

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**

**“COMPARACIÓN ENTRE EL USO DE UNA DOSIS SEMINAL EN
INSEMINACIÓN ARTIFICIAL DE CERDAS VRS. LA UTILIZACIÓN DE
3 DOSIS SEMINALES”**



ANA CRISTINA ASTURIAS MANZO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA

**“COMPARACIÓN ENTRE EL USO DE UNA DOSIS SEMINAL EN
INSEMINACIÓN ARTIFICIAL DE CERDAS VRS. LA UTILIZACIÓN DE
3 DOSIS SEMINALES”**

TESIS

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD
DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

ANA CRISTINA ASTURIAS MANZO

AL CONFERIRSELE EL GRADO ACADÉMICO DE

MÉDICA VETERINARIA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2008

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
JUNTA DIRECTIVA**

DECANO: Lic. Zoot. MARCO VINICIO DE LA ROSA

SECRETARIO: Med. Vet. MARCO VINICIO GARCÍA URBINA

VOCAL I Med. Vet. YERI EDGARDO VÉLIZ PORRAS

VOCAL II Mag. Sc. M.V. FREDY GONZÁLEZ GUERRERO

VOCAL III: Med. Vet. MARIO ANTONIO MOTTA GONZÁLEZ

VOCAL IV: Br. DAVID GRANADOS DIESELDORFF

VOCAL V: Br. LUIS GUILLERMO GUERRA BONE

ASESORES:

Méd. Vet. Yeri Edgardo Véliz Porras

Méd. Vet. Ligia Anaité González Quiñonez

Mag. Sc. M.V. Fredy Rolando González Guerrero

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

**EN CUMPLIMIENTO CON LO ESTABLECIDO POR LOS ESTATUTOS
DE UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, PRESENTO
A CONSIDERACIÓN DE USTEDES EL TRABAJO DE TESIS
TITULADO:**

**“COMPARACIÓN ENTRE EL USO DE UNA DOSIS SEMINAL EN
INSEMINACIÓN ARTIFICIAL DE CERDAS VRS. LA UTILIZACIÓN DE
3 DOSIS SEMINALES”**

Que fuera aprobado por la Junta Directiva de

La Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,

como requisito previo a optar por el título profesional de

MÉDICA VETERINARIA

ACTO QUE DEDICO

A DIOS: Por darme fuerza, sabiduría y guiarme en todo momento, por hacer realidad este gran sueño.

A MIS PADRES: Rodolfo Asturias Méndez y Grisela de Asturias por su paciencia, apoyo y amor.

A MIS HERMANOS: José Alfonso y Silvia Alejandra por acompañarme en este camino y estar siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

A MI PRIMO: Dr. Julio César Chajón, por sus enseñanzas y consejos, por su apoyo incondicional durante toda mi carrera y por ese gran cariño que nos une.

A MIS TIOS: Sergio Spinola y Coralía Asturias de Spinola por su gran apoyo y cariño, por sus palabras de aliento y estar siempre presentes en mi vida.

A MIS AMIGOS: Por estar conmigo y demostrarme su cariño en todo momento: Raquel López, Silvia Guirola, Gaby Franco, Rodolfo Lima, Alejandro Hun y a todos los que de una u otra forma me mostraron su apoyo.

A todos muchas gracias.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	01
II. HIPÓTESIS	02
III. OBJETIVOS	03
3.1 General	03
3.2 Específicos	03
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	04
4.1 Ciclo estral de la cerda	04
4.1.1 Pubertad	04
4.1.2 Características del ciclo sexual de la cerda	05
4.1.3 Madurez sexual del macho	08
4.1.4 Conducta sexual de la hembra y el macho	08
4.2 Inseminación artificial en porcinos	09
4.2.1 Definición	09
4.2.2 Historia	09
4.2.3 Ventajas de la inseminación artificial	10
4.2.3.1 Ventajas zootécnicas	10
4.2.3.2 Ventajas sanitarias	11
4.2.3.3 Ventajas de manejo	11
4.2.4 Desventajas de la inseminación artificial	12
4.2.5 Pasos previos a la inseminación artificial	12
4.2.5.1 Selección del verraco	13
4.2.5.2 Extracción de semen	13
4.2.5.3 Evaluación del semen	15
4.2.5.4 Conservación y dilución del semen	17
4.2.5.4.1 Diluyentes	17
4.2.5.4.2 Conservación	21
4.2.5.5 Detección del estro	22
4.2.5.6 Momento para la inseminación	23
4.2.5.6.1 Técnica de inseminación	24
4.2.5.7 Detección de preñez	25
4.2.5.8 Intervalo parto- primer celo	26

