espermatozoides para penetrar en los pliegues y criptas del tracto reproductivo. Sin embargo, estos resultados, así como los referidos anteriormente, han indicado que los mecanismos fisiológicos del tracto reproductivo de la hembra pueden ser manipulados, para mejorar el transporte espermático y los índices de fertilidad (33).

II) Capacitación espermática

La capacitación de los espermatozoides es un proceso que ocurre naturalmente en el tracto reproductivo de la hembra; el esperma del mamífero tiene facultades para iniciar la fertilización del óvulo. En el ganado porcino, una población de los primeros espermatozoides capacitados está disponible para la fertilización de los óvulos de 2 a 3 horas después del apareamiento natural o IA con semen fresco (76).

Cuando el semen fresco es depositado en el lumen oviductal, deben pasar de 5 a 6 horas, antes de que una población de espermatozoides capacitados esté disponible para iniciar la fertilización. La deposición intratubal de pequeñas cantidades de plasma seminal, prolonga el tiempo requerido para la fertilización por aproximadamente 6 horas

en cerdas primerizas que reciben inseminación intrauterina. Esto proporciona evidencia indirecta de que la remoción del plasma seminal en útero tiene una mayor influencia sobre la capacitación de los espermatozoides en los cerdos (76).

El efecto de descapacitación del plasma seminal sobre los espermatozoides de mamíferos es un fenómeno bien conocido, y el plasma seminal de los cerdos es identificado porque contiene un factor de descapacitación. ahora bien, si la remoción del plasma seminal de los espermatozoides durante el procesado del semen reduce el tiempo de capacitación es algo que no se sabe. La congelación y descongelación del semen capacitan a los espermatozoides o reducen marcadamente el tiempo de capacitación y, por consiguiente, los espermatozoides congelados y descongelados requieren de un corto período de capacitación, en comparación con los espermatozoides diluidos en plasma seminal (76).

Después del servicio natural o IA con semen completo se requieren, evidentemente, varias horas antes de que los espermatozoides pueblen el istmo oviductal. Sin embargo, con espermatozoides congelados y descongelados que tienen un corto período de supervivencia dentro del tracto reproductivo, la máxima población está preparada por el corto período de capacitación y quizás por el transporte acelerado de los espermatozoides dentro del oviducto, lo que ocurre después de la inseminación en la parte final del estro (76).

IV. DIFERENCIA DE HISTOCOMPATIBILIDAD ENTRE LA MADRE Y EL PRODUCTO

La supervivencia del aloinjerto fetal es aparentemente una paradoja, pero se trata en realidad de un evento notablemente exitoso. El estado del aloinjerto es ampliamente aceptado, pero el mecanismo de este escape de rechazo inmune materno es muy debatido. Parece improbable que un mecanismo tan simple permita que el trasplante alogénico pueda tener éxito (65).

En una población no consanguínea el estado semialogénico de los fetos es ampliamente aceptado, ya que la supervivencia de esta histocompatibilidad del injerto es considerada como una paradoja inmunológica. Se han sugerido muchos mecanismos como responsables de la liberación del rechazo materno. Sin embargo, es sólo aparente que un cierto grado de histocompatibilidad entre la hembra y su prole, y una respuesta inmune materna contra los espermatozoides y/o embriones, son necesarios, o al menos beneficios, para el éxito de la reproducción. Experimentos previos han demostrado que la adición de leucocitos en semen durante la IA de cerdas primerizas incrementa el número de embriones en un 12% aproximadamente. En cambio Almlid sugiere que los antígenos de los leucocitos solos o en interacción con los antígenos de los espermatozoides producen reacciones inmunológicas beneficiosas en las hembras y que la supervivencia embrionaria es una variable influida por diferentes factores (2), además, la producción maternal de antígenos bloqueadores y supresores de las células T es considerada un factor de mayor importancia en el no rechazo del embrión semialogénico (10).

Murray et al. informan que un tratamiento intrauterino con semen muerto incrementa la eficiencia reproductiva en cerdas primerizas y que la interacción directa del sistema inmune también puede ser importante por afectar el tamaño de la camada (64). Sin embargo, Hancock concluye que aunque la respuesta humoral primaria a los espermias no es normalmente inducida en la hembra por el apareamiento o IA, alguna respuesta celular limitada podría ser provocada (30). No obstante, Blichfeldt no encontró ningún incremento en el número de embriones después de 36 días de la gestación cuando adicionó leucocitos congelados-descongelados o mitógenos al semen de cerdo durante la IA (10). De modo similar Murray y Grifo instilaron a cerdas primerizas con semen muerto un ciclo estral antes del apareamiento, y observaron 1.3 más lechones nacidos vivos por camada que en hembras de control (64,65).

A) Resultados de estudios comparativos usando diferentes antígenos, adyuvantes o mitógenos adicionados al semen para mejorar la fertilidad en cerdas

Murray et al. llevaron a cabo un estudio para determinar si la exposición uterina con semen muerto antes de la inseminación puede mejorar la eficiencia reproductiva en cerdas primerizas. El estudio involucró 3 experimentos. En el experimento 1, las cerdas primerizas fueron tratadas con una infusión intrauterina de solución buffer fosfatada (PBS) y con semen mezclado, diluido con PBS y semen diluido e inmediatamente instilado dentro del útero de las cerdas primerizas. 21 días después del primer tratamiento, las hembras fueron otra vez tratadas de la misma manera. Posteriormente el semen de 4 sementales Yorkshire fue colectado y congelado-descongelado 2 veces para matar a los

espermatozoides. Aproximadamente 5 semanas después del tratamiento, las cerdas primerizas fueron vigiladas para saber si había estro en ellas. En el primer estro después del tratamiento, las primerizas de ambos grupos fueron apareadas por IA, y los datos registrados al parto fueron: total de lechones paridos (vivos y momificados), peso de cada lechón (excepto momificados), número y peso de lechones nacidos vivos en general y número y peso de lechones vivos a 14 días. 2 meses después del primer parto, las cerdas fueron reapareadas por servicio natural con diferentes sementales a los usados en la primera preñez; en los experimentos 2 y 3 las hembras de ambos grupos fueron apareadas por servicio natural el primer día de estro con el semental que donó el espermatozoide. El análisis de varianza de mínimos cuadrados fue usado para evaluar los datos de las camadas en los 3 experimentos. Los partos ocurrieron desde el 2 de diciembre de 1978 hasta el 12 de enero de 1979; el 15 de diciembre la mitad de las cerdas primerizas había parido y las demás parieron muchos lechones muertos y momificados, debido a un problema que fue diagnosticado como parvovirus porcino. Los datos sobre el rendimiento reproductivo de las cerdas primerizas en el experimento 1 están presentados en la tabla 14. El análisis de varianzas reveló que estas fueron homogéneas en los grupos y períodos. Subsecuentemente, un análisis de varianza de mínimos cuadrados reveló que en todas las características reproductivas enlistadas (excepto para el total de lechones nacidos, de las cerdas que parieron antes del 15 de diciembre) fueron más grandes ($P < 0.001$) que en las paridas después (tabla 15). No obstante, no hubo interacciones significativas entre el tratamiento con el semen y la disminución del rendimiento reproductivo, ya que las hembras de control y las tratadas fueron

**TABLA 14. RENDIMIENTO REPRODUCTIVO¹ PARA PRIMERAS CAMADAS
 DE PRIMERIZAS INSTILADAS CON PLASMA SEMINAL
 ANTES DE LA INSEMINACION ARTIFICIAL**

Rendimiento reproductivo	Control		Semen tratado	
	Pariendo antes del 15 de diciembre	Pariendo después del 15 de diciembre	Pariendo antes del 15 de diciembre	Pariendo después del 15 de diciembre
No. de primerizas pariendo	10	8	8	12
Total de lechones al nacer	8.80 ± 0.88	7.88 ± 0.93	10.75 ± 0.98	10.08 ± 0.80
Lechones nacidos vivos	8.70 ± 0.80	6.12 ± 0.89	10.12 ± 0.90	5.83 ± 0.73
Peso de la camada vivos, kg	10.75 ± 0.97	7.11 ± 1.09	11.91 ± 1.09	6.89 ± 0.89
Tamaño de la camada (14 días)	7.90 ± 0.93	3.88 ± 1.04	8.88 ± 1.03	5.08 ± 0.84
Peso de la camada (14 días)	28.83 ± 3.52	12.65 ± 3.94	31.76 ± 3.94	17.78 ± 0.21

¹ Los datos son medias de mínimos cuadrados ± error standard (SE).

FUENTE: Murray et al., (1983).

TABLA 15. COMPARACIONES DE MINIMOS CUADRADOS DE PRIMERIZAS
 PARIENDO ANTES Y DESPUES DEL 15 DE DICIEMBRE DE
 1978¹ POR HEMBRAS INSTILADAS CON PLASMA SEMINAL

Rendimiento reproductivo	Pariendo antes del 15 de diciembre *	Pariendo después del 15 de diciembre *	P
No. de primerizas pariendo	18	20	> 0.1
Total de lechones nacidos	9.78 +- 0.66	8.98 +- 0.63	< 0.001
Lechones nacidos vivos	9.41 +- 0.60	5.98 +- 0.58	< 0.001
Peso de la camada de vivos, kg	11.13 +- 0.70	6.70 +- 0.68	< 0.001
Tamaño de la camada (14 días)	8.39 +- 0.69	4.48 +- 0.67	< 0.001
Peso de la camada (14 días) kg	30.30 +- 2.64	15.21 +- 2.54	< 0.001

¹ Iniciándose el 15 de diciembre de 1978, la mayoría de las camadas contienen momias y nacidos muertos. Antes que, sólo una momia ocasional de nacidos muertos fue observada.

* Medias de mínimos cuadrados +- error standard.

FUENTE: Murray et al., (1983).

afectadas después del 15 de diciembre. Las segundas camadas producidas por estas hembras fueron idénticas en cuanto a resultados por grupo (tabla 16). En el experimento 2, 84% del grupo 1 y 77% del grupo 2 parieron, y en el experimento 3, 80% de las del grupo 1 y 88% de las del grupo 2 parieron. Aunque no se detectaron diferencias entre los grupos, las tendencias fueron en favor de las primerizas tratadas con semen (tablas 17 y 18). Sin embargo, en los experimentos 2 y 3, las primerizas que parieron después del 15 de diciembre tuvieron un menor rendimiento reproductivo y no se detectaron interacciones que involucraran los tratamientos y las variaciones entre los experimentos homogéneos de cada variable en las cerdas del experimento 1, que parieron antes del 15 de diciembre. No hubo diferencias entre los experimentos, en el total de lechones nacidos, lechones nacidos vivos y peso de la camada. El análisis mezclado reveló que los lechones nacidos y el número de lechones nacidos vivos se incrementaron significativamente con el tratamiento del semen. Los datos presentados en la tabla 19 apoyan la hipótesis de que la primera preñez puede ser mejorada por la exposición del útero con los espermatozoides y/o antígenos seminales antes de la concepción (65).

Blichfeldt condujo un estudio para determinar el efecto de los antígenos, adyuvantes o mitógenos en el semen, sobre la supervivencia embrionaria de cerdas primerizas inseminadas artificialmente. En el presente estudio se le adicionó al semen una sustancia inmunológicamente activa perteneciente a una de las 4 siguientes categorías: 1) leucocitos congelados, 2) componentes bacterianos con efectos antigénico y adyuvante, 3) adyuvantes sintéticos y 4) mitógenos. Las hembras fueron inseminadas una sola vez durante el segundo día del estro. Cada dosis de semen

TABLE 16. RENDIMIENTO REPRODUCTIVO^a PARA SEGUNDA CAMADAS
 PRODUCIDAS POR HEMBRAS INSTILADAS
 CON PLASMA SEMINAL

Rendimiento reproductivo	Grupo 1 *	Grupo 1 **
No. de cerdas	18	20
Total de lechones nacidos	10.78 ± 0.63	10.76 ± 0.69
Lechones nacidos vivos	10.39 ± 0.66	10.52 ± 0.69
Peso de la camada de vivos, kg	10.53 ± 0.86	14.40 ± 0.90
Tamaño de la camada (14 días)	8.11 ± 0.77	8.43 ± 0.57
Peso de la camada (14 días) kg	30.81 ± 2.98	31.21 ± 2.21

^a Los valores son medias ± error standard.

* Sirvieron como grupo control (solución salina instilada) para la primera preñez.

** Sirvieron como grupo tratado (semen tratado) para primera preñez.

FUENTE: Murray et al., (1983).

TABLA 17. RENDIMIENTO REPRODUCTIVO¹ PARA PRIMERIZAS EN EL EXPERIMENTO 2 INSTILADAS CON SEMEN TRATADO

Rendimiento reproductivo	Control	Semen tratado
No. de primerizas paridas	21	17
Total de lechones nacidos	10.38 +- 0.42	11.35 +- 0.47
Lechones nacidos vivos	10.05 +- 0.41	10.94 +- 0.46
Peso de la camada vivos, kg	13.21 +- 0.65	14.88 +- 0.73
Tamaño de la camada (14 días)	8.90 +- 0.41	9.41 +- 0.46
Peso de la camada (14 días) kg	31.45 +- 1.56	32.05 +- 1.74

¹ Los datos son medias de mínimos cuadrados +- error standard, no fueron detectadas diferencias significantes.

FUENTE: Munay et al., (1983).

TABLA 18. RENDIMIENTO REPRODUCTIVO¹ DE PRIMERIZAS EN EL EXPERIMENTO 3 INSTILADAS CON SEMEN TRATADO

Rendimiento reproductivo	Control	Semen tratado
Número de primerizas	20	21
Total de lechones nacidos	9.10 ± 0.43	10.19 ± 0.42
Lechones nacidos vivos	8.65 ± 0.42	9.76 ± 0.41
Peso de la camada vivos, kg	12.27 ± 0.67	13.17 ± 0.65
Tamaño de la camada (14 días)	8.25 ± 0.42	8.75 ± 0.42
Peso de la camada (14 días), kg	35.02 ± 1.61	33.65 ± 1.65

¹ Los datos son medias de mínimos cuadrados ± error standard; sin diferencias significantes.

FUENTE: Munay et al., (1983).

TABLA 19. RENDIMIENTO REPRODUCTIVO DE PRIMERIZAS EN LOS EXPERIMENTOS 1^a, 2 Y 3 INSTILADAS ANTES DE LA INSEMINACION ARTIFICIAL

Rendimiento reproductivo	Control *	Semen tratado *	P
Número de primerizas	51	46	
Total de lechones nacidos	9.43 +- 0.29	10.76 +- 0.32	< .001
Lechones nacidos vivos	9.13 +- 0.29	10.28 +- 0.31	< .001
Peso de la camada vivos, kg	12.04 +- 0.43	13.22 +- 0.47	< .01
Tamaño de la camada (14 días)	8.35 +- 0.30	9.01 +- 0.33	n.s.
Peso de la camada (14 días), kg	31.77 +- 1.14	32.89 +- 1.25	n.s.

^a Primerizas del experimento 1 en este análisis mezcladas paridas antes del 15 de diciembre de 1978, cuando los problemas de reproducción en éste experimento empezó.

* Medias de mínimos cuadrados +- error standard, ajustado para los efectos debido al experimento.

n.s. No significativo.

FUENTE: Murray et al., (1983).

contenia 2 X 10⁶ espermatozoides diluidos en un diluyente de 2 fases, y se empleó 36 horas después de la colección. Antes de la inseminación una ampollita que contenía el aditivo apropiado fue descongelada y adicionada al semen. El aditivo utilizado y los cuatro grupos representados en cada uno de los cinco experimentos están descritos en la tabla 20. Todos los aditivos fueron evaluados *in vitro* antes de iniciar los experimentos para asegurar que no hubiera influencia negativa sobre la motilidad y aglutinación de los espermatozoides. Las hembras fueron sacrificadas entre los 28 y los 42 días después de la IA. Las diferencias en los índices de concepción fueron probados por el análisis de ji-cuadrada, y las diferencias entre la media del índice de ovulación y el número de embriones, por la prueba de t de Student. El modelo de mínimos cuadrados fue usado para estimar el efecto del grupo experimental sobre el número de embriones por primeriza preñada, incluyendo los cinco experimentos. Las medias (desviación standard) en el número de CL y número de embriones fueron de 14.2 (2.6) y 10.5 (3.2), respectivamente. La tabla 21 presenta los resultados de fertilidad de los grupos en los experimentos del uno al cinco. Dentro de los experimentos, ninguno de los grupos difiere significativamente del grupo de control en cuanto a índice de concepción, excepto para los 12.5 mg de concavalina A en los grupos experimentales 4 y 5, en donde las cerdas primerizas no estaban preñadas. No hubo diferencias importantes en el número de CL o embriones entre los grupos experimental y de control. Comparando los datos de los cinco experimentos, ninguno de los grupos tuvo un número significativamente más alto de embriones respecto al grupo de control (tabla 22). La tabla 23 resume los

TABLA 20. ADITIVOS USADOS EN INSEMINACION ARTIFICIAL DE PRIMERIZAS
Y LOS 4 GRUPOS REPRESENTADOS EN CADA UNO DE
LOS 5 EXPERIMENTOS

Aditivo ¹ (grupo)	Tratamiento ²				
	I	II	III	IV	V
2 ml del segundo diluyente (control)	x	x	x	x	x
1.6 x 10 ⁸ de leucocitos de ganado bovino ³	x				
1 mg de mycobacterium smegmatis	x				
0.4 mg N-acetilmuramyl-L-alanyl-D-isoglutamina x 2 H ₂ O	x	x			
1 mg Corynebacterium parvum ³		x			
0.8 mg Frohemaglutinina purificada (PHA)			x		
0.8 mg Mitógeno Pokeweed (PWM)			x		
0.5 mg Concavalina A		x	x	x	x
2.5 mg Concavalina A				x	x
12.5 mg Concavalina A				x	x

¹ Preparado y/o diluido en 2 ml de el segundo diluyente (Haeger y MacIe 1971) en el departamento de microbiología e inmunología, The Norwegian College of Veterinary Medicine y Almacenado a - 18°C hasta usarlo.

² Preparado de acuerdo a Almild (1981) y congelado a - 18°C.

³ Cordialmente donado por The Wellcome Research Laboratories.

⁴ Experimento I, II, y V: IA en el segundo estro. Experimento III y V: IA 1er. estro.

FUENTE: Bächfeldt, (1984).

TABLA 21. RESULTADOS DE FERTILIDAD EN PRIMERIZAS USANDO DIFERENTES
SUSTANCIAS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA

Exp.	Grupo	Primerizas Inseminadas	Índice de Concepción	Por primeriza preñada		Supervi- vencia ¹
				C X ± S.E	Embriones X ± S.E	
I	Control	33	82%	14.6 ± 0.5	11.6 ± 0.5	79.4%
	Leucocitos	36	71%	14.2 ± 0.5	10.9 ± 0.6	76.6%
	M. smegmatis	33	73%	14.3 ± 0.4	10.8 ± 0.7	75.0%
	MDP	36	83%	13.6 ± 0.5	10.6 ± 0.6	78.1%
II	Control	53	83%	14.2 ± 0.4	10.1 ± 0.5	70.8%
	MDP	48	71%	14.6 ± 0.5	10.7 ± 0.6	73.1%
	C. parvum	50	78%	14.7 ± 0.5	10.4 ± 0.5	70.6%
	Con A, .5 mg	49	69%	14.4 ± 0.4	10.7 ± 0.6	74.8%
III	Control	38	79%	14.0 ± 0.5	10.7 ± 0.6	76.4%
	Con A, .5 mg	39	90%	13.8 ± 0.5	11.0 ± 0.4	79.7%
	PHA	36	92%	13.6 ± 0.4	10.1 ± 0.6	73.9%
	PWM	36	86%	13.4 ± 0.4	9.3 ± 0.6	69.2%
IV	Control	25	84%	13.9 ± 0.4	9.6 ± 0.6	69.1%
	Con A, .5 mg	24	75%	13.8 ± 0.7	9.8 ± 0.9	71.1%
	Con A, 2.5 mg	23	78%	14.3 ± 0.4	9.8 ± 0.6	68.9%
	Con A, 12.5 mg	9	0%	---	---	---
V	Control	21	71%	15.3 ± 0.5	12.1 ± 0.9	79.5%
	Con A, .5 mg	20	80%	16.1 ± 0.8	10.4 ± 0.8	68.9%
	Con A, 2.5 mg	21	57%	15.8 ± 0.6	10.0 ± 1.4	63.6%
	Con A, 12.5 mg	9	0%	---	---	---

¹ Número promedio de embriones x 100% / número promedio de cuerpos lúteos.

FUENTE: Blichfeld, (1984).

TABLA 22. RESULTADOS DE FERTILIDAD CALCULADOS DE DATOS MEZCLADOS
DE LOS EXPERIMENTOS I A V

Grupo	Primerizas Inseminadas	Índice de Concepción	Embriones por primeriza preñada	
			X \pm S.E. ¹	Relativo a control
Control	170	81%	10.56 \pm 0.26	100%
Leucocitos	35	71%	10.24 \pm 0.71	97%
M. smegmatis	33	73%	10.01 \pm 0.72	95%
MDP	83	76%	10.58 \pm 0.44	100%
C. parvum	50	78%	10.43 \pm 0.55	99%
PHA	36	92%	9.92 \pm 0.62	94%
PWM	36	86%	9.35 \pm 0.63	88%
Con A, .5 mg	132	78%	10.76 \pm 0.31	102%
Con A, 2.5 mg	44	68%	9.86 \pm 0.59	93%
Con A, 12.5 mg	18	0%	---	---

¹ Medias de mínimos cuadrados \pm error standard; efecto de el experimento y número de cuerpos lúteos constantes.

FUENTE: Blichfeldt, (1984).

**TABLA 23. INDICE DE CONCEPCION (CR), NUMERO TOTAL DE PRIMERIZAS PREÑADAS (N),
 TAMAÑO DE LA CAMADA (LS) Y SUPERVIVENCIA EMBRIONARIA (ES)
 EN GRUPOS CONTROL Y EXPERIMENTAL EN ESTUDIOS CUANDO
 LEUCOCITOS, ETC. FUERON ADICIONADOS AL SEMEN**

Fuente	Grupos control				Grupos experimentales			
	CR	N	LS	ES	CR	N	LS	ES
Almlid (1981)	87%	52	9.4	67.6%	83%	93	10.7	75.9%
Kangasniemi (1982)	87%	40	9.4	73.7%	70%	40	9.4	70.4%
Meding (1983)	83%	58	11.6	--	87%	66	11.5	--
Presente estudio								
Experimento I ¹	82%	27	11.6	79.4%	71%	25	10.9	76.9%
Experimento I a V ²	81%	137	10.7	74.5%	75%	348	10.4	73.3%

¹ Control y grupo de leucocitos en el experimento I.

² Mezclado para grupos control y experimental en los experimentos I a V.

FUENTE: Bilchfeldt, (1984).

resultados de este y otros experimentos cuando se adicionaron leucocitos al semen. Finalmente se concluye que el rendimiento reproductivo de las cerdas primerizas inseminadas artificialmente fue relativamente grande, y bajo tales circunstancias la adición de los antígenos, adyuvantes o mitógenos en el semen, no incrementa la supervivencia embrionaria (10).

Murray *et al.* reportan los datos de un estudio en donde determinaron los efectos del tamaño de la camada en cerdas primerizas tratadas con semen del animal que se uso para aparearlas y de cerdas primerizas tratadas con semen de un cerdo diferente al donador. Otros 2 experimentos de diseño idéntico fueron llevados a cabo; uno en el periodo invierno-primavera y otro en la fase verano-otoño. En cada experimento, las cerdas de un solo parto fueron asignadas a 1 de 3 tratamientos: Grupo 1 (control), grupo 2 (infusión intauterina con semen del mismo semental usado para el apareamiento) y grupo 3 (infusión intauterina con semen de un ejemplar diferente al usado para el apareamiento). Los datos de los 2 experimentos fueron analizados por el método de varianza de mínimos cuadrados; la media de mínimos cuadrados fue separada por la prueba de rango múltiple de Duncan. El análisis reveló diferencias entre los experimentos 1 y 2 en los datos reproductivos a 14 días, pero no hubo ninguna interacción entre los experimentos y el rendimiento reproductivo (Tabla 24). Las primerizas instiladas con semen del mismo animal que las apareó (grupo 2) tuvieron rendimientos reproductivos más grandes que las de los otros grupos (Tabla 25), pero sólo el peso de la camada en los lechones nacidos vivos del grupo 2 fue diferente del grupo de control. Por otro lado, las diferencias entre los grupos instilados y el de control

TABLA 24. RENDIMIENTO REPRODUCTIVO DE PRIMERIZAS INSTILADAS CON SEMEN MUERTO PARA INCREMENTAR EL TAMAÑO DE LA CAMADA

Rendimiento reproductivo ^a	Experimento 1	Experimento 2
Número de camadas	45	28
Total de lechones nacidos	10.44 +- 0.38	9.46 +- 0.40
Lechones nacidos vivos	9.69 +- 0.40	9.13 +- 0.50
Peso de la camada de vivos, kg	12.94 +- 0.40	12.45 +- 0.61
Tamaño de la camada (14 días)	6.91 +- 0.40	8.36 +- 0.53 b
Peso de la camada (14 días) kg	27.38 +- 1.58	32.75 +- 2.07 b

^a Excepto para número de camada, los datos son medias de mínimos cuadrados +- error standard.

^b Diferente del experimento 1 (P < 0.05).

FUENTE: Murray et al., (1986).

TABLA 25. RENDIMIENTO REPRODUCTIVO DE PRIMERIZAS CONTROL E INSTILADAS
CON SEMEN MUERTO

Rendimiento reproductivo	Grupo 1 (No instalado control)	Grupo 2 (Instalado con el mismo semental)	Grupo 3 (Instalado con diferente semental)
Número de camadas	27	22	24
Total de lechones nacidos	9.17 +- 0.49	10.64 +- 0.54	10.05 +- 0.52
Lechones nacidos vivos	8.55 +- 0.51	9.92 +- 0.57	9.76 +- 0.54
Peso de la camada de vivos, kg	11.58 +- 0.63 b	13.60 +- 0.69 c	12.91 +- 0.66 bc
Tamaño de la camada (14 días)	6.95 +- 0.52	7.96 +- 0.59	8.00 +- 0.56
Peso de la camada (14 días) kg	29.31 +- 2.04	30.90 +- 2.31	29.98 +- 2.21

^a Excepto para número de camada, los datos son medias de mínimos cuadrados +- error standard.

b,c Medias en el mismo renglón con índices comunes son similares ($P > 0.05$).

FUENTE: Murray et al., (1986).

fueron relativamente más grandes. Aunque un número similar de hembras fueron asignadas a cada tratamiento, el número de cerdas instiladas varió porque en algunos grupos instilados las cerdas no presentaron estro durante los 21 días del periodo de infusión. De esta manera los animales asignados a estos grupos fueron menos que los experimentales porque no se utilizaron antes del apareamiento. No obstante, un mayor número de primerizas no pudieron ciclar durante los periodos de infusión en la temporada reproductiva de verano (Experimento 2) que en la del invierno (Experimento 1). No obstante, no hubo diferencias entre los 3 grupos en ninguno de los experimentos. El análisis de los grupos instilados cotejado contra el control, reveló que la infusión de semen muerto mejora el rendimiento reproductivo (Tabla 26). El tamaño de la camada y el peso de las crías al nacer en las hembras del grupo instilado, fueron superiores que en las cerdas del grupo de control, además el rendimiento reproductivo a 14 días en el grupo instilado tiende a ser mejor que en el grupo de control, puesto que este estudio demostró que la infusión con semen, seguida por el apareamiento con el donador del semen, no mejora el rendimiento reproductivo si se le compara con la infusión de semen inespecífico. Si el efecto intrauterino con semen tratado tuvo una base inmunológica, la escasez de especificidad entre la fuente del semen usado para la infusión y el usado en el apareamiento, sugieren que otros factores de antigenicidad son los responsables en el mejoramiento de la eficiencia reproductiva en las cerdas primerizas que son instiladas, por lo que se concluye que los resultados obtenidos indican que el rendimiento reproductivo puede ser incrementado hasta en un 15% por la infusión con semen muerto (64).

TABLA 26. RENDIMIENTO REPRODUCTIVO DE PRIMERIZAS CONTROL E INSTALADAS
(MEZCLADO) CON SEMEN MUERTO

Rendimiento reproductivo ^a	Control	Semen instalado (grupos 2 y 3)	P
Número de camadas	27	46	
Total de lechones nacidos	9.17 +- 0.49	10.34 +- 0.37	< .07
Lechones nacidos vivos	8.55 +- 0.51	9.84 +- 0.39	< .05
Peso de la camada de vivos, kg	11.58 +- 0.62	13.24 +- 0.48	< .05
Tamaño de la camada (14 días)	6.95 +- 0.52	7.98 +- 0.41	> .1
Peso de la camada (14 días) kg	29.31 +- 2.04	30.43 +- 1.59	> .1

^a Excepto para número de camadas, los datos son medias de mínimos cuadrados +- error standard.

FUENTE: Murray et al., (1986).

Giles et al. llevaron a cabo 2 estudios simultaneamente, para determinar si la infusión intrauterina de semen muerto diluido o la albúmina de huevo no afecta el índice de ovulación o el número de embriones en las cerdas primerizas a 40 días de gestación. El objetivo del experimento 2 fue medir el índice de preñez subsecuente y el tamaño de la camada en cerdas instiladas poco después del parto con diferentes componentes del esperma (semen muerto o plasma seminal). El plasma seminal fue incluido como un tratamiento, ya que fue similar al tratamiento del semen muerto. En el experimento 1 las cerdas primerizas fueron revisadas para el estro dos veces al día empleando sementales intactos o vasectomizados, y se les asignaron a ellas 1 de 3 tratamientos durante el inicio del estro. Las primerizas fueron tratadas con la solución por la vía del cérvix en el segundo día de estro. Las soluciones del tratamiento fueron la solución descongeladora Beltsville (BTS; 100 ml); semen mezclado de 4 sementales, muerto por descongelación a -20°C o albúmina de huevo (50 ml + 50 ml de BTS). Las cerdas primerizas que retornaron al estro entre 16 y 25 días después de la infusión fueron inseminadas 2 veces después del inicio del estro. Las dosis contenían semen mezclado de 2 sementales (uno que fue usado para las inseminaciones con esperma muerto). Las primerizas que recibieron la infusión y retornaron al estro antes de 16 días o después de 25, no fueron inseminadas y se les eliminó ($n = 4$; tabla 27). El índice de preñez fue definido como el porcentaje de primerizas inseminadas que tuvieron por lo menos un embrión al sacrificio y los embriones por CL fueron definidos como el porcentaje de CL representado por los embriones vivos al sacrificio. En el experimento 2 las hembras primíparas y multiparas fueron instiladas el día de, ó 1 día después del

TABLA 27. NUMERO DE PRIMERIZAS, INDICE DE PREÑEZ EN JA Y RENDIMIENTO REPRODUCTIVO PARA CADA TRATAMIENTO DE INFUSION (EXPERIMENTO 1). LA INFUSION DE LOS TRATAMIENTOS FUERON SOLUCION DESCONGELADORA BELTSVILLE (BTS), SEMEN NO VIABLE (NS) Y ALBUMINA DE HUEVO (EA)

Concepto	Infusión de tratamiento		
	BTS	NS	EA
Primerizas tratadas	28	29	31
Primerizas IA	28	29	27
Primerizas preñadas (%)+	22 (76 +- 8.3)	25 (85 +- 8.2)	15 (54 +- 8.4)
Embriones totales ++	9.6 +- 0.7	9.0 +- 0.7	9.6 +- 0.8
Embriones vivos ++	9.4 +- 0.7	8.7 +- 0.7	9.2 +- 0.8
Embriones muertos ++	0.2 +- 0.2	0.3 +- 0.2	0.4 +- 0.2
Peso del embrión (g)+	6.0 +- 1.0	3.8 +- 1.0	5.9 +- 1.2
Embriones/CL x 100+	69.1 +- 5.0	63.7 +- 4.9	68.6 +- 5.8
Cuerpos lúteos (CL)+	14.6 +- 0.5 ±&	12.9 +- 0.5 ±*	13.3 +- 0.5 *

+ Los datos son medias de mínimos cuadrados +- error standard.

±* Ajustado por número de cuerpos lúteos.

FUENTE: Giles et al., (1990).

parto. Aunque un estro infértil es comúnmente observado después del parto en el ganado porcino, no se intentó instilar la solución en este estro. Las soluciones para los tratamientos fueron BTS, semen muerto o plasma seminal colectado de un semental vasectomizado (plasma seminal, 50 ml de fluidos seminales + 50 ml de BTS). Las camadas fueron destetadas aproximadamente a los 28 días de edad y las cerdas inseminadas 2 veces en el primer estro postdestete con sementales diferentes de los usados para la solución del tratamiento. Las cerdas que no presentaron estro a las 2 semanas del destete fueron eliminadas y no se les incluyó en el intervalo del destete al estro. El índice de preñez se definió como la proporción de hembras inseminadas que parieron subsecuentemente. Los datos fueron evaluados por el análisis de varianza, empleando el modelo lineal general del sistema de análisis estadístico del Instituto Inc.. Las diferencias entre la media de mínimos cuadrados fueron determinadas por la manifestación de la diferencia predicha. Las cerdas primerizas instiladas en el experimento 1 fueron inseminadas en el estro subsecuente, pero pocas cerdas primerizas tratadas con albúmina quedaron preñadas y no hubo diferencias significativas en el índice de preñez entre los grupos. Sin embargo, el número de embriones vivos y muertos (Tabla 27) no estuvo influido por el tratamiento con el semen muerto o la albúmina antes del apareamiento. Los embriones por CL y el peso de los embriones no fue afectado por el tratamiento; el número de CL era diferente ($P < 0.05$) entre uno y otro tratamiento (Tabla 27). En el experimento 2 el semen muerto y el plasma seminal fueron incluidos para determinar si el rendimiento reproductivo puede ser afectado y para saber, de este modo, qué componente del eyaculado es el factor influyente. Sin embargo, no se detectaron

diferencias en los índices de preñez entre los grupos tratados (tabla 28). El número de lechones (vivos y muertos) al nacimiento no fue afectado por las infusiones dadas después del parto (tabla 28). El semen muerto y el plasma seminal no tuvieron ningún efecto en las variables estudiadas. Aunque la falta de datos sobre la ovulación limita este experimento, se debe notar que en el pospartum la cerda pasa por un período de involución uterina, lo que puede reducir el tiempo de exposición a los antígenos seminales. Los resultados sugieren que hay una influencia en el status hormonal, como se indica en el índice de ovulación, y una respuesta inmunológica en los embriones de las cerdas instiladas con plasma seminal o proteínas extrañas antes de la inseminación. Por consiguiente, las infusiones dadas un ciclo estral antes del apareamiento o después del parto, no afectan el rendimiento reproductivo subsecuente, cuando se compara con hembras de control, por lo que se concluye que la infusión con semen muerto o albúmina en útero antes del apareamiento no afecta el índice de preñez o el número de embriones a 38 días de gestación. Además, la infusión de semen muerto o el plasma seminal en el día de, ó 1 día después del parto, no afecta el índice de preñez o el tamaño de la camada de la siguiente camada en las cerdas instiladas (26).

TABLA 28. NUMERO DE CERDAS APAREADAS, PREÑADAS Y PRODUCCION DE CAMADAS INFLUENCIADAS POR LA INFUSION DE TRATAMIENTO (EXPERIMENTO 2). LA INFUSION DE LOS TRATAMIENTOS FUERON SOLUCION DESCONGELADORA BELTSVILLE (BTS) SEMEN NO CONGELADO (NS) O PLASMA SEMINAL (SP)

Concepto	Infusión de tratamiento		
	BTS	NS	EA
Cerdas tratadas	60	62	57
Cerdas apareadas	40	48	45
Cerdas paridas (%)+	35 (87 ± 5.7)	42 (84 ± 4.7)	43 (92 ± 5.6)
Lechones totales +	11.2 ± 0.5	10.0 ± 0.4	11.0 ± 0.4
Lechones vivos +	10.0 ± 0.5	9.2 ± 0.4	9.7 ± 0.4
Lechones muertos +	1.1 ± 0.3	0.8 ± 0.2	1.2 ± 0.2

+ Medias de mínimos cuadrados ± error standard.

FUENTE: Giles et al., (1990).

V. USO DE SEMEN FRESCO Y CONGELADO

El uso de semen congelado en la producción industrial de cerdos está limitado por los resultados de fertilidad tan deficientes que representa (84). A pesar de los avances de investigación, la fertilidad obtenida con semen congelado, aún no ha alcanzado los índices de fertilidad que tiene la monta natural o la IA con semen fresco, factor que impide su uso a gran escala (91). Sin embargo, su aplicación está recomendada en situaciones específicas de preservación o intercambio de material genético de alto valor, en donde se sustituye con ventajas económicas y sanitarias la manutención y reposición de los animales reproductores (83).

A) Semen fresco y congelado

Los resultados de baja fertilidad obtenidos con semen congelado confirman las investigaciones de Johnson, quien informa que con el semen congelado se obtienen un índice de partos y un promedio de lechones nacidos de 47% y 7.1, respectivamente, cifras inferiores al 79% y 9.9 que se logran con semen fresco de los mismos sementales (45). La Meat and Livestock Commission alcanzó índices semejantes de fertilidad con semen congelado exportándolo a 4 ciudades entre 1982 y 1984 (Tabla 29).

Puede observarse que los resultados de la tabla 29 parecen estar correlacionados con el número de inseminaciones por estro, lo que confirma lo reportado por Reed *et al.* con un servicio de monta natural (79). Sin embargo, otros factores, que influyen la fertilidad de las cerdas inseminadas con semen congelado bajo condiciones de campo investigadas por Paquignon, fueron similares (68).

TABLA 29. NUMERO DE INSEMINACIONES POR ESTRO RELACIONADO A LOS RESULTADOS DE FERTILIDAD DEL SEMEN DE CERDO CONGELADO POR EL METODO BF-5

Número de IA por estro	Número de apareamientos	Número de cerdas inseminadas	Número de sucesos	Índice de partos %	Número de lechones nacidos	Número de camadas	Número del porcentaje de nacidos
1	3	10	3	30	14	3	4.7
2	5	110	51	47	292	43	6.7
3	4	57	35	61	282	34	8.3
Total	5	177	89	138	588	80	7.4

FUENTE: Reed et al., (1985).

Los requerimientos futuros para la congelación del semen están probablemente influenciados por los servicios de la IA comercial con semen fresco, así como por los factores enlistados en la tabla 30. La dilución del semen fresco hasta por 3 ó 4 días, facilita su transportación, lo que permite usar una doble inseminación en el mismo estro, con lo que se mejora el control sanitario y abarata todo lo relacionado con el reparto de semen. Esa es la experiencia de varias ciudades europeas y de Norteamérica durante los últimos años. Parece improbable que la congelación del semen pueda reemplazar el uso del semen fresco, independientemente del mejoramiento de las técnicas. Sin embargo, la evidencia presentada muestra que la congelación del semen podría desempeñar un papel importante en ciertos sectores de la industria porcina. Parece que los centros de IA generalmente procesan la congelación de semen con propósitos comerciales. Además, una de las ventajas del semen congelado es la de salvaguardar la sanidad proporcionada por el almacenaje de semen congelado en un centro separado del estudio de IA, lo que permite la terminación de algunas pruebas de sanidad específicas para las organizaciones reproductivas antes de usarlos en los programas reproductivos (79).