V. MATERIALES Y MÉTODOS	28
5.1 Materiales	28
5.1.1 Recursos humanos	28
5.1.2 Recursos biológicos	28
5.1.3 Recursos de campo	28
5.1.4 Recursos de laboratorio	28
5.1.5 Centros de referencia	29
5.2 Metodología	30
5.2.1 Definición de la muestra	30
5.3 diseño estadístico	31
5.3.1 Variables	31
5.4 Análisis estadístico	32
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
VII. CONCLUSIONES	35
VIII. RECOMENDACIONES	36
IX. RESUMEN	37
X. BIBLIOGRAFÍA	38
XI. ANEXOS	41

I. INTRODUCCIÓN

La industria porcina es muy rápida en crecimiento debido al aumento de demanda por parte del consumidor y por eso ha sido necesario optimizar el sistema de reproducción haciéndolo al mismo tiempo más eficiente biológica y económicamente. La utilización de la inseminación artificial ha sido parte importante de este proceso debido a sus múltiples beneficios económicos y sanitarios ya que reduce los costos en el mantenimiento de los verracos al disminuir el número de machos necesarios en la explotación, reduce el riesgo de transmisión de enfermedades en la cerda y permite la introducción de genética mejorada.

Actualmente en el proceso de inseminación artificial se utilizan entre 2 y 3 dosis seminales por cerda, pero si se reduce el número de dosis seminales, puede disminuir más el riesgo de manipulación del tracto genital femenino, se necesitarían menos machos y esto favorecería económicamente al productor.

En el presente trabajo de investigación se generó información sobre el uso de una sola dosis seminal en la inseminación artificial en cerdos calculando el momento de ovulación de las cerdas de la explotación.

II. HIPÓTESIS

- “La duración de la receptividad sexual por reflejo de lordosis en las cerdas de la granja en estudio dura en promedio 72 horas.”
- “La utilización de una sola dosis seminal en inseminación artificial de las cerdas de la granja en estudio tiene igual efectividad para fertilizar, comparada con el uso de tres dosis seminales cuando se establece la duración de la receptividad sexual de las cerdas.”

III. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

- Contribuir a la eficiencia de los programas de Inseminación Artificial en cerdas.

3.2 ESPECÍFICOS

- Establecer la duración promedio de la receptividad sexual por reflejo de lordosis en las cerdas de la granja en estudio.
- Evaluar el efecto de la aplicación de una sola dosis seminal vrs. tres dosis seminales en inseminación artificial de las cerdas de la granja en estudio sobre el porcentaje de fertilidad y número de nacidos totales tomando en cuenta la duración de la receptividad sexual de las cerdas por reflejo de lordosis.
- Evaluar el costo-beneficio al aplicar una y tres dosis seminales en la inseminación artificial de las cerdas de la granja en estudio.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 CICLO ESTRAL DE LA CERDA

4.1.1 Pubertad:

Al nacimiento, la hembra cuenta con el total de sus folículos primarios (aprox. 400.000) en ambos ovarios y con la capacidad para que se desarrollen hasta la ovulación, a partir de la pubertad, época en que se presenta el primer ciclo estral fértil. Este comienzo de la madurez sexual, es el resultado de la interacción de factores internos (genotipo, raza, control neuroendocrino) y externos (nutrición, salud, medio ambiente, manejo) (22).

Bajo buen manejo, la pubertad ocurre en la hembra joven (de reemplazo) aproximadamente a los 6 a 7 meses de edad, cuando la cerda alcanza un peso corporal de 100 a 110 kg. La raza y la selección dentro de ésta influyen en el inicio de la pubertad. En general, las razas Landrace y Large White seguidas por Hampshire, tienen el primer estro más pronto que otras razas comunes. Entre razas, ciertas líneas genéticas empiezan a ciclar más pronto que otras. El confinamiento reduce el número de cerdas que muestran estro de los 7 a 9 meses de edad, en un 10 a 15%, cuando se les compara con cerdas alojadas sin confinamiento. El alojar cerdas individualmente, en pequeños grupos de dos o tres por corral, o en grupos grandes de 50 o más, retrasa el primer estro. Otros factores ambientales como la iluminación, parecen tener poco efecto sobre los días del primer estro (3).

A medida que las cerdas se acercan a la edad púber, la exposición de las mismas a un verraco adulto acorta el intervalo y da como resultado cierta sincronización del estro. La pubertad se retrasa frecuentemente si la exposición al verraco se inicia cuando las cerdas tienen sólo 3 ó 4 meses de edad (3).

Bajo condiciones normales de alimentación y manejo, la nutrición tiene un efecto mínimo en la pubertad. Una dieta baja en proteínas retrasa el crecimiento y la pubertad y una dieta baja en energía puede deprimir las tasas de ovulación. Del mismo modo, el debilitamiento debido a enfermedad puede retrasar el primer estro (3).

4.1.2 Características del ciclo sexual de la cerda.

El ciclo estral de la cerda se clasifica como poliéstrico continuo, es decir, su reproducción no tiene una estacionalidad, en el sentido que cicla regularmente todo el año, cada 21 días, con un rango de 19 a 23, exceptuando la época de la preñez y de la lactancia (22).

De acuerdo a los cambios que tienen lugar tanto en sus manifestaciones internas como externas el ciclo estral se divide en cuatro fases: proestro, estro, metaestro y diestro (9).

- **Proestro:**

Esta fase dura aproximadamente 2 días y las hembras comienzan a montarse entre sí, sin aceptar al macho. Comienzan a reflejarse síntomas externos como lo son enrojecimiento de la vulva y secreciones. En algunas hembras esta fase se puede alargar excesivamente hasta por 5 ó 7 días. Internamente se desarrolla el folículo terciario en el ovario, incrementándose la secreción estrogénica e iniciándose la preparación de los órganos tubulares y de la vulva con su tumefacción característica (9).

Es el período de crecimiento folicular (7).

- **Estro:**

Período de maduración y ovulación de los folículos en el que la hembra presenta sintomatología de celo (7).

El estro dura de 2 a 3 días, existiendo inflamación de la vulva, pueden presentarse secreciones mucosas en la comisura de la vulva, la hembra gruñe con frecuencia, come poco y se muestra inquieta, se puede mostrar agresiva y lo más característico es el reflejo de inmovilidad o de quietud, el cual es aprovechado para la monta o inseminación artificial. Entre 26 y 40 horas de haber comenzado el celo debe ocurrir la ovulación, es la fase más importante del ciclo estral porque es el momento en que se realiza el apareamiento (9).

- **Metaestro:**

Esta fase dura alrededor de 7 días y es el momento en que se organiza el cuerpo lúteo y comienza la producción de progesterona (9).

- **Diestro:**

Dura alrededor de 9 días y se produce progesterona, si no ocurre la gestación al final comienza la regresión del cuerpo lúteo disminuyendo el nivel de progesterona circulante en sangre, comenzando la maduración de nuevos folículos y con ello el inicio de un nuevo ciclo (9).

Se puede considerar al proestro y al estro como la fase de predominio folicular y al metaestro y al diestro como la fase de predominio luteal del ciclo ovárico (9).

El mecanismo que regula el ciclo sexual determinando la duración y fisiología de sus fases se sustenta por el equilibrio del sistema nervioso central y el sistema endocrino. Las formas en que estas funciones pueden manifestarse están muy influenciadas por las condiciones existentes en torno a las hembras. Los estímulos que provienen del medio son captados por los órganos de los sentidos y viajan por vía nerviosa hasta el hipotálamo. Este actúa como moderador de las excitaciones recibidas a través de las sustancias especiales (*Realising Factors*). Estas llegan hasta la hipófisis por vía sanguínea y la estimulan para que elabore las hormonas gonadotrópicas, llegando dichas hormonas hasta los ovarios (9).