De la cantidad total del semen congelado que se utiliza, más del 90% se procesa en los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá, principalmente para exportarlo a ciudades de Europa Occidental y al Lejano Oriente. La información indica que el 81% del semen congelado se usa en piaras productoras de cerdo, frente al 9% que se destina a piaras que producen cerdos para el abasto. Estas cifras están basadas en la suposición de que todo el semen importado (62%) se utilizó para producir cerdos reproductores. El resto se empleó con propósitos de

TABLA 30. FACTORES QUE LIMITAN EL EMPLEO DE SEMEN CONGELADO

Factor	Mayor	Menor
Bajos niveles de fertilidad alcanzados comparado con semen fresco	19	---
Variación en éxito de congelación entre sementales	10	7
Altas dosis de espermatozoides por botella requerida	9	9
Procedimiento demaciado costoso	10	6
Escases de pruebas de laboratorio confiables para asegurar valoración de calidad del semen	6	11
Tiempo de inseminación demaciado crítico	6	11
Procedimiento de descongelación demaciado complejo	3	12
Procedimiento de procesado del semen demaciado complejo	1	16
Disponibilidad de nitrógeno líquido para tanques criogénicos almacenado en la granja	3	10

FUENTE: Reed et al., (1985)

investigación (10%) y para control genético nacional (1%). Estas cifras son estimadas por tratarse de menos del 0.5% de la cantidad total de inseminaciones artificiales llevadas a cabo (79).

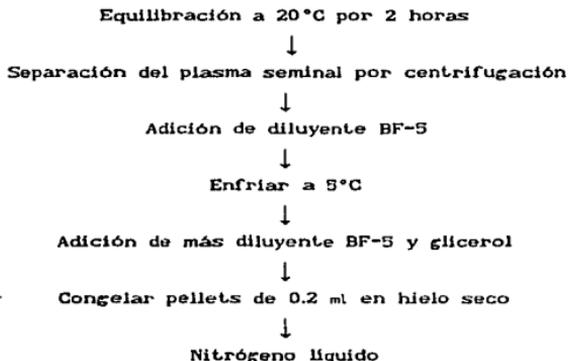
Experimentos previos han demostrado que el semen congelado no puede llevarse a una escala comercial muy extensa en un futuro previsible a causa de las siguientes diferencias:

- 1) La alta dosis de espermatozoides (5×10^8 por inseminación) necesarios para obtener la fertilidad razonable bajo condiciones de campo, lo que incrementa el costo de un servicio de semen congelado comparado con uno de semen fresco.
- 2) La valoración de laboratorio de la calidad del semen es de valor muy limitado en el potencial de fertilidad de un semental.
- 3) Hay una variación muy drástica en la posibilidad de congelación entre sementales.
- 4) La técnica de procesamiento del semen es muy complicado y emplea más tiempo comparado con el proceso utilizado para semen fresco.
- 5) Los productores que aplican sus propias inseminaciones necesitan tener fácil acceso al suministro de nitrógeno líquido.
- 6) El tiempo de inseminación(es) en relación a la ovulación y detección de estro, es crítico.
- 7) El promedio en el índice de concepción y el tamaño de la camada obtenidos con semen congelado, son más bajos que los obtenidos con semen fresco (78).

B) Técnicas y métodos para la congelación del semen de cerdo

Varios métodos para la congelación de semen son similares, ya que involucran un periodo de equilibración, concentración por centrifugación, adición del diluyente y glicerol antes de la congelación de pellets o pajillas (81). Entre las técnicas disponibles para el congelamiento del semen, parece que los centros de IA procesan el semen con propósitos comerciales, usando un par de opciones de congelamiento con pequeñas variaciones. Una está basada en el diluyente BF-5 (método Beltsville) descrito en los Estados Unidos, en la que el semen es envasado en forma de pellets (79). La otra está basada en el diluyente Hülseberg, descrita en Alemania y modificada en Suiza, con ella el semen es envasado en pajillas de 6-10 ml (79,84).

a) Procedimiento para la congelación del semen de cerdo



b) procedimiento para descongelar el semen de cerdo

Para llevar a cabo este procedimiento, todo el equipo debe estar limpio (lavado y enjuagado con agua bidestilada y escurrido) y disponible para ser usado.

- 1) Sacar la solución descongelante del congelador y descongelarla a temperatura ambiente. Este descongelamiento puede hacerse más rápido con agua hirviendo. Se debe cuidar que no entre agua a las botellas.
- 2) Llenar hasta la mitad la caja de poliuretano con agua hirviendo. Colocar la solución descongelante en un vaso de precipitado limpio poniéndolo en la caja de poliuretano que contiene agua hirviendo, a modo de un baño María y verificar con el termómetro que la temperatura alcance los 42°C en la solución descongelante.
- 3) Sacar del termo, el tubo que contiene la dosis de semen. La canastilla no deberá estar por arriba del cuello del termo durante más de 5 segundos. Permitir que salga el nitrógeno líquido que existe dentro del tubo. Existen orificios en la parte superior como en la inferior del tubo por los que drenará el nitrógeno líquido rápidamente.
- 4) Colocar los pellets (el contenido de la dosis de semen) en la otra caja de poliuretano, sin taparla.
- 5) Dejar los pellets en la caja durante 3 minutos, usando un reloj de arena.

- 6) Sacar el vaso de precipitado del agua hirviendo, asegurándose que la solución descongelante se encuentre a 42°C, cuando vayan a cumplirse los 3 minutos para vaciar los pellets a la solución descongelante y mezclarla suavemente. Los pellets se descongelan en 20 segundos aproximadamente. Una vez que los pellets han sido descongelados no se debe regresar el vaso de precipitado ni la botella al agua caliente.
- 7) Secar el agua que se encuentra sobre la superficie del vaso de precipitado y vaciar el semen en la botella de inseminación. La inseminación deberá realizarse tan pronto como sea posible después del descongelamiento. Para obtener buenos resultados de inseminación se deberá realizar dentro de los primeros 15 minutos y no deberá usarse después de los 30 minutos del descongelamiento (43).

c) número de espermatozoides y volumen por dosis de inseminación para semen congelado

Para una dosis de semen congelado se necesitan de 3 a 6 X 10⁶ espermatozoides contenidos en pellets congelados de 10 ml y en un volumen de 80 a 100 ml al ser descongelados (43,45,73,74,75). Otros autores mencionan que para una dosis de inseminación sólo se necesitan 3 X 10⁶ espermatozoides en un volumen de 80 a 100 ml (12,78). Sin embargo en un estudio comparativo realizado por Pursel et al. en donde calculó la motilidad espermática y el número de los espermatozoides con arruga apical normal (NAR), los espermatozoides inseminados

fueron para semen fresco, 2.4×10^9 y 2.8×10^9 y, para congelado, 2.5×10^9 y 2.8×10^9 . En este estudio la morfología acrosomal fue más baja en los espermatozoides congelados, 53% de NAR contra 93% en frescos. Sin embargo, el tiempo de supervivencia de los espermatozoides congelados y descongelados en útero y oviducto es muy reducido (72). Esto indica que aun cuando muchos espermatozoides congelados y descongelados están móviles y poseen membrana acrosomal intacta, algún otro factor esencial en la viabilidad es afectado por el congelamiento y descongelamiento (46).

Aunque hay una considerable variación entre los sementales con respecto a la calidad del semen congelado, la técnica de la pajilla ofrece el potencial de lograr un producto de más calidad y, por consiguiente, de mejorar los índices de concepción y el tamaño de la camada.

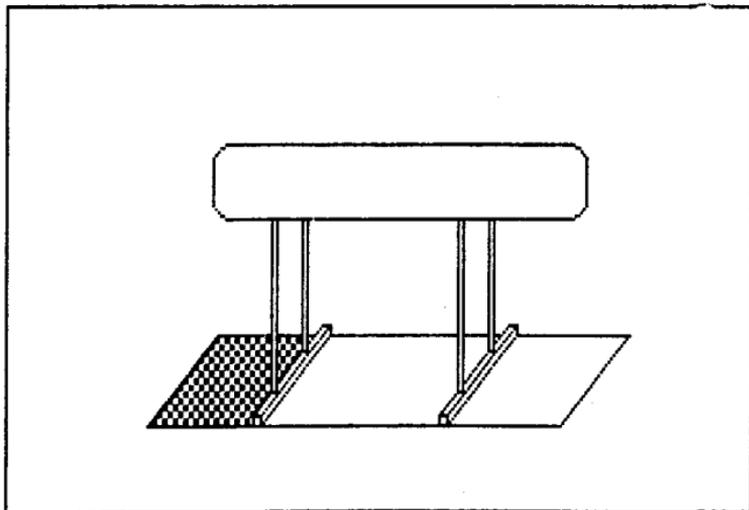
C) Métodos de colección, evaluación, dilución, almacenaje, transporte e inseminación artificial con semen de cerdo

Las características seminales pueden ser influidas por la frecuencia de colección, grado de estabilización de las reservas de espermatozoides epididimales, amplitud de preparación sexual, edad de madurez sexual, temporada y nivel nutricional. Cada uno de estos factores deben ser considerados cuando se efectúa la colección de semen para la evaluación de los sementales. Además de la colección, los procedimientos involucran la evaluación, dilución, almacenaje e IA y, por consiguiente, también se deben tomar en cuenta la pérdida de los espermias en el equipo de colección, prevenir la contaminación, shock por enfriamiento y las pérdidas totales. Tales disturbios inducidos, durante todos estos procedimientos, pueden causar variaciones y decisiones al momento de aparear o reemplazar sementales (109).

a) Colección del semen

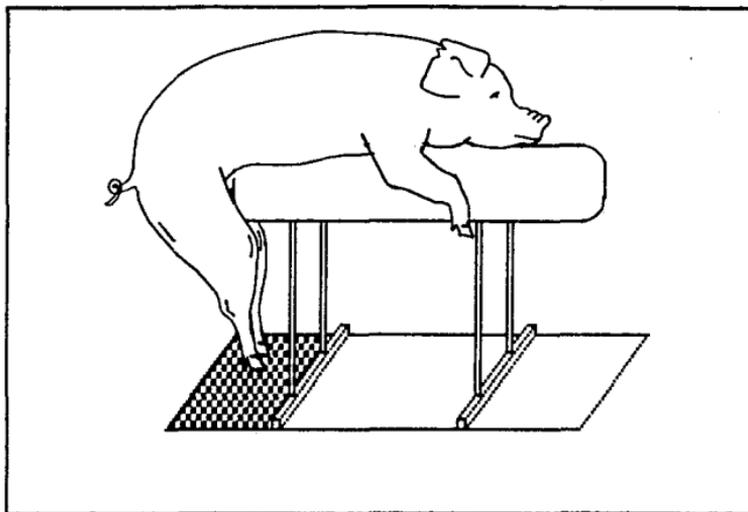
La colección de semen frecuentemente se lleva a cabo usando vaginas artificiales (39). Sin embargo, generalmente se acepta que el método más usado para coleccionar el semen es por la fijación del pene (78), por medio del método de la mano enguantada con la manga Rubber (39,45,47,48,49,75,78,91, 95,109) y usando una cerda maniquí (figuras 19 y 20). No obstante, la forma y el tamaño de la cerda maniquí varían, como también el sitio de colección. Algunos centros de IA prefieren un corral de colección separado, mientras que otros usan una cerda maniquí portátil adentro del corral del semental (78). La técnica involucra la eliminación del fluido prepuccial, el cual es una considerable fuente de

FIGURA 19. MANIQUI USADO PARA LA COLECCION DE SEMEN DE CERDO.



FUENTE : INTERNATIONAL BARR SEMEN, (1990).

FIGURA 20. SEMENTAL MONTANDO EL MANIQUI PARA LA COLECCION DE SEMEN.



FUENTE : INTERNATIONAL BARR SEMEN, (1990).

contaminación, antes de colectar la fracción rica de espermatozoides. Es importante fijarse en que el semen no entre en contacto con los flancos del semental o con la mano del colector. El semen debe ser coleccionado en un termo precalentado cubierto con un filtro para eliminar el gel. Normalmente las muestras acuosas o con sangre son desechadas. Todo el equipo debe estar lavado, seco, cerrado y a la temperatura del cerdo (39).

b) Técnica de colección

Cuando el semental monta a la cerda maniquí el glande peniano (La punta del pene) se extiende parcialmente. Al semental se le debe permitir sacar de 3 a 4 veces antes de que el colector agarre el pene. Con la técnica de la mano enguantada, el glande peniano erecto y extendido se debe de agarrar con la mano y sujetarlo firmemente sobre el aparato de colección. La presión es de extrema importancia, ya que si el pene es liberado, el semental retraerá su pene y desmontará. El agarrar y sujetar el pene del semental por un periodo de eyaculación total (5 a 25 minutos) puede ser un procedimiento muy aburrido, particularmente para el colector principiante (109).

c) Frecuencia de colección

La frecuencia de colección para propósitos de IA comercial depende de la necesidad de los espermatozoides. Lo adecuado es que con el semental se haga la recolección 2 ó 3 veces por semana para obtener la máxima concentración espermática y el volumen pertinente. Pero cuando haya necesidad de aumentar la cantidad de semen, la colección puede ser efectuada en periodos cortos 1 ó 2 veces en un mismo día (3 a 5 días), aunque el semental puede experimentar una caída

de los espermias y de su conducta sexual (109). Es evidente que hay una considerable variación entre los sementales en cuanto al número de espermatozoides producidos, lo que dependen en buena medida del tamaño de los testiculos. Por consiguiente, los espermatozoides de la fracción abundante del eyaculado pueden ser incrementados en un corto periodo, permitiéndole al semental hacer una monta falsa y después restringirlo en un corral adyacente durante 2 minutos antes de colectar el semen (78). Sin embargo, al incrementar la frecuencia de colección baja la calidad del esperma, pero se incrementa su número. Además, los resultados de estudios previos indican que reduciendo el intervalo entre las colecciones, no hay ningún efecto adverso en cuanto al porcentaje de espermias vivos. No obstante, otros autores mencionan que no encontraron diferencias en colecciones con intervalos de 1 ó 3 días en el porcentaje de motilidad y anomalías, pero sí un mayor porcentaje de motilidad con un intervalo de 3 días y quizás más importante un mayor índice de preñez (3 días = 83% vs 1 día = 70%) (49).

d) Componentes del eyaculado

El eyaculado consta de 3 fracciones: las secreciones limpiadoras, la fracción rica en espermias y la fracción pobre en espermias con mucho material gelatinoso (37,109). Las secreciones limpiadoras son relativamente claras y se liberan primero (porción pre-espermática), en un tiempo que dura de 0.5 a 5 minutos del periodo de eyaculación. Esta fracción comprende de 5 a 20% del eyaculado y consiste en fluido acuoso con "tapioca" como pellets pero sin espermias; tales secreciones no deben ser coleccionadas. Esta fracción es seguida por otra blanca lechosa, rica en espermias, así como algo de material gelatinoso. Cuando esta fracción aparece

debe ser colectada en un termo de tapa ancha, tapándolo con una gasa de algodón. Generalmente esta fracción comprende de 30 a 50% del eyaculado y dura de 1 a 5 minutos del tiempo de eyaculación y consiste de un fluido de color blanco lechoso. Cuando el eyaculado se hace de una consistencia gelatinosa, la colección se termina, pero la presión se debe mantener hasta que el semental haya completado su eyaculación a su propia satisfacción. La fase final del eyaculado es de un material gelatinoso que comprende de 30 a 50% del eyaculado y dura de 2 a 8 minutos de la eyaculación y contiene muy pocos espermatozoides (109).

En promedio el eyaculado es 250 ml aproximadamente pero puede ser hasta de 500 ml, los eyaculados comúnmente contienen desde 40 hasta 250 000 millones de espermatozoides por ml (20), y de un solo eyaculado se pueden obtener desde 4 hasta 12 dosis de inseminación (12).

e) Evaluación del semen

La evaluación del semen se hace en 2 fases, una en la colección y otra en el laboratorio. Durante la primera el colector debe determinar si colectó la fracción rica en espermatozoides que es de un color blanco lechoso. Si el eyaculado colectado aparece claro, acuoso y poco transparente, la muestra es pobre y no debe ser usada para la IA. Si la muestra es cremosa, lechosa y espesa, es apropiada para procesarse. Cuando la muestra es buena debe ser evaluada en el laboratorio. Las muestras libres de gel son decantadas en un vaso precalentado a 37°C para la evaluación de laboratorio (109).

1) Evaluación microscópica

En el laboratorio, el semen se evalúa para motilidad espermática. Empleando una pipeta Pasteur, se pone una gota de semen sobre el portaobjetos y se cubre con el cubreobjeto, luego se pone sobre una platina calentada a 37°C; son 4 ó 5 las características que son evaluadas para determinar la calidad de la motilidad. Normalmente la motilidad es expresada como el porcentaje del movimiento o el número de células vivas. En muestras de semen de buena calidad, el movimiento espermático parece un banco de peces bajo el microscopio y en muestras de semen de pobre calidad, el movimiento no es observado. Aunque cuatro criterios son comúnmente utilizados durante la evaluación seminal (porcentaje de motilidad espermática, concentración, PH y morfología) sólo dos de ellos (porcentaje de motilidad espermática y concentración espermática (millones/ml)) son necesarios para calcular la dosis de inseminación (109).

f) Características del semen de cerdo

VOLUMEN: En el verraco asciende por término medio a 200 ml y fluctúa entre 50 y 500 ml de acuerdo con la edad del animal, técnica de colección y características individuales. Existen valores extremos superiores a los 500 ml (850 ml).

OLOR: El semen normal del verraco tiene un olor proteico neutro. Los olores fuertes o específicos del verraco indican contaminación por orina y secreciones prepuciales. El olor putrefacto indica alteraciones patológicas.

COLOR: Debe ser gris claro, blanco o marfileño. Los tonos amarillos, verdes, rosas o castaños indican contaminación patológica (pus, bacterias, orina, etcetera).

CONSISTENCIA: La consistencia en el eyaculado del verraco es entre acuosa y lechosa. El color y la consistencia guardan entre si relación y son expresiones de la concentración de los espermatozoides, es decir, del número por unidad de volumen. Así los espermas "claros" son el gris blanquecino y el acuoso, mientras que los "esposos" tienen aspecto entre blanco y marfileño y consistencia lechosa, muchas veces incluso cremosa.

PH: El PH de los espermatozoides del verraco fluctúa entre 6.8 y 7.8. Con frecuencia se determinan valores de PH de 6.9 a 7.2. Un eyaculado con bajo PH tiene más valor que otro con PH elevado.

MOTILIDAD: Esta debe ser corroborada a la mayor brevedad posible sobre un portaobjetos precalentado. El semen de buena calidad debe tener por lo menos 70% de motilidad.

DENSIDAD: La densidad del semen debe ser determinada usando un colorímetro. La concentración de semen no debe ser menor de 200 millones de espermatozoides por dosis y la proporción de semen-diluyente no debe exceder la proporción de 1:3.

ANORMALIDADES: Estas deben ser vigiladas rutinariamente, Cutler et al. sugieren los siguientes niveles de anomalías que pueden ser esperados en sementales de fertilidad normal: menos de 5% de cromosomas anormales, 5% de formas de cabeza anormal, 10% de gotas citoplasmáticas anormales y 5% de colas enroscadas (19).

La determinación refractométrica de sólidos seminales totales es una prueba de laboratorio rápida y segura que, con el empleo de sólo dos gotas de plasma seminal, revelará si esté es un eyaculado completo o incompleto. Sin ninguna otra prueba rápida reconocida para

distinguir eyaculados incompletos (valores abajo de 1 a 6%) en casos de espermia causada por hipoplasia testicular o degeneración de testículos, en donde los sólidos totales son usualmente normales. No obstante, la inflamación aguda de la glándula vesicular en la mayoría de los sementales resulta en un marcado decremento del contenido de sólidos totales. Ya que la vesiculitis en el semental es muy notoria (11).

g) Entrenamiento del semental

La mayoría de los sementales pueden ser entrenados para usuarios en la IA sin dificultad como lo indican los datos de the Meat and Livestock Commission (MLC) y the Pig Breeding Centres entre 1964 y 1980. El porcentaje de sementales entrenados para la IA de 10 meses de edad al ingresar fue más alto ($P < 0.001$) que en sementales de entre 10 y 18 meses. También hubo una diferencia entre ($P < 0.001$) el porcentaje de sementales de 10 a 18 meses comparado con sementales de más de 18 meses de edad. Además hubo diferencias entre razas de sementales, los Large White son mejor que los Landrace ($P < 0.005$). La raza Hampshire fue más difícil de entrenar que las otras razas ($P < 0.05$). Los datos muestran que cuando los sementales son introducidos a la cerda maniquí la primera vez aproximadamente el (66%) montan y eyaculan exitosamente. Sin embargo los sementales de las razas Large White y Landrace fueron mejor que las otras razas (Hampshire, Welsh, Lacombe, British, Saddleback y Duroc) ($P < 0.001$). De los sementales entrenados, que fueron eliminados a causa de bajo libido, sólo 12 montaron y eyacularon a la primera introducción con la cerda maniquí (78).

h) Alteraciones morfológicas en los espermatozoides de cerdo
 De los eyaculados colectados de sementales fértiles e infértiles, usados para la monta natural y para la IA, fueron examinadas algunas muestras usando un nuevo método de tinción sin fijación. En los 3 tipos de eyaculados las anomalías morfológicas más frecuentes fueron: Gota protoplásmica proximal (41.5, 4.05 y 1.67), determinación de acrosoma (17.8, 0.7 y 0.7%), migración de gota protoplásmica (17.4, 3.7 y 3.5%), cola enroscada (9.1, 2.3 y 1.9%), acroblasto persistente (5.5, 0.02 y 0%), cola enrollada (2.7, 0.3 y 0.2%), acrosoma incoloro (2.1, 0 y 0%), acrosoma condensado (1.7, 0.4 y 0.5%), acrosoma aumentado (0.8, 0.4 y 1.1%) y cola separada (0.8, 0.1 y 0.01%). Además hubo una diferencia más alta de gota proximal y migración protoplásmica en verano que en otras estaciones y en los eyaculados con una alta incidencia de anomalías espermáticas comparadas con las de baja incidencia (47).

D) Diluyentes para semen de cerdo

Los diluyentes para el semen fresco fueron descritos en Italia (Zoorlesco) y Suiza (Modena), los que permitieron almacenar semen hasta por 5 días y en algunos casos hasta de 8 a 12 días. La temperatura de almacenaje normal para estos diluyentes es de 64°F (17.78°C), lo que puede ser un problema en temporadas extremadamente frías. Sin embargo, este problema puede ser vencido usando el diluyente de yema de huevo-glucosa-bicarbonato, el cual le permite al semen ser almacenado a temperatura de refrigeración aproximadamente 40°F (4.44°C). Sin embargo el empleo del diluyente de yema de huevo reduce el tiempo de almacenaje (32).

Actualmente, en todo el mundo los programas de IA en el ganado porcino utilizan la tecnología de preservación del semen por periodos de 2 a 3 días. Sin embargo, después de los primeros resultados con la adición del etilen diamino tetra acetato (EDTA) a un diluyente glucosado y citratado, han sido publicados diversos estudios que relatan el desempeño del diluyente "Kiev", aisladamente o en comparación con otros diluyentes (91).

Hasta que recientemente el semen de cerdo fue congelado en pellets, diversas técnicas fueron descritas en distintas partes del mundo. Como la creada en Alemania y modificada en Suiza, la cual ha hecho posible la congelación de semen en pajillas antes que en pellets. Los resultados de un estudio comparativo entre el método de la pajilla Suiza y el de los pellets indican que los índices de concepción y el tamaño de la camada son más grandes con el método de la pajilla Suiza. Hay variación entre los sementales con respecto a la calidad del semen congelado, sin embargo la técnica de la pajilla ofrece el potencial para lograr un producto de mejor calidad (109).

a) Composición química de los diluyentes

Los diluyentes para preservar el semen de cerdo, son muy variados y muchos de ellos poseen generalmente los siguientes componentes.

- 3% de citrato de sodio con 70% de yema de huevo.
- De 7 a 9% de leche en polvo.
- 2.1 g de bicarbonato de sodio y 42.9 g de glucosa diluidos en 1000 ml de agua destilada o tridestilada.
- 1000 UI de penicilina y 1000 g de estreptomycinina por ml de diluyente (37).

b) Tipos de diluyentes

Los diferentes diluyentes requieren de procedimientos individuales para el almacenaje, preparación y procesamiento del semen (39).

El diluyente SCK-7 es almacenado en forma de polvo y debe ser preservado en un área seca y fría. Los antibióticos se adicionan al semen para salvaguardar la extrasanidad. El diluyente preparado debe almacenarse a una temperatura de 20°C como la óptima, aunque una variación de $\pm 5^\circ\text{C}$ es aceptable (39).

El diluyente de yema de huevo/glucosa, fue uno de los primeros que se prepararon especialmente para el campo, ahora sólo es usado en Bélgica (78).

El diluyente Illinois de Temperatura Variable (IVT) fue usado extensamente en Europa en los años sesenta y al inicio de los setenta, hasta que fue reemplazado por el diluyente Kiev (81).

Desde que se hizo la adición del EDTA a un diluyente con glucosa y citrato conocido en la literatura bajo los nombres de Guelp, Kiev, Merck y Plisko, diversos estudios que relatan su desempeño han sido publicados. En un principio el diluyente Kiev fue usado en una situación bifásica, realizándose una primera dilución después de la colecta, la que se completaba con una segunda dilución al momento de la IA. Posteriormente se trabajó con una sola dilución después de colectar el semen y, de esta manera, se simplificó el trabajo de la IA en el campo con el semen preservado en este diluyente (91).

Otros diluyentes que han sido usados para preservar el semen de cerdo son: La solución descongelladora Beltsville (BTS), usada ampliamente en Holanda y poco en los Estados Unidos de Norteamérica; el Beltsville-L1 (BL-1),

empleado ampliamente en los Estados Unidos de Norteamérica; el Modena Modificado (MM), empleado en pequeña escala en Europa y los Estados Unidos de Norteamérica y el Martín Rillo (MR-A), usado ampliamente en España (48).

E) Resultados de estudios comparativos usando diferentes diluyentes para la preservación del semen de cerdo

Johnson et al. en un estudio comparativo involucraron a los diluyentes Kiev y BL-1, en condiciones de IA comercial, en 3 periodos de almacenaje (1, 2 y 3 días), 2 volúmenes de almacenaje (25 y 100 ml) y paridad (cerdas pluríparas y primíparas). Los índices de partos en cerdas pluríparas y primíparas inseminadas los días 1 y 2 fueron 69.9 y 65.9%. Los índices al parto en estos 2 días fueron más grandes ($P < 0.0005$) que los índices al parto en cerdas inseminadas con semen almacenado durante 3 días. El número de lechones/camada y el número de lechones nacidos vivos/camada fueron más grandes en hembras inseminadas con semen almacenado por 2 días ($P < 0.005$) ó 3 días ($P < 0.007$). El índice al parto de semen diluido en diluyente Kiev disminuyó uniformemente desde 1 hasta 3 días de almacenaje, pero el índice al parto con semen diluido en BL-1 disminuyó más desde los 2 hasta los 3 días de almacenaje que desde 1 hasta 2 días de almacenaje. Con semen almacenado en el diluyente Kiev, el total de lechones/camada varió desde 1 hasta 3 días de almacenaje, pero con semen almacenado en diluyente BL-1, el número de lechones/camada disminuyó en 1.4 lechones. La influencia del volumen de almacenaje/índice al parto difiere entre los diluyentes. Cuando el semen fue almacenado en el diluyente Kiev en 100 ml. Los índices al parto fueron 75, 67 y 70% para 1, 2 y 3

días. Los valores comparables con semen diluido en BL-1 fueron 68, 58 y 51%. Sin embargo, cuando el semen fue almacenado en los 25 ml, los índices al parto fueron 75, 70 y 60% con semen almacenado en Kiev y 64, 67 y 54% con BL-1 durante 1, 2 y 3 días. Esta inconsistencia en respuesta a los diluyentes, volumen y tipo de almacenaje resultó en una interacción significativa ($P < 0.02$). Con el diluyente Kiev, los 100 ml de volumen de almacenaje parecen proporcionar la mejor preservación en el día 3 que los 25 ml. Un porcentaje más alto de cerdas pluríparas que de primíparas parieron y hubo más lechones/camada, en total y vivos. Estas diferencias no fueron inesperadas puesto que los reportes han demostrado índices de ovulación más altos y tamaños de la camada más grandes en hembras ovíparas que en primíparas. Además hubo una interacción ($P < 0.002$) entre diluyentes X volumen X tiempo de almacenaje X paridad en el índice de partos. Este complejo de interacción es causado por la respuesta de las primerizas a la inseminación con semen almacenado en un volumen de 100 ml en BL-1 o Kiev. Las medias respectivas en las primerizas revelaron las diferencias en el tiempo de almacenaje. El índice medio de partos para BL-1 fue 62, 48 y 34% y en Kiev 77, 56 y 79% en 1, 2 y 3 días de almacenaje a 18°C (47).

Johnson *et al.* condujeron una prueba de campo para determinar los límites dentro de los cuales el semen puede ser procesado, utilizado y aun mantener su máxima capacidad fecundante. El experimento involucró la comparación de los siguientes 3 diluyentes: Solución Descongeladora Beltsville (BTS), Martin Rillo (MR-A) y Modena Modificado (MM), los que fueron probados bajo estándares de IA en condiciones de campo después de la colección, dilución y almacenaje a 18°C

hasta por 4 días. Las cerdas inseminadas con semen diluido en BTS y MR-A no sólo tuvieron índices al parto más altos que el MM ($P < 0.0001$) sino que además un número más alto de lechones nacidos y nacidos vivos ($P < 0.0001$). En las cerdas primerizas, el semen diluido en BTS dio índices al parto más altos que MM ($P < 0.004$), mientras que el MR-A no difiere de los otros 2 BTS o MM. Las cerdas primerizas no presentaron una diferencia significativa ($P > 0.05$) en el tamaño de la camada entre los 3 diluyentes. El índice de partos fue más grande en las cerdas inseminadas con semen de 1 y 4 días que con semen de 3 días (73.2 y 73.8 vs 60.3%; $P < 0.0001$). No hubo diferencias entre semen de 1 y 4 días, los lechones nacidos y nacidos vivos entre cerdas inseminadas con semen de las 3 edades. Por lo que se concluye que los resultados reportados confirman los resultados de estudios anteriores en el que el BTS fue mejor que el Kiev, Zoorlesco y Modena. En los estudios anteriores con semen del tercer día, el BTS dio índices de partos más altos (75%) que los obtenidos con el Kiev (71%), Zoorlesco (65%) y Modena (58%) y el BTS también probó ser un diluyente efectivo (48%).

Paquignon et al. en el primero de 2 experimentos, inseminó cerdas con semen en diluyente Guelp almacenado de 0 a 7 días antes de usarlo. El índice de partos del semen usado en 3 días de colección (72.5-75.9%) fue más alto que en semen usado de 5 a 7 días después del almacenaje (45.7-59.1%). El tamaño de la camada promedió 10.2 a 10.7 con semen usado 2 días después de la colección, pero decayó de 7.9 a 8.9 en semen usado después del día 5. En el segundo experimento el índice de partos y el tamaño de la camada después de usar semen de 2 días en diluyente Guelp, los resultados fueron similares en las hembras que recibieron 1

ó 2 dosis con 3×10^6 espermatozoides o una dosis de 6×10^6 espermatozoides (69).

Con las bases de los resultados anteriores y la experiencia de los servicios de IA se concluye que el diluyente Kiev parece ser el de elección para ser usado bajo condiciones comerciales. Ya que el semen diluido en dicho diluyente puede ser utilizado hasta por 3 días con resultados de fertilidad aceptables (78). Sin embargo, los resultados citados anteriormente sobre la tecnología de los diluyentes no pueden prevenir una baja fertilidad cuando el semen diluido es almacenado por más de 2 días con una temperatura de 15 a 18°C (48).

VI. EVALUACION Y MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA

La incorporación de los procedimientos de IA dentro de los programas reproductivos influyen el desarrollo reproductivo del ganado porcino en grados variables. La baja fertilidad ha sido atribuida al apareamiento en tiempo incorrecto y a los problemas de preservación del semen. Trabajos previos han demostrado que la estimulación artificial de cervix y vagina, o el coito con ovuladores espontáneos estimulan la liberación de LH. Otros autores postulan que el período copulatorio tan prolongado de los cerdos afecta el sistema nervioso y la vía de los receptores hipotalámicos en cervix y vagina causando cambios en el patrón de liberación de LH. Lo que sugiere que el apareamiento natural puede modular el surgimiento preovulatorio por la duración tan prolongada y la liberación de LH antes que por un incremento en las concentraciones de LH en plasma después de la copulación. Sin embargo, apareando cerdas con un semental vasectomizado después de la IA no se mejora la fertilidad o el tamaño de la camada (50). No obstante, otros autores han informado que la tasa de concepción en la IA es inferior de 10 a 15% comparada con la de la monta natural, debido a las fallas en el diagnóstico de estro y a la realización de la inseminación en un momento inadecuado para obtener una buena fertilización (15).

Experimentos previos han demostrado que apareando cerdas mucho antes del estro se afecta adversamente el índice de concepción debido al decremento de la viabilidad espermática durante el tiempo de fertilización lo que puede ser un factor que contribuye a la baja fertilidad (52).

Las altas temperaturas ambientales pueden tener un efecto adverso sobre la fertilidad del semental (78) y la variación estacional en el índice de partos y tamaño de la camada es más pronunciada en cerdas pluríparas que en primíparas. En las cerdas pluríparas la fertilidad es más reducida en el período caluroso, el cual se extiende desde junio hasta octubre (hemisferio norte) (14).

La falla de la fertilización puede causar una reducción en la eficiencia reproductiva de los animales domésticos. Por ejemplo, en cerdas apareadas naturalmente o inseminadas con semen fresco, la falla de fertilización ha promediado alrededor de 5% en animales con óvulos fertilizados, pero el porcentaje de cerdas primerizas que no fertilizaron óvulos y el porcentaje de óvulos infértiles en primerizas con el mismo óvulo fertilizado se incrementó considerablemente después de inseminarlas con muestras congeladas y descongeladas. Del mismo modo, la falla de fertilización puede resultar por varios factores, incluyendo barreras estructurales en la unión del esperma y el óvulo por lo menos teóricamente, por la inhabilidad de los espermatozoides para penetrar el óvulo o por la infertilidad del óvulo. Sin embargo, hay razones para creer que las fallas del transporte espermático en el tracto reproductivo de la hembra acontece en la mayor parte por la falla reproductiva (33).

A) Comparación entre monta natural e inseminación artificial
Silveira et al. condujeron un estudio para comparar los resultados entre monta natural e IA, en un análisis reproductivo con datos obtenidos en condiciones de campo. El estudio involucró los datos referentes a las camadas de

cerdas de primero a cuarto parto. Del total, 21.66% de las camadas fueron engendradas por monta natural y 78.33% por IA. En donde, las hembras sometidas a monta natural recibieron 2 montas con un intervalo de 12 a 14 horas. Las cerdas inseminadas artificialmente recibieron 2 inseminaciones por celo, con un intervalo de 12 horas. El diluyente usado para el amacenaje del semen fue el Plisko, también llamado Kiev. Los datos analizados fueron: total de lechones nacidos, nacidos vivos, peso al nacer y número de lechones destetados. Los datos fueron analizadas por la prueba t de student. El promedio de las camadas de la IA y monta natural están presentadas en la tabla 31. Estas medias fueron calculadas agrupando los datos de cerdas de primero a cuaroa parto. No hubo diferencia entre los datos de los 2 métodos de reproducción. La tabla 32 analiza los datos referentes a primera parición. En este caso, también, no hubo diferencia en los parámetros estudiados. Los datos de la tabla 33, se analizan con los datos de cerdas pluríparas de segunda y tercera parición, en donde hubo diferencias ($P < 0.01$) en el total de lechones al nacimiento, nacidos vivos y lechones destetados, en favor de la monta natural, en estas hembras, la media de los lechones de la monta natural fue más grande en 0.87 lechones al nacimiento y 0.92 al destete. Por lo que se concluye que la IA puede proveer camadas iguales a las de la monta natural pero su tamaño varía más en cada parición resultando en una media menor que la de la monta natural. Los factores como edad de almacenamiento del semen, momento incorrecto de la IA, semen con baja concentración de espermatozoides, técnica inadecuada de inseminación y efecto del macho, son condiciones responsables para una menor tasa de óvulos fertilizados v/o un incremento en la mortalidad embrionaria,

**TABLA 31. DATOS SOBRE CAMADAS OBTENIDAS DE CERDAS
 INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE O A TRAVES
 DE MONTA NATURAL EN EL PERIODO DE ABRIL
 A DICIEMBRE DE 1979 EN UNA EXPLOTACION
 INDUSTRIAL 1/**

Variable	Inseminación Artificial $\bar{x} \pm s(\bar{x})$	Monta Natural $\bar{x} \pm s(\bar{x})$
Número total al nacer	10.58 \pm 0.11	10.92 \pm 0.18
Número de nacidos vivos	10.41 \pm 0.10	10.74 \pm .017
Peso medio al nacer	1.54 \pm 0.09	1.50 \pm 0.12
Número total al destete	9.14 \pm 0.10	9.31 \pm 0.17
Número de camadas	763	211

1/ No hubo diferencias significativas entre las valoraciones de contraste ($P > 0.05$).

FUENTE: Silveira et al., (1986).

**TABLA 32. DATOS SOBRE CAMADAS DE PRIMERIZAS INSEMINADAS
 ARTIFICIALMENTE Y A TRAVES DE MONTA NATURAL
 EN EL PERIODO DE ABRIL A DICIEMBRE DE 1979
 DE UNA EXPLOTACION INDUSTRIAL 1/**

Variable	Inseminación Artificial $\bar{x} \pm s(x)$	Monta Natural $\bar{x} \pm s(x)$
Número total al nacimiento	9.54 \pm 0.16	9.65 \pm 0.24
Número de nacidos vivos	9.41 \pm 0.16	9.68 \pm 0.23
Peso medio al nacimiento	1.36 \pm 0.01	1.35 \pm 0.02
Número total al destete	8.53 \pm 0.16	8.37 \pm 0.23
Número de camadas	284	106

1/ No hubo diferencias significativas entre las valoraciones de contraste ($P > 0.05$).

FUENTE: Silveira et al., (1986).

TABLA 33. DATOS SOBRE CAMADAS OBTENIDAS A TRAVES DE CERDAS (SEGUNDA Y TERCERA PARICION) INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE Y A TRAVES DE MONTA NATURAL EN EL PERIODO DE ABRIL A DICIEMBRE DE 1979 EN UNA EXPLOTACION INDUSTRIAL.