La hormona folículoestimulante (FSH) producida por la hipófisis estimula el crecimiento y desarrollo de los folículos a nivel del ovario y de esta forma la producción de los estrógenos que son los responsables de las manifestaciones cíclicas del celo. La hormona luteinizante (LH) conjuntamente con la FSH participan en la estructura de la membrana folicular para llevar a cabo la ovulación, además es la hormona que después de la ovulación estimula la formación del cuerpo amarillo (9).

La LH regula la función del cuerpo lúteo el cual produce progesterona. Esta hormona es la encargada del mantenimiento de la gestación, pero si no ocurre la fecundación el cuerpo amarillo involuciona hasta quedar como un punto en la superficie del ovario, reiniciándose un nuevo ciclo estral. Todos estos fenómenos están controlados por la acción hipotalámica que actúa como centro de la actividad sexual, a través del sistema endocrino mediante un mecanismo de retroalimentación denominado *Feed-Back*. Cuando la titulación de estas hormonas es alta en sangre entonces se activa a nivel del hipotálamo la liberación de los factores que cesan la producción de éstas, activándose la de otras, quiere decir que una vez que los estrógenos se elevan en su máximo nivel, esta tasa estrogénica en sangre es la que actúa en el hipotálamo para que cese su producción y entonces comience la producción de la progesterona por parte del cuerpo lúteo. A la luz de los conocimientos actuales se sabe que la progesterona es la hormona que desempeña el papel fundamental en la regulación de las funciones sexuales de la hembra (9).

La duración del celo en valores promedio es de 47 horas para las primerizas y 56 horas para las cerdas adultas, con amplia variación de estos valores (12-72 horas). La ovulación es espontánea y ocurre normalmente en la segunda mitad del celo, alrededor de 40 horas (38-42 horas) después de su inicio y dura entre 1-6 horas (3.8 horas en promedio). Si el celo dura más de dos días, la ovulación se produce cuando el 75% del celo ya ha transcurrido, asimismo, la ovulación ocurre varias horas antes en las cerdas que han sido servidas, en comparación con las no servidas lo cual se debe a la presencia de estrógenos y a una fracción proteica del

plasma seminal del macho. El índice ovulatorio es el número de ovocitos liberados por ambos ovarios en un celo, es entre 10-24 (22).

Estudios utilizando ultrasonografía en tiempo real, concluyeron que el tiempo óptimo para la inseminación artificial es de 12 a 0 horas antes de la ovulación con semen fresco refrigerado y 4 a 0 horas antes de la ovulación con semen congelado. Igualmente, otros estudios, usando también ultrasonografía transrectal concluyeron que la tasa de fertilización es óptima cuando se insemina con semen refrigerado entre 0 y 24 horas antes de la ovulación (22).

4.1.3 Madurez sexual del macho

La edad del inicio de la pubertad en el verraco es similar a la de la cerda. Los espermatozoides primarios aparecen primero en los túbulos seminíferos hacia los 3 meses; los espermatozoides secundarios a los 4 a 5 meses y los espermatozoides maduros están presentes en el eyaculado a los 5 a 6 meses. A esta edad, el verraco tiene fertilidad limitada y no debe utilizarse para la monta hasta los 8 meses. Los verracos jóvenes deben seleccionarse en cuanto a su precocidad sexual, puesto que esta característica es uno de los rasgos reproductivos más hereditarios y puede reflejarse en la edad de pubertad de sus crías. Los verracos criados sin interacción con el sexo opuesto frecuentemente tienen desarrollo conductual retrasado. Un macho castrado es un cerdo para abasto (3).

4.1.4 Conducta sexual de la hembra y del macho

Habitualmente la cerda busca al macho cuando se encuentra al alcance de su vista, sonido o respuesta vocal. Puede haber acciones de hozar y tentativas de montar tanto cerdas como al verraco, pero más comúnmente, la hembra asume una posición inmóvil característica, con elevación de las orejas, en respuesta al llamado vocal del verraco al hozar o tentativas de monta. El verraco examina a las cerdas en busca del estro, vocalizando, orinado, hozando y tratando de montar y buscar la