Variable	Inseminación Artificial $\bar{x} \pm s(x)$	Monta Natural $\bar{x} \pm s(x)$	Significancia
Número total al nacer	11.08 \pm 0.16	11.95 \pm 0.23	P < 0.01
Número de nacidos vivos	10.87 \pm 0.15	11.76 \pm 0.24	P < 0.01
Peso medio al nacer	1.49 \pm 0.01	1.48 \pm 0.02	P > 0.05
Número total al destete	9.36 \pm 0.14	10.28 \pm 0.23	P < 0.01

FUENTE: Silveira et al., (1986).

responsable por el apareamiento de cerdas primerizas prepúberes y mayor tasa de retorno a celo en la IA (90).

Silveira *et al.* llevaron a cabo un estudio para comparar la monta natural y la IA. El experimento involucró los datos de hembras inseminadas y apareadas naturalmente. En las hembras inseminadas, el tamaño de la camada al nacimiento, número de lechones nacidos vivos por camada, peso de los lechones al nacimiento y tamaño de la camada al destete promediaron 10.58, 10.41, 1.54 kg y 9.14 vs 10.92, 10.74, 1.50 kg y 9.31 en hembras apareadas naturalmente. Las diferencias entre las hembras inseminadas y las apareadas no fueron significativas, excepto en el tamaño de la camada al nacimiento, al destete y el número de lechones nacidos vivos en hembras de segunda paridad, cuando las hembras apareadas naturalmente fueron mejor que las hembras inseminadas (89). Similarmente Roost *et al.* reportaron datos de 5 pjaras en las que usaron la IA y la monta natural, en donde el índice de partos fue 5.8 puntos más bajo que el promedio y el tamaño de la camada 0.9 lechones menos en la IA que en el apareamiento natural y en el siguiente parto, el índice al parto promedió 81.4% y el tamaño de la camada 11.0 (60).

B) Preparaciones hormonales para mejorar la eficiencia reproductiva

El eyaculado de los sementales contiene grandes cantidades de estrógenos, los que pueden ascender hasta varios microgramos por eyaculado. La infusión intrauterina de tales cantidades de estrógenos liberados incrementan la frecuencia de las contracciones uterinas, las que son esenciales en el transporte espermático. Este efecto en el miometrio es mediado por la liberación de PGF_{2α} endometrial en respuesta a los estrógenos. La periodicidad de la ovulación en

relación al comportamiento de estro es muy variable, esta variabilidad es necesaria para disminuir el tiempo entre el apareamiento y la ovulación, ya que los estrógenos seminales aceleran la ovulación por el surgimiento de LH preovulatoria por la vía de la retroalimentación positiva y esta influido por las prostaglandinas intrafoliculares. Como en la IA los componentes están diluidos y parcialmente sustituidos por el diluyente, las diferencias entre el índice de concepción y el tamaño de la camada entre la monta natural y la IA pueden ser más bajos por el contenido de estrógenos (18).

Claus et al. condujeron un estudio para comparar las características de prolificidad en las cerdas después de la inseminación con dosis de inseminación normal o abastecidas con estrógeno. El experimento involucró sementales de IA de la raza Pietrain. Los eyaculados fueron diluidos en BTS y cada dosis (90 ml) contenía 2.5 billones de espermias, el mínimo de motilidad fue de 75% y un promedio de 23.5 ± 4.2 dosis/eyaculado fueron obtenidas. La mitad de las dosis de cada eyaculado fueron abastecidas con estrógenos. La cantidad por dosis fue de 5 μg de estradiol, 2 μg de oestrone y 4.5 μg de oestrone-sultate. Esta composición es la que comúnmente existe en el eyaculado de los sementales. El índice de concepción fue evaluado por la prueba de Ji-cuadrada y las diferencias en el tamaño de la camada por la prueba t de student. En este grupo las diferencias en el índice de preñez y el tamaño de la camada después de la IA con dosis abastecidas con estrógenos y control están explicados en la tabla 34. Ambos conceptos fueron mejorados significativamente después de la inseminación suplementada con estrógenos, con 5.7% en el índice de preñez y 0.5 lechones en el tamaño de la camada. El tamaño de las camadas fue más bajo que las camadas

**TABLA 34. EFECTO DE UN ABASTECIMIENTO DE ESTROGENO A LA DOSIS DE IA,
SOBRE EL INDICE DE PREÑEZ Y TAMAÑO DE LA CAMADA**

Dosis de IA	Indice de preñez (n=inseminaciones totales)	Tamaño de la camada (n=camadas evaluadas)
Abastecimiento de estrógenos	82.8% (n=384)	10.8 +- 2.9 (n=303)
Control	77.1% (n=353)	10.3 +- 3.0 (n=262)
Diferencia	5.7% P < 0.05	0.5 P < 0.05

FUENTE: Claus et al., (1989).

evaluadas derivadas del número de inseminaciones y el índice de preñez. Como lo indica la desviación standard de la tabla 34, en donde el tamaño de la camada después de las inseminaciones varió considerablemente. La clasificación desde un lechón por camada (grupo control) hasta 19 lechones por camada (con abastecimiento de estrógeno), incrementó el tamaño de la camada después de las inseminaciones abastecidas con estrógeno debido a un cambio en todas las clases del tamaño de la camada. En consecuencia el número de lechones más bajo (1-5 y 6-10) ocurrió con menor frecuencia en el grupo abastecido con estrógenos comparado con el grupo control. El porcentaje de camadas más grande (51%) fue en la clase 11-15 con la dosis experimental. En contraste, los porcentajes de camadas más grandes (46.2%) fue en la clase de 6-10 lechones en las hembras de control (18).

Antonyuk informó los datos de los eyaculados en los que determinó la actividad de la deshidrogenasa succínica en el semen de cerdo, la que fue correlacionada significativamente con la concentración espermática (-0.55), motilidad espermática (-0.43), concentración de espermias móviles (-0.57) y el número de espermias móviles por eyaculado (-0.62). La habilidad de fertilidad del semen fue más grande (79%) en semen con la más alta actividad de deshidrogenasa succínica (cambio de color en 5 minutos) vs 76 y 57% en el tiempo de cambio de color de 5-10 y 10 minutos. En muestras de semen diluidas en un diluyente de glucosa-chelate-sacharose-citrate con 50 mg de hialuronidasa más 50 mg de tripsina ó 150 mg de hialuronidasa más 150 mg de tripsina por cada 100 ml de diluyente o semen diluido en el diluyente sin adicionar las enzimas. El índice de concepción fue 90.0, 93.3, y 80.0%, el tamaño de la camada promedió 10.7, 11.1 y 11.0 y el peso de los lechones al

nacimiento 1.33, 1.27 y 1.30 kg respectivamente. En cerdas inseminadas con semen al que se le adicionó 5 UI de oxitocina por dosis de inseminación y en cerdas de control inseminadas sin adicionar la oxitocina, el índice de concepción fue de 84 y 81%, y el tamaño de la camada promedió 10.2 y 10.4 respectivamente (4).

Zygunov condujo un experimento para estimular la función reproductiva en cerdas tratadas con preparaciones hormonales. El estudio involucró cerdas que fueron inseminadas con semen diluido en un diluyente de glucosa-chelate-citrate que contenía 5 UI de oxitocina por dosis de inseminación, cerdas inseminadas con semen diluido similarmente que contenía 10 UI de oxitocina, y cerdas inseminadas con semen diluido sin adicionar oxitocina. Los resultados obtenidos en los 3 grupos, fueron el índice de partos; 87.0, 84.7 y 82.8%; el tamaño de la camada promedió 11.0, 10.8 y 10.7 y el número de lechones nacidos vivos por camada 10.4, 10.1 y 9.9 (11).

Semenov condujo un estudio para comparar la acción de la oxitocina y el oestrophan en la fertilidad de cerdas. El estudio involucró cerdas divididas en 4 grupos: 1) cerdas inseminadas con semen que contenía 5 UI de oxitocina por dosis de inseminación; 2) cerdas con semen que contenía 20 mug de oestrophan; 3) cerdas con semen que llevaba 100 mug de oestrophan, y 4) cerdas con semen sin aditivo (controles). El tiempo necesario para completar la deposición del semen promedió 156.9, 145.8, 130.5 y 157.7 segundos respectivamente, por lo que se concluye que el aditivo reduce la expulsión del semen por las contracciones uterinas en 14.1, 6.9 y 13.3% en los tratamientos de los 3 grupos. Para los 4 grupos, en cada una de las 20 cerdas, inseminadas como las anteriores, el número de cerdas paridas

fue 11, 12, 11 y 11 y el tamaño de la camada al nacimiento promedió 10.0 ± 0.34 , 9.0 ± 0.80 y 9.6 ± 0.51 respectivamente. Sin embargo, se sugiere que las 5 UI de oxitocina o los 25 ó 100 mgu de PGF₂α en la dosis de semen acortan el tiempo requerido para la inseminación y reducen la pérdida de semen desde la vulva. La oxitocina y los 25 mgu de PGF₂α incrementan el número de lechones en 3.9 y 2.0 respectivamente pero los 100 mgu de PGF₂α no tienen ningún efecto benéfico (85).

Henze y Jurk reportan los resultados de la adición de sustancias uterótropicas en la dosis de inseminación en cerdos, en donde cerdas primíparas y múltiparas fueron apareadas adicionando oxitocina en la dosis de semen sin afectar significativamente el índice de concepción o el tamaño de la camada, cuando los datos fueron analizados separadamente de acuerdo con la paridad. Sin embargo las cerdas múltiparas inseminadas con semen más oxitocina presentaron un incremento en el número de lechones nacidos vivos por camada comparado con las cerdas a las que no se les adicionó la oxitocina (10.88 vs 10.71). Las cerdas primíparas y múltiparas estuvieron sujetas a sincronización de estro e inseminándolas 2 veces, se determinó que la adición de oxitocina en la segunda dosis de inseminación da tan buenos resultados como la adición en ambas dosis (36).

La motilidad espermática ha sido considerada por la mayoría de los seminólogos como el parámetro más importante para evaluar la capacidad funcional de los espermatozoides en los eyaculados. Sin embargo, se ha observado una fuerte relación entre la motilidad espermática y el índice de concepción. Por consiguiente, muchos investigadores han adicionado varios materiales al semen con el propósito de mejorar la motilidad espermática y, por lo

tanto, el índice de fertilidad, aunque los resultados no han sido siempre exitosos. No obstante, la inevitable reducción de la motilidad espermática después de la dilución y almacenaje del semen con o sin congelar, fue eliminada parcialmente por el tratamiento con cafeína, fluido folicular o hidrocortizona, mientras que la fertilidad fue mejorada con la adición de leucocitos y oxitocina en el semen (23).

C) Resultados de porcentajes de fertilidad y tamaños de la camada

Los pasos tomados para maximizar el grado de la capacidad reproductiva de los animales domésticos con el fin de que sigan siendo explotados progresivamente por medio de procedimientos rutinarios y por el conocimiento de la fisiología de la reproducción para incrementar la producción, es un hecho poco común usado para denotar la combinación de la zoología y el empleo de los métodos de control en la reproducción biológica. En la mayoría de las granjas productoras de lechones estos métodos son empleados para incrementar la producción, estabilizar el ritmo de operaciones reproductivas, programas de trabajo y ciclos para la utilización de los locales (40).

Johnson *et al.* condujeron un experimento para comparar, bajo condiciones prácticas, la fertilidad de semen congelado y descongelado por el método Beltsville, y la fertilidad de semen fresco. El experimento involucró cerdas pluríparas que fueron inseminadas artificialmente con semen congelado y descongelado o diluido en diluyente Kiev e inseminado en el día de la colección. Se usaron 12 sementales de las razas Dutch Landrace y Dutch Large White. Los resultados obtenidos en este estudio fueron el índice de

partos, número total de lechones por camada y el número de lechones nacidos vivos por camada (tabla 35), que fueron más grandes ($P < 0.0001$) en cerdas inseminadas con semen fresco que en las inseminadas con semen congelado-descongelado. El índice de partos de las cerdas inseminadas con semen congelado-descongelado fue más alto cuando se usó semen de sementales Dutch Large White que cuando se usó semen de Dutch Landrace (tabla 36). Los resultados de la evaluación del semen en el laboratorio se muestran en la tabla 37. El volumen de colección y la concentración espermática (10^6 espermatozoides/ml) de la fracción pobre en espermias difiere entre los sementales ($P < 0.05$), pero no entre las razas ($P > 0.05$). El volumen de semen rico en espermias fue más alto ($P < 0.02$) en sementales Dutch Large White que en Dutch Landrace (85 vs 63 ml), pero la concentración espermática de la fracción rica en espermias fue más alta ($P < 0.02$) en Dutch Landrace que en Dutch Large White (514 vs 760 $\times 10^6$ /ml). La diferencia de la fracción rica en espermias y la concentración espermática, los Dutch Landrace produjeron 4 $\times 10^9$ más espermias por eyaculado que los Dutch Large White. Después de la congelación y almacenaje a -196°C , un pellet fue evaluado en el laboratorio para saber su porcentaje de motilidad espermática, tipo de movimiento espermático y morfología del acrosoma (tabla 38). Los valores de motilidad espermática y el tipo de movimiento espermático fueron más altos en Dutch Large White que en Dutch Landrace. Puesto que los sementales difieren en su capacidad de congelación. El semen que no alcanza una clasificación de 35% de motilidad y 45% de arruga apical normal es desechado. La variación entre los sementales en el índice al parto fue significativo con el semen fresco y congelado. El rango del semen fresco fue

TABLA 35. INDICES DE PARTOS ENTRE CERDAS INSEMINADAS CON ESPERMATOZOIDES DE CERDO FRESCOS O CONGELADOS-DESCONGELADOS

Esperma	Número de cerdas		% de Partidas	Lechones nacidos		
	Inseminadas	Paridas		Total	Vivos	Muertos
Fresco	249	197	79.1 ***	10.6 ***	9.9 ***	0.7 **
Congelado	202	95	47.0	7.4	7.1	0.3

** Diferente (P < .008) de el valor para espermatozoides congelados.

*** Diferente (P < .0001) de el valor para espermatozoides congelados.

FUENTE: Johnson et al., (1981).

TABLA 36. INDICES DE PARTOS Y TAMAÑOS DE LA CAMADA DESPUES DE LA INSEMINACION CON ESPERMATOZOIDES DE CERDO FRESCOS O CONGELADOS-DESCONGELADOS DE DIFERENTES RAZAS DE SEMENTALES

Número de Semental	Paridas/Inseminadas		% de Paridas		Tamaño de la camada	
	Fresco	Congelado	Fresco	Congelado	Fresco	Congelado
----- Dutch Large White -----						
1	27/31	13/18	87.1	72.2	10.3	7.5
2	18/21	9/18	85.7	50.0	10.4	5.9
3	18/28	9/15	64.3	60.0	10.8	6.9
4	15/22	10/19	68.2	52.6	10.0	8.0
Media	78/102	41/70	76.5	58.6 *	10.4	7.1
----- Dutch Landrace -----						
5	24/26	7/19	92.3	36.8	11.0	8.1
6	13/18	5/17	72.2	29.4	10.9	7.6
7	17/19	6/16	89.5	37.5	10.6	7.5
8	12/14	10/17	85.7	58.8	12.2	8.2
9	12/14	7/13	85.7	53.8	10.4	7.7
10	13/15	6/14	86.7	42.8	9.6	6.2
11	15/20	6/18	75.0	33.3	9.5	5.3
12	13/21	7/18	61.9	38.9	11.2	8.6
Media	119/147	54/132	81.0	40.9	10.8	7.5

* Diferente del valor para Dutch Landrace con semen congelado -

(P < .05, χ^2 cuadrada; P > .05 modelo lineal).

FUENTE: Johnson et al., (1981).

TABLA 37. CARACTERISTICAS Y EVALUACION DE SEMEN DE CERDO
COLECTADO RECIENTEMENTE

Concepto	Media Total	Dutch Large White	Dutch Landrace
Fración pobre en espermia modificada			
Volumen de coleccion, ml	127	123	133
Concentración espermática, 10 ml	87	93	76
Fración rica en espermias			
Volumen de coleccion, ml	71	85 *	63
Concentración espermática, 10 ml	676	614 *	760
Motilidad espermática			
Motilidad, %	80	77	81
Tipo de movimiento, 0 a 9	7.3	7.1	8.1
Morfología de el acrosoma[†]			
NAR, %	91	91	91
DAR, %	5	5	5
MAR, %	1	1	1
LAC, %	2	3	2

[†] Ver texto sobre manejo "Evaluación de semen congelado" para descripción de tipos de acrosoma.

* Diferente ($P < .02$) del valor para Dutch Landrace.

FUENTE: Johnson et al., (1981).

TABLA 38. MORFOLOGIA Y MOTILIDAD DE ESPERMATOZOIDES DE CERDO CONGELADO-DESCONGELADO

Concepto	Media Total	Dutch Large White	Dutch Landrace
Motilidad espermática			
Motilidad, %	48	52 *	47
Tipo de movimiento, 0 a 9	6.4	7.2 *	6.5
Morfología de acrosoma^a			
NAR, %	53	57	55
DAR, %	15	13	13
MAR, %	12	16	17
LAC, %	19	15	16

* Diferente ($P < .05$) de el valor para Dutch Landrace.

FUENTE: Johnson et al., (1981).

más grande que el esperado (62 a 92%), por lo que se sugiere que la congelación del semen acentúa las diferencias del semental. Un factor que se ha demostrado fue el índice de partos que promedio desde 29 hasta 72%. Estos resultados demuestran que el semen congelado es aceptable para usarlo bajo ciertas circunstancias y en unidades de producción específicas. Estas conclusiones se apoyan sobre la observación en las que el semen congelado produjo un índice de partos 30 puntos más bajo y un promedio en el tamaño de la camada de 3 lechones más pequeña que con el semen fresco diluido en diluyente Kiev e inseminado en el día de la colección (20).

Pursel et al. condujeron un experimento para determinar si el servicio por un semental vasectomizado que simula el apareamiento natural, puede mejorar la fertilidad de cerdas primerizas cuando se lleva a cabo después de la IA con semen congelado. El experimento involucró cerdas primerizas que fueron revisadas para estro 2 veces al día e inseminadas 10 a 16 y 24 a 28 horas después de la detección de estro. En la primera IA, fueron asignadas para ser apareadas o sin aparearse con un semental vasectomizado después de cada IA. Los índices de partos fueron comparados por el análisis de Ji-cuadrada y el tamaño de la camada por el procedimiento del modelo lineal general del sistema de análisis estadístico. En el presente estudio se determinó que el servicio con sementales vasectomizados después de que las cerdas primerizas fueron inseminadas con semen congelado no tuvo éxito, ya que no se incrementó el porcentaje de hembras paridas comparado con hembras que sólo recibieron la IA con semen congelado ($P < 0.1$; Tabla 39). El índice de partos y el tamaño de la camada de las cerdas primerizas apareadas por servicio natural fue 82% y 10.7 lechones/camada. De este modo hubo una considerable

**TABLA 39 INDICE DE PARTOS Y TAMAÑO DE LA CAMADA DE PRIMERIZAS APAREADAS
 O SIN APAREAR CON UN SEMENTAL VASECTOMIZADO DESPUES
 DE LA 1ª CON SEMEN CONGELADO**

Apareada	Número de primizas		Porcentaje de partos	Porcentaje del tamaño de la camada	
	Inseminadas	Paridas		Total	Vivos
Si	78	29	37.2	7.2	6.8
No	86	33	38.4	7.5	6.5

FUENTE: Pursel et al., (1982).

oportunidad para manifestar algún efecto benéfico que los sementales vasectomizados pudieran haber tenido sobre el transporte espermático, el cual fue más grande a las acciones estimuladoras del inseminador. No obstante, la evidencia sobre si la copulación estimula las contracciones uterinas en las cerdas es contradictoria. Sin embargo, algunos investigadores han informado que el apareamiento con un semental vasectomizado estimuló fuertemente las contracciones uterinas antes que la IA, mientras que otros mencionan que la monta natural y alguna otra estimulación externa por un semental no tiene ningún efecto sobre la actividad miométrial, pero la deposición de plasma seminal o un diluyente de glucosa-bicarbonato durante la IA y la deposición de semen durante el apareamiento natural causa incrementos similares en la frecuencia y fuerza de contracción uterina. Por consiguiente, estos resultados no excluyen la posibilidad de que el apareamiento con un semental vasectomizado pueda mejorar el transporte espermático o la retención de los espermias, pero la dilución de los espermatozoides congelados-descongelados con 150 a 500 ml de plasma seminal durante el apareamiento puede reducir la viabilidad espermática o la concentración espermática del semen transportándolo hasta un nivel detrimental. Estos resultados indican que una concentración de espermias de $10 \times 10^6/ml$ es necesaria para obtener la óptima fertilidad. Las diluciones (séxtuples y décuples) en el semen incrementan la susceptibilidad de los espermatozoides al daño por shock frío en comparación con muestras de control que fueron diluidas 1:2 (v/v), aun cuando la proporción de plasma seminal fue constante en todas las muestras. En este experimento, no se obtuvo evidencia para indicar que el apareamiento con un semental

vasectomizado después de la IA con semen congelado mejore el índice de concepción o el tamaño de la camada en cerdas primerizas (75).

Fursel et al. efectuaron un experimento para determinar si el procesado del semen altera el tiempo de capacitación de los espermatozoides en los cerdos. El estudio involucró cerdas primerizas de las razas Yorkshire, Duroc e Híbridas que habían presentado estro una o más veces. El período de la ovulación fue controlado por el tratamiento oral con altrenogest seguido por una inyección de hormona gonadotrópica. Las cerdas primerizas fueron laparotomizadas 42 a 44 horas después de las inyecciones con HCG. Los espermatozoides fueron colocados quirúrgicamente dentro de los oviductos después de que el semen recibió uno de los siguientes tratamientos: 1) semen congelado y descongelado en BTS (F-BTS) o en plasma seminal (F-SP); 2) semen sin congelar, procesado como el semen congelado, pero sin enfriar, y 3) semen congelado-descongelado y diluido en solución descongeladora Beltsville (U-BTS) o en plasma seminal (U-SP). La prueba de Ji-cuadrada se usó para comparar la proporción de óvulos fertilizados. El número de espermatozoides/zona pelucida fueron evaluados por el análisis de varianza y el contraste entre la media fue hecho por la prueba de rango múltiple de Duncan. El número medio de ovulaciones/cerda primeriza a la hora de la recuperación de los óvulos fue de 25 (rango 14 a 48). Los datos de la recuperación de los óvulos está presentada en la tabla 40. Una proporción más alta de óvulos fue recuperada a 24 horas (85.2%) que a 5 horas (71.4%) después de la inseminación quirúrgica ($P < 0.005$). Los espermatozoides de los 3 sementales difieren en habilidad para fertilizar óvulos en ambos tiempos de recuperación ($P < 0.005$ en 5 horas;

TABLA 40. OVULACIONES Y RECUPERACION DE OVULOS A 5 Y 24 HORAS DESPUES DE LA INSEMINACION OVIDUCTAL CON ESPERMATOZOIDES CONGELADOS O SIN CONGELAR

Tiempo de recuperación horas	Tratamiento ^a	Oviductos, Número	Ovulaciones, Número	Ovulos recuperados		Oviductos con ovulos fertilizados, Número
				Número	%	
5	F-BTS	9	144	108	75	6
5	F-SP	9	116	92	79	3
5	U-BTS	9	108	68	63	7
5	U-SP	9	129	87	67	6
24	F-BTS	4	44	44	100	4
24	F-SP	4	33	28	85	4
24	U-BTS	5	41	29	71	4
24	U-SP	5	65	55	85	4

^aF= congelado, U= sin congelar, BTS = solución descongeladora Beltsville y SP = plasma seminal homólogo.

FUENTE: Pursel et al., (1983).

P < 0.01 en 24 horas). Sin embargo, los espermatozoides tratados tuvieron un efecto consistente en los espermatozoides de los 3 sementales. A 5 horas después de la inseminación tubal, los espermatozoides F-BTS fertilizaron más óvulos que los F-SP (45 vs 5%, tabla 41) y los espermatozoides U-BTS fertilizaron más óvulos que los U-SP (69 vs 34%). Similarmente los espermatozoides sin congelar fertilizaron más óvulos a 5 horas después de la deposición tubal que los congelados (U-BTS > F-BTS; U-SP > F-SP). No obstante, 24 horas después de la inseminación tubal, el porcentaje de óvulos fertilizados fue similar entre los tratamientos (P > 0.1 en cada comparación, tabla 41), por lo que se sugiere que la baja fertilidad de los espermatozoides U-SP (68%) resultó de la falla de fertilización en los óvulos recuperados de un oviducto. Los resultados de fertilización uniforme en los 4 tratamientos a 24 horas proporciona evidencia de que el plasma seminal no tiene ningún efecto detrimental en la viabilidad de los espermatozoides y se sugiere que las diferencias observadas a 5 horas fueron causadas por los efectos del tratamiento a la hora de la capacitación de los espermatozoides. Sin embargo, los óvulos fertilizados por los espermatozoides U-BTS estaban más desarrollados a 5 y 24 horas después de la inseminación que los óvulos que fueron fertilizados por los espermatozoides U-SP (P < 0.05 en 5 horas y P < 0.10 en 24 horas; tabla 42). Similarmente, más óvulos fertilizados estaban adheridos 24 horas después de la inseminación con espermatozoides F-BTS que después de la inseminación con F-SP (79 vs 36%; P < 0.01). Los óvulos fertilizados por los espermatozoides U-BTS estaban ligeramente más desarrollados a 5 horas después de la inseminación (11% primera pronuclear y 2% segunda anafase) que los óvulos fertilizados por F-BTS

TABLA 41. FERTILIZACION DE OVULÓS RECUPERADOS A 5 Y 24 HORAS DESPUES DE LA INSEMINACION OVIDUCTAL CON ESPERMATOZOIDES CONGELADOS O SIN CONGELAR

Tiempo de recuperación, horas	Tratamiento ^a	Ovulos					Espermatozoides/zona pelucida, Número b
		Examinados, Número	Fertilizados		Poliespermico		
			Número	%	Número	%	
5	F-BTS	107	50	45 c	5	10	19 c
5	F-SP	91	5	5 d	0	0	11 d
5	U-BTS	67	46	69 e	10	22	110 e
5	U-SP	85	29	34 c	3	10	13 d
24	F-BTS	42	38	90	3	8	57 c
24	F-SP	27	22	81	2	9	53 c
24	U-BTS	29	25	86	5	20	183 d
24	U-SP	53	36	68	2	6	103

^aF = congelado, U = sin congelar, BTS = solución descongeladora Beltsville y SP = plasma seminal homólogo.

^b Incluye sólo ovulos con espermatozoides.

^{c,d,e} Valores en columnas, dentro de un tiempo de recuperación, con diferentes índices diferente (P < .01).

FUENTE: Pursel et al., (1983).

TABLA 42. ESTADO DEL DESARROLLO DE OVULOS FERTILIZADOS RECUPERADOS A 5 Y 24 HORAS
DESPUES DE LA INSEMINACION TUBAL CON ESPERMATOZOIDES CONGELADOS Y
SIN CONGELAR

Estado de desarrollo	TIEMPO DE RECUPERACION							
	5 Horas				24 Horas			
	F-BTS ^a	F-SP	U-BTS	U-SP	F-BTS	F-SP	U-BTS	U-SP
Segunda anafase, número	8	2	1	4	0	0	0	0
Segunda anafase, %	16	40	2	14	0	0	0	0
Segunda telofase, número	40	2	40	25	2	1	0	0
Segunda telofase, %	80	40	87	85	5	5	0	0
Primera pronuclear, número	2	1	5	0	0	1	0	2
Primera pronuclear, %	4	20	11	0	0	5	0	6
Ultima pronuclear, número	0	0	0	0	6	12	12	14
Ultima pronuclear, %	0	0	0	0	16	55	48	39
Dos células, número	0	0	0	0	24	8	10	20
Dos células, %	0	0	0	0	63	36	40	56
Tres o cuatro células, número	0	0	0	0	6	0	3	0
Tres o cuatro células, %	0	0	0	0	16	0	12	0

^aF= congelado, U = sin congelar, BTS = solución descongeladora Beltsville y SP = Plasma seminal homólogo.

FUENTE: Pursel et al., (1983).

(4% primera pronuclear y 16% segunda anafase; $P < 0.05$). Sin embargo 24 horas después de la inseminación, la tendencia opuesta en el desarrollo de los óvulos fue evidente, puesto que el 79% de los óvulos fertilizados por espermatozoides F-BTS estaban adheridos comparados con sólo el 52% de los óvulos fertilizados por U-BTS ($P < 0.05$). Los resultados conflictivos del desarrollo de los óvulos a 5 y 24 horas proporciona evidencia inconclusa con respecto a si los espermatozoides congelados-descongelados fueron capaces de fertilizar más rápidamente los óvulos después de la deposición oviductal que en los espermatozoides que fueron tratados similarmente, pero sin congelar y descongelar (74).

Silveira et al. llevaron a cabo un estudio para evaluar la tecnología de la conservación del semen porcino preservado en el diluyente Kiev, analizando los datos de fertilidad de cerdas pluríparas y primíparas inseminadas artificialmente. El experimento involucró hembras de las razas Landrace, Duroc y Large White. El semen fue de 10 sementales de las mismas razas. La evaluación del semen fue para motilidad y concentración espermática, siendo después diluido en diluyente Kiev. Cada dosis de semen contenía de 3 a 6 X 10⁶ espermatozoides, en 80 ml y éste fue usado el día de la colecta o almacenado de 15 a 18°C por un periodo máximo de 72 horas. De las hembras algunas sólo recibieron una inseminación 15 a 30 horas después del inicio de estro y las demás fueron inseminadas 2 veces en el mismo periodo, con intervalos de 8 a 12 horas entre la primera y la segunda inseminación. Los resultados fueron determinados por la tasa de no retorno a estro (18 a 21 días), la tasa de parición, promedio de lechones nacidos y nacidos vivos. Los datos fueron analizados por la prueba Z y las estimaciones de contraste entre las hembras de 1 y 2 inseminaciones por

estro fueron analizadas por la prueba t de student. Los datos de fertilidad de las hembras inseminadas artificialmente están en la tabla 43. El promedio de lechones nacidos fue de 10.20 ± 0.14 . La comparación entre inseminaciones sencillas contra dobles, indica un aumento de 8.05% en el promedio de lechones nacidos; lo que hace una diferencia significativa ($P < 0.05$). Las inseminaciones en cerdas primíparas y múltiparas constataron que las inseminaciones dobles no influyen en el tamaño de la camada en cerdas primíparas, conforme se muestra en la tabla 44. Los resultados de fertilidad en hembras pluríparas (tabla 45), con 1 y 2 inseminaciones difieren en el número de lechones nacidos ($P < 0.05$), sin embargo, el promedio sólo representa una mejoría de 1.14 lechones más por camada en las hembras con 2 inseminaciones artificiales por estro (91).

Barbosa et al. llevaron a cabo un estudio para comparar la eficiencia del instrumento walsmeta. En donde el experimento involucró cerdas de diferente paridad asignadas a 3 grupos con los siguientes tratamientos: I) servicio sencillo más la lectura de la walsmeta; II) servicio doble más la lectura de la walsmeta, y III) servicio doble sin la lectura de la walsmeta, después de un periodo de lactación de 21 días y con estimulación olfatoria por los sementales. La detección de estro fue por el método del reflejo permanente llevado a cabo en presencia del semental y se inició desde los 2 días posdestete. Durante el momento de detección de estro, las cerdas de los grupos I y II fueron evaluadas por la lectura de la walsmeta y apareadas cuando esta indicó el tiempo óptimo. Las del grupo III fueron apareadas a la detección de estro y nuevamente entre 7 y 8 horas después. La tabla 46 muestra los resultados estimados

TABLA 43. RESULTADOS REFERENTES A LA UTILIZACION DE INSEMINACIONES
SIMPLES O DOBLES* EN CERDAS CON SEMEN CONSERVADO EN
DILUENTE "KIEV" A 15°C

Concepto	Número de hembras inseminadas	No retorno a estro (+) (%)	Particiones (+) (%)	(x) Lechones nacidos (+ +)
Hembras con 1 IA	151	84.77 ^a	81.46 ^a	9.93 ^b +- 0.21
Hembras con 2 IA	543	86.74 ^a	83.42 ^a	10.73 +- 0.13
Total/media	694	86.31	83.00	10.66 +- 0.16

Medias con letras iguales en una misma columna no diferentes entre sí por la prueba z (-) y por la prueba t (+) al nivel de probabilidad (P < 0.05).

* Inseminaciones con intervalo de 8 a 12 horas entre sí durante el mismo período de estro.

FUENTE: Silveira et al., (1984).

TABLA 44. RESULTADOS REFERENTES A LA UTILIZACION DE INSEMINACIONES SIMPLS Y DOBLES EN PRIMERIZAS CON SEMEN CONSERVADO EN DILUENTE "KIEV" A 15°C

Concepto	Número de hembras inseminadas	No retorno a estro (+) (%)	Particiones (+) (%)	(x) Lechones nacidos (+ +)
Primerizas con 1 IA	79	86.04 ^a	82.28 ^a	9.66 ^a +- 0.19
Primerizas con 2 IA	235	85.11 ^a	82.98 ^a	9.88 ^a +- 0.13

Medias con letras iguales en la misma columna no diferentes entre sí por la prueba z (+) y por la prueba t (+-) al nivel de 5% de probabilidad.

FUENTE: Silveira et al., (1934).

**TABLA 45. RESULTADOS REFERENTES A LA UTILIZACION DE INSEMINACIONES
SIMPLES O DOBLES EN CERDAS CON SEMEN CONSERVADO EN
DILUENTE "KIEV" A 15°C**

Concepto	Número de hembras inseminadas	No retorno a estro (+) (%)	Particiones (+) (%)	(x) Lechones nacidos (+ +)
Cerdas con 1 IA	72	83.33 ^a	80.56 ^a	10.24 ^a +- 0.24
Cerdas con 2 IA	308	87.99 ^a	83.77 ^a	11.38 +- 0.13

Medias con letras iguales en la misma columna no diferente entre si por la prueba z (+) y por la prueba t (+ +) a nivel de 5% de probabilidad.

FUENTE: Silveira et al., (1984).

TABLA 46. INDICE DE CONCEPCION Y TAMAÑO DE LA CAMADA
DE CERDAS APAREADAS, SIGUIENDO LA LECTURA
DE LA WALSMETA

Grupo	Número de cerdas	Indice de Concepcion %	Promedio de el tamaño de la camada al nacimiento
I	10	80.00	10.12
II	44	93.20	9.82
III	24	79.16	7.94

FUENTE: Barbosa et al., (1984).

de los índices de concepción y tamaño de la camada al nacimiento. Por lo que se concluye que las cerdas con doble servicio, indicado por la lectura de la walsmeta, tuvieron índices de concepción más altos que las de servicio sencillo. Sin embargo, el promedio en el tamaño de la camada no difiere significativamente entre los grupos I y II. El empleo del instrumento walsmeta no solo proporcionó índices de concepción más altos sino que además incrementó el tamaño de la camada al nacimiento (7).

Scheid *et al* condujo un estudio para comparar la eficiencia del semen de cerdo, congelado en macropellets e inseminado en cerdas primerizas, y lo comparó con el semen fresco. Los eyaculados de 3 sementales fueron reunidos en un volumen único y dividido en 2 partes iguales. Una fracción fue conservada a 18°C en diluyente Kiev, en una concentración de 3×10^8 espermatozoides/dosis y usado 48 horas después de la colecta (semen fresco). La otra fracción fue congelada en macropellets, con 5×10^8 espermatozoides/dosis y almacenado hasta el momento de la IA. El experimento involucró cerdas primerizas que fueron divididas en 2 grupos, respectivamente. Grupo 1: cerdas primerizas inseminadas con semen fresco, y grupo 2: cerdas primerizas inseminadas con semen congelado. Las cerdas primerizas fueron controladas en cuanto a no retorno a celo a 21 días (NR/21 días) y sacrificadas de 28 a 35 días después de la inseminación. La determinación de preñez, número de cuerpos lúteos y número de embriones está presentada en la tabla 47. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la tasa de NR/21 días y de preñez en los 2 grupos. Mientras que, las cerdas primerizas inseminadas con semen congelado presentaron menos ($P < 0.05$) embriones que

TABLA 47. RESULTADOS DE FERTILIDAD DE PRIMERIZAS
INSEMINADAS CON SEMEN ENFRIADO Y
SEMEN CONGELADO ($\bar{x} \pm s \times$)

Variable	Semen enfriado (N = 34)	Semen congelado (N = 31)
No retorno / 21 días (%)	88.23 \pm 5.52 ^a	77.42 \pm 7.51 ^a
Preñez (%) [*]	85.29 \pm 6.07 ^a	74.19 \pm 7.86 ^a
Nº de cuerpos amarillos [*]	12.88 \pm 0.46 ^a	11.9 \pm 0.49 ^a
Nº embriones [*]	11.11 \pm 0.47 ^a	8.9 \pm 0.53 ^b
Nº embriones viables [*]	10.77 \pm 0.50 ^a	8.8 \pm 0.52 ^b

^{a, b} Diferencia significativa en la misma línea (P < 0.05).

^{*} 28 a 36 días post-inseminación.

Fuente: Scheid et al., (1985).

las de IA con semen fresco. La diferencia en el número de embriones (11.11 vs 8.90) estuvo acompañada de números semejantes de cuerpos lúteos en los 2 grupos (12.88 vs 11.90) lo que traduce una pérdida en la eficiencia del semen conservado por el congelamiento. Esta pérdida podría ser atribuida a un aumento de mortalidad embrionaria precoz en el grupo 2. Ya que la tasa de fecundación en cerdas se sitúa entre 95 y 100% (84). Sin embargo Pursel et al. sugieren que las alteraciones provocadas por el congelamiento impiden que un número suficiente de espermatozoides viables lleguen al sitio de fertilización, lo que determina una reducción en la tasa de fecundación (72).

Rodríguez et al. reportan los resultados de una investigación para estudiar la factibilidad de un programa de IA en cerdos usando semen fresco diluido y preservado a temperatura ambiente. El estudio involucró sementales de las razas Landrace, Large White, Duroc Jersey y Hampshire. Los mismos verracos fueron usados en IA y monta natural para todas las hembras (cerdas primíparas y múltiparas). La colección de semen fue por medio de un maniquí metálico similar al modelo noruego. Sólo los eyaculados con 70% de motilidad progresiva y buena concentración fueron usados. El semen fue diluido en una modificación del diluyente EDTA (denominado BTAso) cuya composición está en la Tabla 48. Un grupo de cerdas fueron inseminadas una vez/celo con semen diluido en BTAso a distintos intervalos, 0-12, 13-35 y 36-60 horas respectivamente, con el fin de determinar la viabilidad del semen. En el resto de las cerdas se llevaron a cabo 2 modalidades de IA y servicio natural con 1 ó 2 montas o IA por celo, 12 horas después del celo y/o 12 y 24 horas después de detectar el celo, para lo cual se usaron los mismos verracos. La tabla 49 indica los datos al parto

**TABLA 48. MODIFICACION DEL DILUYENTE EDTA
(DENOMINADO BTA 80)**

Glucosa	60 g
Nitrato de sodio	3.7 g
Bicarbonato de sodio	1.2 g
EDTA	3.7 g
Penicilina sodica	500,000 UI
Dihidroestreptomicina	500 mg
Agua destilada CSP	1000 ml

FUENTE: Rodriguez et al., (1986).