hembra al azar con este patrón de cortejo. Las pruebas nasogenitales son comunes en el verraco. La erección ocurre después de la monta. En el verraco el glande del pene es en espiral y penetra la cérvix de la hembra durante la eyaculación. La eyaculación dura de 5 a 8 minutos. Los volúmenes de eyaculado de 150 a 200 ml son comunes y se depositan dentro del cérvix y útero. Bajo condiciones de pastoreo, la copulación puede ocurrir varias veces durante el estro. Con apareamientos controlados (apareamiento manual), se recomienda que se permita copulación una vez al día durante el estro. La detección del estro para apareamiento manual o inseminación artificial requiere en general de un verraco marcador. La respuesta de aceptación de la cerda en estro, a la presión del dorso, se utiliza frecuentemente por el trabajador encargado. En un lapso de dos a tres días después del parto, aproximadamente una cuarta parte de las cerdas muestran un estro psíquico en respuesta a los niveles elevados de estrógeno del parto. No obstante, no se presenta una respuesta ovárica concomitante y normalmente no ocurre ovulación (3).

4.2 INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN PORCINOS

4.2.1 Definición

Es una rama de la biotecnología aplicada a la reproducción en el que se sustituye la monta o servicio natural por un sistema instrumental, en el cual el hombre interviene en cada uno de sus pasos (8).

4.2.2 Historia

Pese a la creencia de que la inseminación artificial es una tecnología moderna, los primeros intentos de llevarla a cabo se remontan al siglo XV, se cree que la inseminación artificial fue intentada en Juana, esposa del Rey Enrique IV de Castilla (conocido como "el impotente"). En 1677 el científico alemán Leeuwenhoek observó espermatozoides gracias a los microscopios que había construido. Más de 100 años después, el sacerdote y fisiólogo italiano Lazzaro Spallanzani demostró

que debía existir contacto físico entre el huevo y el espermatozoide para que se desarrollara un embrión. Hasta ese momento se creía que el embrión era "producto de la semilla masculina, nutrido en el suelo de la mujer". Spallanzani realizó experimentos exitosos de inseminación artificial en peces y anfibios (17).

Las primeras inseminaciones en porcinos se realizaron en la Unión Soviética, a partir de las experiencias llevadas a cabo por Inavov en 1931. Más tarde Lipatov, Rodin y Camisarov, realizaron una serie de trabajos que llevaron a la introducción del maniquí para la colecta de semen, descubriéndose posteriormente la vagina artificial. Esta última fue establecida como método de colecta de semen por Bonadonna en 1938. Una vez resuelto el problema de la colecta de semen, quedaba por dilucidar las técnicas de dilución y conservación del mismo, desarrollándose a partir de 1950, equipos técnicos y diluyentes en países como Japón, Inglaterra, Francia y Noruega. Actualmente la inseminación artificial es un aspecto rutinario dentro del manejo reproductivo a nivel institucional, constituyendo material de docencia, de cursos especiales, de consulta y de transferencia a nivel de productores (20).

4.2.3 Ventajas de la inseminación artificial

4.2.3.1 Ventajas zootécnicas

- Permite tener un menor número de verracos con ahorro de espacio y costos de mantenimiento (5).
- Difusión rápida del progreso genético con un reproductor de las características deseadas (5).
- Permite mayor uso de nueva genética superior (17).
- Permite obtener lotes más homogéneos (5).

- Los verracos producen una gran descendencia en menor tiempo (5).
- La información obtenida de la descendencia aumenta la precisión en la evaluación de cada verraco (5).
- Permite controlar la calidad espermática de los verracos expuestos a múltiples efectos medioambientales, de manejo y sanitarios (5).
- Incrementa la velocidad de selección por poseer mayor número de concepciones en menor tiempo (5).

4.2.3.2 Ventajas Sanitarias

- Control sobre la higiene en la técnica de inseminación artificial (5).
- Se reduce el riesgo de transmisión de enfermedades infecto-contagiosas por vía sexual (5).
- Se reduce la entrada de animales portadores de enfermedades (5).

4.2.3.3 Ventajas de manejo

- Ahorro de tiempo, esfuerzo y horas hombre en comparación a la monta natural (5).
- Permite el uso del semen de verracos de gran tamaño en primerizas (5).
- Permite utilizar semen de excelente calidad (5).
- Evita los contratiempos que se producen en la monta natural debido al carácter del verraco (5).

- Minimiza los inconvenientes de mantener verracos en instalaciones adecuadas, costo de alimento, sanidad, etc. (5).
- Reduce los costos reproductivos como el ahorro de espacio, comida y trabajo (18).