TABLA 49. DATOS AL PARTO DE LA INSEMINACION ARTIFICIAL CON SEMEN FRESCO DILUIDO Y PRESERVADO EN BTA 80 A VARIOS INTERVALOS DESPUES DE LA COLECCION DEL SEMEN (NUMERO DE VERRACOS: 6)

Edad del semen (horas)	Número de hembras			Tamaño de la camada (x +- sd)	% > 7 Lechones/ Camada	Peso de la camada (x +- sd)
	Inseminadas	Peridas	(%)			
0 - 12	15	11	73.3	10.04 +- 2.06	84.0	11.0 +- 3.60
13 - 35	13	8	61.5	9.9 +- 2.40	76.1	10.9 +- 2.88
36 - 60	18	12	66.7	9.1 +- 2.24	80.6	11.6 +- 3.60

FUENTE: Rodríguez et al., (1986).

de las cerdas inseminadas artificialmente con semen diluido en BTAs₀ y almacenado a temperatura ambiente durante un máximo de 60 horas. Sin embargo, los mejores resultados de gestación fueron con el semen usado a 12 horas de diluido. No obstante, resultados por arriba del 60% de gestación se lograron con semen preservado hasta 60 horas de diluido y no se registraron diferencias en el tamaño de las camadas, con más de 7 lechones o en el peso de las camadas, en relación con el tiempo de preservación del semen. La tabla 50 indica los datos globales al parto después de la IA con semen preservado en BTAs₀. Los porcentajes de gestación más altos fueron obtenidos con 1-2 IA/celo, efectuadas a 12 y 24 horas después de detectar el celo. Sin embargo, hubo una diferencia del 10% de más gestaciones después de inseminar 2 veces/celo. Comparando estos resultados con los de la monta natural con los mismos verracos (tabla 51) se observó una mayor tasa de gestación en favor de la monta natural. El empleo de 2 servicios/celo también mostró una mayor tasa de gestación. No obstante, hubo diferencias entre 1-2 servicios/celo con respecto al tamaño de la camada. También se presentaron diferencias entre estos parámetros, comparando la monta natural con la IA usando semen fresco diluido en BTAs₀. Por lo que se confirma que la tecnificación en la reproducción porcina puede llevarse a cabo a un bajo costo (80).

TABLA 50. DATOS AL PARTO DESPUES DE 1 -2 INSEMINACIONES/CELO CON SEMEN FRESCO DILUIDO EN BTA 80 Y PRESERVADO A TEMPERATURA AMBIENTE HASTA 60 HORAS (NUMERO DE VERRACOS: 18)

Número de Inseminaciones por celo	Número de hembras			Tamaño de la camada (x +- sd)	% > 7 Lechones/ Camada	Peso de la camada (x +- sd)
	Inseminadas	Paridas	(%)			
1	634	449	70.8	9.0 +- 2.65	81.3	10.8 +- 3.46
2	397	323	81.4	9.5 +- 3.28	83.3	11.2 +- 3.74

FUENTE: Rodríguez et al., (1986).

**TABLA 51. DATOS AL PARTO DESPUES DEL SERVICIO NATURAL (1-2 SERVICIOS/CELO)
(NUMERO DE VERRACOS: 18)**

Número de servicios por celo	Número de hembras			Tamaño de la camada (x +- sd)	% > 7 Lechones/ Camada	Peso de la camada (x +- sd)
	Inseminadas	Paridas	(%)			
1	324	257	79.3	9.7 +- 1.95	70.0	13.6 +- 4.12
2	968	842	89.6	10.1 +- 2.71	80.0	12.2 +- 3.40

FUENTE: Rodríguez et al., (1986).

VII MEDIDAS HIGIENICO-SANITARIAS EN LA INSEMINACION ARTIFICIAL DEL GANADO PORCINO

La IA permite la introducción de nuevo material genético con un reducido riesgo de transmisión de enfermedades (32,39,79,101). Sin embargo, existe la posibilidad de que organismos patógenos puedan ser transportados a través de semen. No obstante, la probabilidad de que nuevos patógenos penetren dentro de una piara con la adición de un semental vivo de cualquier fuente o procedencia, parece mucho más grande que con semen colectado de sementales cuarentenados, aislados y probados periódicamente para una amplia variedad de enfermedades (96) y tal vez, este riesgo pueda ser minimizado, si no es que eliminado, con el uso de la IA (78).

A) Enfermedades transmisibles a través de semen

Aunque muchos patógenos pueden ser transportados dentro del semen, la siguiente clasificación se ha hecho basándose en las investigaciones y en los conocimientos de diversas investigaciones (96).

- 1) No pueden ser diseminados en semen.
 - Parásitos internos
 - Parásitos externos
- 2) Enfermedades exóticas: De esta manera no están presentes en el semen colectado en los países libres de estas enfermedades.
 - Fiebre aftosa
 - Enfermedad vesicular porcina
 - Fiebre porcina africana
 - Exantema vesicular
 - Virus de la encefalitis B japonesa
 - Cólera porcino

3) Enfermedades de organismos que no deben estar presentes en el semen si la colección se lleva a cabo bajo condiciones sanitarias.

- Bordetelosis
- Hemofilosis
- Pasteurelisis
- Eriçipela.
- disenteria
- GET
- Influenza porcina

Estas enfermedades normalmente son diseminadas por via oral o transmisión fecal.

4) Enfermedades reproductivas que pueden ser transmitidas a través de semen, pero que pueden ser prevenidas con pruebas periódicas a los sementales.

- Leptospirosis
- Brucelosis
- Tuberculosis
- Pseudorrabia o enfermedad de Aujeszky

5) Enfermedades que no pueden ser transmitidas por la vía del semen. El modo común de transmisión es por vía oral.

- Parvovirus
- Enterovirus
- Mycoplasmosis

La adición de una combinación de espectomicina y lionomicina, reduce el riesgo del Mycoplasma que es transmitido a través de semen (96).

B) Microorganismos encontrados en semen de cerdo**a) Bacterias:**

La flora bacteriana de los genitales del macho y el semen contienen gran variedad de organismos apatógenos, patógenos potenciales y patógenos conocidos. Sin embargo el semen de los sementales viejos contiene una mayor cantidad de bacterias seminales que el de los sementales jóvenes, y la retención de orina en divertículo prepucial incrementa el contenido de bacterias seminales.

Las bacterias que han sido detectadas en semen incluyen a: Pseudomona aeruginosa, Streptococcus sp (Grupos Lansfield D, L, G, E y H), Citrobacter freundii, Micrococcus varians, Neisseria subflava, Bacillus subtilis, Streptococcus aureus, Escherichia coli, Corynebacterium sp, Proteus vulgaris, Peptostreptococcus sp, Bacteroides sp, Bacillus cereus y Brucella suis (101).

Las bacterias normalmente encontradas en semen contribuyen a reproducir la enfermedad. Sin embargo, se puede reducir esta infección con la administración oral de antibióticos (oxitetraciclina, clortetraciclina, bacitracina de zinc y tilosina) durante el apareamiento, lo cual ha tenido resultados variables (101).

1) Métodos de control para evitar la contaminación bacteriana

- Lavar cuerpo y prepucio del semental
- Extirpar el divertículo prepucial
- Emplear el método de la mano enguantada para la colección de semen
- Emplear reactivos y equipo esteril
- Emplear yema de huevo de lotes libres de patógenos específicos

- Emplear antibióticos de amplio espectro o combinaciones de antibióticos en diluyentes líquidos para el control de contaminantes bacterianos.

Sin embargo, la tilosina (500 $\mu\text{g}/\text{ml}$) adicionada al semen para el control del Mycoplasma, disminuye la fertilidad del semen fresco, almacenado durante 3 días antes de usarlo para la inseminación (101).

b) virus

Numerosos virus pueden encontrar su medio dentro del semen. Generalmente los virus se preservan muy bien durante la congelación del semen.

1) Clasificación de los virus aislados del semen

CATEGORIA I. Virus capaces de causar infertilidad

a) Virus de pseudorrabia: Han sido aislados de membranas prepuciales y semen. La contaminación de este virus disminuye la calidad del semen, sufriendo cambios relacionados con la severidad de la enfermedad y los sementales son incapaces para la cópula durante la enfermedad clínica, de este modo se reduce el riesgo de la transmisión venérea. Sin embargo, los sementales latentemente infectados con el virus de pseudorrabia pueden presentar un riesgo continuo.

b) Virus de cólera porcino: La contaminación del semen por medio de este virus probablemente ocurre desde el tracto urinario.

CATEGORIA II. Virus que causan fallas reproductivas; su distribución es muy extensa

a) **Parvovirus porcino:** La difusión seminal de este virus no ha sido demostrada siguiendo la infección experimental. Sin embargo, la infección por parvovirus porcino causa disturbios en la espermatogenesis. La inoculación en testiculos resulta con cambios inflamatorios. No obstante la inoculación intratesticular es un modo inadecuado de transmisión o examen de la calidad del semen. Las cerdas seronegativas inseminadas con semen contaminado con parvovirus porcino presentaron una reducción de la fertilidad.

b) **Enterovirus:** Han sido encontrados como contaminantes de semen y causan vesiculitis seminal, incrementando las anomalías espermáticas y causando un decremento del libido.

CATEGORIA III. Virus exóticos

Los virus de fiebre aftosa y de la enfermedad vesicular porcina han sido aislados del semen. Los sementales afectados con fiebre aftosa no pueden montar debido a la enfermedad sistémica. El virus de fiebre porcina africana se preserva durante el proceso de congelación de semen y se ha demostrado la transmisión a la hembra receptora. La infección con virus de encefalitis B japonesa causa disturbios en la espermatogénesis, exudación fibrinosa de la serosa circundante del testículo, cordón espermático y escroto y produce cambios inflamatorios en la túnica de los intersticios del epidídimo. El libido se reduce severamente en los sementales afectados que presentan fiebre persistente.

CATEGORIA IV. Virus que han sido o pueden ser aislados del semen, pero su papel en la alteración reproductiva no es muy clara.

Todos estos virus han sido aislados de semen, testículo o membrana prepucial. Sin embargo, su papel en la falla reproductiva no ha sido establecido. El virus de rinotraqueitis infecciosa bovina ha sido sugerido como una de las causas de lechones paridos muertos, valantitis y vaginitis con fertilidad reducida. Los citomegalovirus han sido aislados de testículos, pero en animales adultos la transmisión nasal es más probable que la transmisión venérea. Se cree que el virus que causa el tremor congénito puede ser transmitido durante el coito, los lechones son infectados en útero y presentan los signos de la enfermedad al nacimiento. El virus del papiloma genital transmisible ha sido aislado de membranas prepuciales de lechones afectados. Los adenovirus y reovirus han sido aislados de semen siguiendo las inoculaciones experimentales. Muchos virus incluyendo el virus de GET, virus de encefalitis hemaglutinante y virus de influenza porcina, potencialmente pueden contaminar el semen. Sin embargo, la mayoría de estos virus entran al semen a través de materia fecal o contaminación con aerosoles durante la colección (106).

c) Levaduras

Comúnmente se encuentran como contaminantes de la piel, prepucio, divertículo prepucial y medio ambiente. Las medidas higiénico-sanitarias durante la colección y el procesamiento pueden ayudar, evitando la contaminación seminal.

La transferencia de agentes infecciosos por medio del nitrógeno líquido puede llevarse a cabo, ya que esta transferencia tal vez ocurra de pellet a pellet debido a que la superficie de los tanques de nitrógeno líquido arrendados a veces albergan agentes infecciosos y sirven como vector de enfermedades cuando son circulados entre granjas (101).

C) Programa higiénico-sanitario

Los sementales adquiridos para la IA deben ser cuarentenados y aislados dentro de un local con ambiente controlado, accesible sólo a los trabajadores que deben cambiarse de ropa, ponerse botas desinfectadas y tomar precauciones apropiadas. La observación de los sementales sólo debe ser a través de las ventanas.

Se deben llevar a cabo pruebas periódicas para verificar que los sementales de IA estén libres de brucelosis, leptospirosis (5 tipos L. pomona, L. icterohaemorrhagiae, L. canicola, L. hardjo y L. gripotyphosa), pseudorrabia, tuberculosis, parvovirus, erisipela, cólera porcino, fiebre porcina africana, fiebre aftosa, etc. Los sementales deben estar libres de parásitos internos y externos. La adición de antibióticos apropiados en el semen fresco y congelado son para salvaguardar la posible diseminación de las enfermedades.

Los sementales deben entrar en aislamiento por un periodo de 30 días y ser sometidos a pruebas de las enfermedades anteriormente mencionadas y monitoreados para dichas enfermedades por lo menos cada 6 meses. Además se debe tener un programa de control sanitario y control sanitario continuo (9,95,96).

VIII. MEJORAMIENTO GENETICO CON LA INSEMINACION ARTIFICIAL EN EL GANADO PORCINO

Una meta común de los productores de ganado porcino comercial, así como para pie de cria, es la de producir la más alta calidad del producto usando los recursos disponibles de la manera más eficiente (43). Con la IA los sementales pueden ser difundidos sobre más cerdas. Por esta razón el semen debe ser adquirido al menor costo posible y que cualquier productor pueda encontrar con el servicio natural (96).

El mejoramiento genético es posible haciendo una amplia selección de los sementales usados en la reproducción y haciendo el mejoramiento en un grupo de cerdas. Dichos sementales son seleccionados con base en sus marcas de excelencia, tales como: índice de ganancia y eficiencia alimenticia, rendimiento reproductivo, calidad de la canal, vigor y longevidad. Es imposible que un semental sea superior en todas las características seleccionadas en cada raza, debido al rendimiento reproductivo de sus madres, abuelas o hijas. Otros sementales también son seleccionados por su rendimiento en la engorda y por la calidad de la canal. Además la presión de selección debe ser aplicada en las características de funcionalidad y longevidad bajo condiciones de confinamiento. La valoración reproductiva puede ayudar a seleccionar los mejores sementales haciendo un progreso genético más rápido y sin sacrificar la pérdida de otras características (96).

En todas las especies, la IA permite probar sementales para usarlos a un mayor grado que con el servicio natural. En los cerdos la primera función de la IA es la de

proporcionar una amplia variedad de genes a nivel del núcleo de la piara, practicando una mayor selección y produciendo los reemplazos (78).

A) Anormalidades congénitas

Mani describe los datos de camadas con los defectos que frecuentemente son heredados con los sementales de IA, en donde las camadas de lechones Swiss Yorkshire y lechones Swiss Improved Landrace fueron afectadas. Las anormalidades más frecuentes fueron: Atresia anal, hernia escrotal, hernia umbilical y criptorquidismo respectivamente. Debido a esto, desde 1983, el uso de los sementales de IA que procrean lechones con defectos o malformaciones heredadas son eliminados y, por consiguiente, las anormalidades han sido reducidas en todos los sementales de IA (58).

Cristian reporta que los productores de ganado porcino asumen que tales anormalidades son de origen genético, ya que estas alteraciones se presentan en forma dramática y al nacimiento. Sin embargo, los efectos del medio ambiente también pueden alterar la muerte precoz en el desarrollo de los embriones y además las infecciones virales, deficiencias dietéticas e ingestión de drogas durante la preñez alteran el desarrollo prenatal del lechón. Por consiguiente las anormalidades genéticas que se presentan comúnmente en el ganado porcino son: síndrome de stress porcino, hernia escrotal, hernia umbilical, atresia anal, criptorquidismo, hermafroditismo, tremor muscular, splayleg, bentleg, polidactilia, sindactilia, hernia encefálica, paladar hendido, hemofilia, hidrocefalia, linfosarcoma y prolapso rectal (16).

**B) Progreso genético por medio de la inseminación artificial
en el ganado porcino**

El objetivo de los centros de IA es el de conseguir una calidad uniforme en todas las formas de producción porcina, ya que en los últimos años el problema en la calidad de carne ha sido de gran importancia. Por consiguiente, los centros de IA tratan de poner a disposición los sementales que tienen una prueba llamada halotane negativa. Estos animales tienen buena estabilidad ante el stress y producen carne de la más alta calidad (29).

LITERATURA CITADA

- 1) Aalberst, J. G., Johnson, L. A., Rademaker, J. M. H. and Grooten, H. J. G.: Use of boar spermatozoa for AI: fertility and morphology of semen diluted in BTS and used for insemination within 24 h or 25 h after collection. 10th Int. Congre. Anim. Reprod. Art. Insem. University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois, USA. Volume II. Brief Communications. (180): 3 pp. (1984).
- 2) Almlid, T.: Does enhanced antigenicity of semen increase the litter size in pig. Z. Tierz Zuchtungsbiol (1): 193 (1981).
- 3) Almlid, T. and Stavne, S. E.: Experiences with deep-frozen boar semen. 10th Int. Congre. Anim. Reprod. Art. Insem. University of Illinois, USA. Volume II. Brief Communications. (181): 2 pp (1984).
- 4) Antonyuk, V.: Improving the Affectiveness of Artificial Insemination. Svinovodstvo, (7): 22-24 (1984).
- 5) Aumuller, R.: Deepfreezing of boar semen in plastic tubes. Influence of centrifugation technique tested in an insemination trial under field conditions. Thesis, Tierärztliche Hannover, German Federal Republic. 110 pp (1982).
- 6) Baker, R. D., Dziuk, P. J. and Norton, H. W.: Effect of volume of semen, number of sperm and drugs on transport of sperm in artificially inseminated gilts. J Anim. Sci. 27: 88-93 (1968).
- 7) Barbosa, A. S., Neto, A., Filho, J. M. S., Silva, M. I. F. and Bergmarin, J. A. S.: Optimum time for service in the sow by "walsmeta" reading. Proceeding of the 8th Int. Pig Vet. Soc. Congre, Ghent, Belgium. 303: (1984).

- 8) Bashkeev, E. D.: Regulation of reproduction in pigs on commercial farms. Zhivotnykh (1-4): 10 (1980).
- 9) Birchwood Genetics, Inc. Boar Semen Catalog and Service Guide. Birchwood Genetics, Inc. Ohio, USA. (1988).
- 10) Blichfeldt, T.: Effect of addition of antigen, adjuvant or mitogen to semen on embryonic survival in artificially inseminated gilts. Tierzuchtung Zuchtungsbiologie, 101(4): 298-304 (1987).
- 11) Blom, E. and Thode, J. P.: Estudios on boar III. Sperm concentration and seminal plasma total solids followed in Danish AI boars through a 10 years period. Acta Vet. Scand., 25: 107-112 (1984).
- 12) Bozidar, P.: Deep-Freezing of boar semen in relation to changes on acrosome morphology at living sperms after thawing and the results of AI of 148 sows and 25 gilts. 1st Int. Conf. Deep-Freezing boar semen. Swedish University of Agricultural Sciences, 300-302 (1985).
- 13) Brandenburg, A. C. and Jainudeon, M. R.: The use of imported deep frozen boar semen for AI in Malaysia. 9th Congre. Anim .Reprod. Art. Ins. Ed. Garcí, Madrid, España, (1980).
- 14) Brake, J. H. A. and Aalbers, J. G.: Effect of season on the fertility of sows and on application of AI. Definition of the summer infertility problem in the pig. Luxembourg; Commission of the European Communities. 83-89 (1987).
- 15) Brustolini, P. C., Torres. C. A. A., Fonseca, F. A., Pereira, J. A. A., Milagres, J. C. e Mello, H. V. de.: Determinacao do melhor momento para inseminar marras. Rev. Soc. Bras. Zoot., 14(1): 5-13 (1985).
- 16) Christian, L. L. and Rothschild, M. F.: Genetic and developmental abnormalities of pig. Iowa State

- University of Science and Technology Agriculture and Home Economics Experiments Station Cooperative Extension Service Ames, Iowa, (1982).
- 17) Chung, H. K., Kim, H. K., Ko, I. S., Kim, I. G., Choi, J. S., Lee, K. W., Son, D. S., Kim, H., Chee, S. H. and Park, C. S.: Studies on fertilizing capacity and survival of liquid boar semen in 5 ml maxi straws. Korean J. Anim. Sci. 31(3): 158-161 (1989).
 - 18) Claus, R., Moshammer, T., Aumeller, R. and Weiler, U.: Replenishment of AI-doses with oestrogens in physiological amounts: Effects on sow prolificacy in a field trial. J. Vet. Med. 36: 797-800 (1989).
 - 19) Cutler, R., Hurtgen, J. P. and Leman A. D.: The reproductive system in diseases of swine. Iowa, USA. (1981).
 - 20) Davis, D. L., Stevenson, J. S. and Schmidt, W. E.: Scheduled breeding of gilts after estrous synchronization with altrenogest. J. Anim. Sci., 60(3): 599-602 (1985).
 - 21) Dekalb Swine Breeders, Inc.: Introducing to the swine industry OVU-MATE new technology forefficient breeding management. Dekalb Swine Breeders, Inc. Sycamore Road Dekalb IL: (1991).
 - 22) Dziuk, P.: Estimation of optimum time for insemination of gilts and ewes by double-mating at certain times relative to ovulation. J. Reprod. Fertil. 22: 277-282 (1970).
 - 23) Egbunike, G. N.: Enhanced conception by store porcine sperm stimulated with chloroquine. I. J. Andrology, 12: 80-84 (1989).
 - 24) Einarson, S., Jones, B., Larson, K. and Viring, S.: Distribution of small and medium sized molecules within the genital tract of artificially inseminated gilts. J.

- Reprod. Fert., 59(2): 453-457 (1980).
- 25) First, N. L., Short, R. E., Peters, J. B. and Stratman, F. W.: Transport and loss of boar spermatozoa in the reproductive tract of the sow. J. Anim. Sci. 27: (1968).
- 26) Giles, J. R., Thompson, L. H., Arkins, S., Camacho, T. and Eichen, P. A.: Effects of uterine infusion of nonviable semen, seminal plasma or egg albumen prior to breeding on the reproductive efficiency of gilts or sows. Can. J. Anim. Sci. 70: 129-133 (1990).
- 27) Gottari, L., Brunel, L. and Zanelli, L.: New dilution media for artificial insemination in pig. Proc. 9th Int. Congr. Anim. Reprod. Artif. Insem. Madrid España. 3: 275 (1980).
- 28) Greene, S. T., Boland, M. P. and Gordon, I.: Artificial insemination in the post-weaning sow conducted at a predetermined time. Research Facu. Gen. Agricult., University College, Dublin. Dublin, Irish Republic, 99: (1984).
- 29) Hahn, R.: Reproduction Techniques. Future production and productivity in livestock farming: science versus politics. Proceedings of a DSA symposium Amsterdam, Netherlands, Elsevier. 149-155 (1986).
- 30) Hancock, R. J. T.: Immune responses temperature sperms. Oxford Rev. Reprod. Biol. 3: 182-208 (1981).
- 31) Harbison, S., Kirkwood, R. N., Aherne, F. X. and Sather, A. P.: Reproductive performance of sows inseminated with fresh or thawed semen: Influence of insemination at a fixed time or as indicated by changes in vaginal mucus conductivity. Can. J. Anim. Sci. 67(3): 865-867 (1987).
- 32) Harold, H. and Hodson, Jr.: New technique in swine artificial insemination. Agri-practice 8(5): 22-24 (1984).

- 33) Hawk, H. W.: Sperm survival and transport in the female reproductive tract. J. Dairy Sci. 66(12): 2645-2660 (1983).
- 34) Helmond, F., Aarnink, A. and Oudenaarden, C.: periovulatory hormone profiles in relation to embryonic development and mortality in pigs. Embryonic mortality in farm animals. ed. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, Netherlands, 119-125 (1986).
- 35) Henze, A. and Huhn, U.: Present position of oestrus synchronisation and fixed-time insemination in pigs in the German Democratic Republic. Tierzucht. 34(12): 545-548 (1980).
- 36) Henze, A. and Jurk, R.: Recent results on the addition of uterotropic substances to the insemination dose in gilts and sows. Monatshfte Veterinarmedizin. 41(23): 807-810 (1986).
- 37) Herman, H. A. and Madden, F. W.: The artificial insemination and embryo transfer of dairy and beef cattle. A handbook and laboratory manual for students, herd operators and workers in the AI fields. Daville, Illinois, USA; The Interstate Printers and Publishers, Incorporated; (1987).
- 38) Hooper, P. N., Green, C. G., and Walters, J. R.: Fields results with pig AI. British Society of Animal Production. Winter Meeting, (89): 2 pp (1983).
- 39) Hooper, P. N., Walters, J. R. and Green, C. G.: The implementation of successful pig AI programmes in tropical and subtropical countries. World Review Anim. Prod. 22(2): 67-72 (1986).
- 40) Hung, U. and Konig, I.: Biotechnical control of reproduction in pig. Pig News and Information. 2(10): 173-176 (1989).

- 41) Huhn, U., Stremke, A. and Kurzhals, V.: Synchronized ovulation in sows following a suckling period of three to under five weeks. Monatshhefte Veterinarmedizin 37(24): 942-945 (1982).
- 42) Hunter, R. H. F.: Sperm transport and reservoirs in the pig oviduct in relation to the time of ovulation. J. Reprod. Fertil. 63: 109 (1981)
- 43) International Boars Semen: Boar Sire Directory: Eldora, Iowa, USA. (1990).
- 44) Ito, S. Niwa, T., Kudo, A. and Mizumo, A.: Studies on the artificial insemination in swine. Res. Bull. Chiba Zootrch. (55): 1-74 (194).
- 45) Johnson, L. A., Aalbers, J. G., Willems, C. M. and Sibesma, M.: Use of boar spermatozoa for artificial insemination. I fertilizing capacity of fresh and frozen spermatozoa in sows on 36 farms. J. Anim. Sci. 52(5): 1130-1136 (1981).
- 46) Johnson, L. A., Aalbers, J. G. and Arts, J. A.: Use of boar spermatozoa for artificial insemination. II Fertilizing capacity of fresh and frozen spermatozoa in gilts inseminated either at a fixed time or according to walsmeta reading. J. Anim. Sci. 54(1): 126-131 (1982).
- 47) Johnson, L. A., Aalbers, J. G., Willems, C. M., Rademaker, J. H. and Rexroad, C. E. Jr.: Use of boar spermatozoa for artificial insemination. III Fecundity of boar spermatozoa stored in Beltsville liquid and Kiev extender for three days at 18°C. J. Anim. Sci. 54(1): 132-136 (1982).
- 48) Johnson, L. A., Aalbers, J. G., and Grooten, H. J. G.: Artificial insemination of swine: Fecundity of boar semen stored in beltsville TS (BTS), Modified, Modena (CMM), or MR-A and inseminated on one, three and four

- days after collection. Zuchthvg. 23(2): 49-55 (1988).
- 49) Kennedy, B. W. and Wilkins, J. N.: Boar breed and environmental factors influencing semen characteristics of boar used in artificial insemination. Can. J. Anim. Sci. 64(4): 833-843 (1984).
- 50) Kirsch, J. D., Tilton, J. E., Ziecik, A., Weigl, R., Schaffer, T. and Williams, G. L.: Effects of various mating stimuli on pituitary release of luteinizing hormone in the gilt. Domestic Anim. Endocrinology 2(2): 99-104 (1985).
- 51) Lancaster, R. T., Foxcroft, G. R., Lightfoot, A. L., Woods, E. N. and Saunders, R. W.: Synchronization of oestrus in the weaned sow with oestradiol benzoate and fertility to fixed-time artificial insemination. British Soc. Anim. Prod. Scarborough, 9(5): 2pp (1985).
- 52) Lancaster, T. T., Foxcroft, G. R., Lightfoot, A. L., Wood, E. N. and Saunders, R. W.: Oestrus synchronization and fixed time artificial insemination in the weaned sow. Anim. Reprod. Sci. 11(2): 151-158 (1986).
- 53) Lightfoot, A.: Artificial insemination. Terrington Husbandry Farm. Sixth pig Review 12-14 (1985).
- 54) Livestock International.: AI farrowing rates approach those for natural mating. Livestock International, 10(4): 98 (1982).
- 55) Louda, F. and Pavlik, J.: Economic benefits from hybrid boars in artificial insemination. 3rd World Congre Genet. Applied Livestock Produc. Lincoln, ebraska, USA 82-86 (1986).
- 56) Majerclak, P., Krcho, I. and Kopacik, J.: Method of determining the optimum time of inseminating sows. Nas Chev. 44(3): 114-117 (1984).
- 57) Majerclak, P., Krcho, I. and Kopacik, J.: The

- determination of optimum insemination time at oestrus using the walsmeta II. Zivocisna Vyroba 29(1): 57-64 (1984).
- 58) Mani, R.: The reporting of inherited defects and malformations in AI boars. Mitteilungen Schweizerischen Verbandes Kunstliche Besamung Interessengemeinschaft Schweizerischer Besamungszüchter 23(2): 60-62 (1985).
- 63) Martinez, N., Delgado, J., y Gonzalez, C.: Resultados preliminares de la inseminación artificial con semen fresco en porcinos. Informe Anual Ing. prod. Anim. Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. 76 (1982).
- 60) Meat and Livestock Commission: Fertility to AI versus natural mating in pigs. UK, Meat and Livestock Commission: 13th annual report year. Blechley, UK: 14 (1980).
- 61) Meat and Livestock Commission.: Artificial insemination of pigs. UK Meat and Livestock Commission: Comercial pig production yearbook, 1981. 56-57 (1981).
- 62) Morcom, C. B. and Dukelow, W. R.: A research technique for the oviductal insemination of pigs using laparoscopy. Lab Anim. Sci., 30(6): 1030-1031 (1980).
- 63) Mucsi, I. and Takatsy, T.: Oestrus detection and electrical conductivity of vaginal mucus in sows. Szaktanacsok, (4): 34-38 (1985).
- 64) Murray, F. A., Grifo, A. P. Jr. and Parker, C. F.: Increased litter size in gilts by intrauterine infusion of seminal antigens before breeding. J. Anim. Sci., 56(4): 895-900 (1983).
- 65) Murray, F. A. and Grifo, A. P. Jr.: Intrauterine infusion of killed semen to increase litter size in gilts. J. Anim. Sci., 62(1): 187-190 (1986).

- 66) Niswender, G. D., Reichert, L. E. and Zimmerman, D. R.: Radioimmunoassay of serum levels of luteinizing hormone throughout the estrous cycle in pigs. Endocrinology, 87: 576-580 (1970).
- 67) Niwa, T. and Hashizume, T.: Studies on the deep freeze storage of pelleted boar semen. V. Test of conception. Bull. Lab. Art. Insem. Iwate University, (3): 24-30 (1982).
- 68) Paquignon, M., Bussiere, J., Bariteau, F. and Courot, M.: Effectiveness of frozen boar semen under practical conditions of artificial insemination. Theriogenology 14: 217-226 (1980).
- 69) Paquignon, M., Bussiere, J., Bariteau, F. and Courot, M.: Use of the Guelp extender in the storage of boar spermatozoa. Limit of the system. 10th Int. Congre. Anim. Reprod. Art. Insem. Urbana, USA; University of Illinois (212): 3 pp (1984).
- 70) Paterson, A. M.: The controlled induction of puberty. Butterworths, London 139-159 (1982).
- 71) Polge, C.: Artificial insemination in pigs. Vet. Rec. 68: 62-76 (1956).
- 72) Pursel, V. G., Schulman, L. L. and Johnson, L. A.: Distribution and morphology of fresh and frozen thawed sperm in the reproductive tract of gilts after artificial insemination. Biol. Reprod. 19: 69 (1978).
- 73) Pursel, V. G., Elliott, D. C. and Staigmiller, R. B.: Synchronization of oestrus in gilts with Allyl Trenbolone: Fecundity after natural service and insemination with frozen semen. J. Anim. Sci. 52(1): 130-133 (1981).
- 74) Pursel, V. G.: Effect of uterine ligation and cervical plugs on retention of frozen thawed boar sperm. J. Anim.

- Sci. 54(1): (1982).
- 75) Pursel, V. G., Elliott, D. O. and Newman, C. W.: Mating by vasectomized boars failed to improve fertility in gilts inseminated with frozen semen. Theriogenology 18(1): 61-64 (1982).
- 76) Pursel, V. G.: Effect of processing of semen on capacitation time of fresh and frozen thawed boar spermatozoa. J. Anim. Sci., 56(5): 1161-1166 (1983).
- 77) Rampacek, G. B., Kraeling, R. R. and Pinkert, C. A.: Regression of induced corpora lutea by human chorionic gonadotropin in prepuberal gilts. J. Anim. Sci., 60(4): 1040-1044 (1985).
- 78) Reed, H. C. B.: Artificial insemination. Control of pig reproduction. London, UK; Butterworth Scientific. 65-90 (1982).
- 79) Reed, H. C. B.: Current use of frozen boar semen-future need of frozen boar semen. Proceeding, 1st International Conference on Deep Freezing of Boar Semen, Uppsala, Sweden, Swedish University of Agricultural Sciences. 225-237 (1985).
- 80) Rodriguez, H. y D'Alessandro, J.: Inseminación de Cerdos en Uruguay. Veterinaria 25(22): 4-8 (1986).
- 81) Rodriguez, P. E.: Resultados preliminares obtenidos en inseminación artificial con semen diluido refrigerado importado de Inglaterra. Bol. Soc.Vet. Ven. Esp. Ger. 2(1): 29 (1987).
- 82) Roost, H., Kroger, H. and Schuckmann, B.: Effect of "Berlin-Chemie" GnRH in combination with HCG on oestrus behavior and fertility in sows. Monatshfte Veterinarmedizin, 41(14): 492-495 (1986).
- 83) Salahovic, K., Varadin, M. and Kurspahic, A.: The effect of time of insemination on conception of sows and litter

- size. Vel. Yug. 33(3): 323-338 (1984).
- 84) Scheid, I. R., Wentz, I., Souza, N. M. de. and Mariano, M. da. S.: Inseminacao artificial em suinos com semen congelado e resfriado: Resultados comparativos. Primer congresso latino de veterinarios especialistas em suinos. Rio de Janeiro, Brazil. Concordia, Brazil; EMBRAPA/CNPISA. 75-76 (1985).
- 85) Semenov, V. I.: The action of oxytocin and Oestrophan on fertility of sows. Zhivotnovodstvo, (4): 55-57 (1987).
- 86) Semenov, V. I.: The use of hormone preparations in pig insemination. Nauchnye Osnovy Razvitiya Zhivotnovodstva v BSSR, (18): 47-51 (1988).
- 87) Senegacnik, J., Vengust, M., Bester, M., Bajt, Y. G. and Tomsic, M.: Freezing of boar semen in Slovenia (Yu) in years 1972-1984. Proceedings, 1st. International Conference on Deep Freezing of boar semen, Uppsala; Sweden; Swedish University of Agricultural Sciences. 303 (1985).
- 88) Shkolina, G. and Pokhodnya, G.: The optimum time for artificial insemination of pig Svinovodstvo, (3): 33-36 (1984).
- 89) Silveira, P. R. S. da., Munari J., Sobestiansky, J. e Wentz, I.: Comparacao entre monta natural e inseminacao artificial na especie suina. Comunicado Tecnico, EMBRAPA, 15: 3 PP (1980).
- 90) Silveira, P. R. S. da Munari, J., Sobestiansky, J. e Wentz I.: Comparacao entre monta natural e inseminacao artificial em suinos Pesq. Agropec. Bras. 21(3): 311-316 (1986).
- 91) Silveira, P. R. S., da Wentz, I., e Freitas, A. R. de.: Fertilidade de porcas submetidas a inseminacao simples ou dupla com semen preservado em diluente Kiev. Pesq.

- Agropecu. Bras. 19(7): 990-913 (1984).
- 92) Stephens, S. and Boland, M. P.: Gilts insemination after ovulation induction. Research Report 1984-85. Faculty of General Agriculture, University College Dublin. Biosciences Library, Dublin UCB, Irish Republic. 100-101 (1986).
- 93) Stickney, K: The physiology of oestrogen-induced puberty in the gilt. Thesis, University of Nottingham (1982).
- 94) Stoney Creek Farms: Herd Directory and AI Semen Catalog. Farmland, Indiana, USA. (1988).
- 95) Swine Genetic International, Ltd.: AI Manual. Cambridge, Iowa, USA. (1989).
- 96) Takacs, T., Pecsí, T., and Magyar, J.: The effect of prostaglandin F_{2α} treatment of boar semen and sows on the fertility level in an artificial insemination system. Proceedings, 1st International Conference on Deep Freezing of Boar Semen, Uppsala, Sweden; Swedish University of Agricultural Sciences. 304-307 (1985).
- 97) Takeda, K., Sone, M. and Bamba, K.: Two step insemination apparatus for pigs. Vet. Rec. 108(7): (1981).
- 98) Tardani, A.: When and how many times to inseminate the sow during oestrus. Summa, (1): 51-52 (1985).
- 99) Teruaki, S.: Artificial insemination device. Printed for her Majesty's Stationery Office by Burgess and Son, Abingdon Ltd. (1982).
- 100) Thacker, B. J., Larsen, R. E., Joo, H. S. and Leman, A. D.: Swine diseases transmissible with artificial insemination. Am. J. Vet. Med. Assoc. 185(5): (1984).
- 101) Tilton, J. E., Foxcroft, G. R., Zieck, A. J., Coombs, S. L. and Williams, G. L.: Time of the preovulatory LH surge in the gilts and sow relative to the onset of

- behavioral estrus. Theriogenology **18**: 227-236 (1982).
- 102) Tokovski, T., Petkov, K. and Madzirov, Z.: Dynamics of fertility in Swedish Landrace gilts in the course of a calendar year. Vet. Glasnik, **30(9-10)**: 803-807 (1984).
- 103) Varley, M. A., Yang, H. and Rodway, R. G.: Puberty attainment in oestradiol-treated gilts given allyl trenbolone and gonadotrophins. Anim. Prod. **48**: 435-441 (1989).
- 104) Vieira, H. P.: Inseminacao artificial porcina com semen congelado. Rev. Port. Cien. Vet. **80(475)**: 227-246 (1985).
- 105) Viring, S., Einarson, S., Jones, B. and Larsson, K.: Transuterine transport of small and medium sized molecules deposited in the uterus in gilts. I. Reprod. Fert., **59(2)**: 459-462 (1980).
- 106) Viring, S.: Distribution of live and dead spermatozoa in the genital tract of gilts at different times after insemination. Acta Vet. Scand. **21**: 587-597 (1980).
- 107) Viring, S. and Einarson, S.: Influence of boar seminal plasma on the distribution of spermatozoa in the genital tract of gilts. Acta Vet. Scand., **21**: 598-606 (1980).
- 108) Zavos, P. M. and Liptrap, D. O.: Procedures for collection, evaluation and artificial insemination of boar spermatozoa Agri-Practice **8(3)**: 19-23 (1987).
- 109) Ziecik, A., Tilton, J. E. and Williams, G. L.: Effect of mating on the luteinizing hormone surge in the pig. I. Anim. Sci., **53(2)**: 434-438 (1981).
- 110) Zykunov, N. P.: Stimulating the reproductive function on pig with hormone preparations. Zhivotnovodstvo **71-78** (1984).