4.2.4 Desventajas de la inseminación artificial

- La inseminación artificial es una técnica “Totalmente Artificial” y como tal se debe practicar con el rigor de la misma (5).
- Se necesita de mano de obra altamente calificada (5).
- Elevado costo en equipo e implementos especializados de laboratorio (5).
- Existe mayor oportunidad de que ocurran errores humanos que con la monta natural (17).

4.2.5 Pasos previos a la inseminación artificial

- Selección y evaluación de los machos (17).
- Colecta y evaluación del semen (17).
- Procesamiento y almacenaje (17).
- Detección del estro (17).

Luego de estos pasos se realiza la inseminación artificial. Posteriormente se realiza la evaluación de los resultados reproductivos obtenidos (18).

4.2.5.1 Selección de verracos:

La selección debe ser realizada entre las mejores progenies de los verracos probados y las hembras superiores dentro de cada raza. En países en donde se realizan las pruebas de progenie, el período de prueba cubre el intervalo entre los 20 a 100 Kg. de peso en los cerdos a ser probados. Los criterios de selección empleados consideran las siguientes características:

- Tasa de crecimiento (20).
- Tasa de conversión de alimentos (20).
- Medida ultrasónica del espesor de la grasa dorsal (20).
- Calidad de los aplomos (20).
- No portadores de características genéticas indeseables (atresia anal, hernias inguinal y umbical, líbido reducido) (20).

Los verracos así seleccionados son entonces entrenados para montar maniqués, extraer el semen y estudiar su conducta sexual. La calidad y cantidad espermática, así como la fertilidad son criterios de selección recomendados (20).

4.2.5.2 Extracción del semen:

Para la extracción de semen se puede utilizar una hembra en celo o un maniquí. El uso del maniquí tiene la ventaja de que la colecta es rápida, sencilla y económica (20).

Antes de realizar la extracción de semen, el verraco debe encontrarse con un buen grado de excitación, el cual depende de la raza y de la edad (20).

- Lugar de extracción:

Debe ser amplio, limpio y que permita la circulación del macho alrededor del potro de salto o maniquí. Es importante que el suelo sea correcto (ni excesivamente liso ni muy áspero) para que el macho pueda sostenerse bien sobre sus patas (18).

- Potro o súcubo:

Conviene que sea sólido y esté fijado al suelo para poder resistir el peso del verraco y los golpes que éste da durante la fase de excitación. Es preferible que sea regulable principalmente en altura y con acceso fácil para tomar el prepucio sin tener contacto con una parte del potro (17).

- Guantes:

Sin talco ni productos químicos que puedan tener efecto espermicida (17).

- Recipiente para colecta:

Puede utilizarse un recipiente de plástico graduado limpio o esterilizado, o bien utilizar un termo o un recipiente de vidrio (vaso de precipitado) con bolsa descartable (17).

- Gasa o filtro de papel:

Se filtra el eyaculado durante la colecta para evitar el paso de tapioca. El filtrado puede realizarse también en el laboratorio (17).

- Procedimiento:

Una vez que el macho salta sobre el potro con manifestaciones idénticas a las de la monta natural, debe lavarse el área prepucial, ya sea en seco a manera de barrer la contaminación o puede utilizarse citrato de sodio al 2.9%. Se debe cortar el pelo prepucial y provocar la micción, secar el área y fijar el pene con la mano cubierta con un guante de látex ejerciendo ligera presión. Durante la colecta pueden diferenciarse bien tres fracciones: la primera se descarta, está contaminada con orina, contiene la secreción de las glándulas y escasos espermatozoides. La

segunda fracción de aspecto blanco lechoso rica en espermatozoides es la que interesa coleccionar. La tercera comúnmente denominada por su consistencia gelatinosa como tapioca, debe ser descartada. La colecta se realiza en frascos de boca ancha previamente calentados a 32°C para evitar el shock térmico, provistos de gasa en el extremo para filtrar los granos de tapioca y luego mantenidos en termo para evitar cambios bruscos de temperatura y al abrigo de la luz. El tiempo que media entre la extracción y el procesamiento en el laboratorio no debe exceder las dos horas (18).

En términos generales los machos son utilizados a partir de los 10 meses de edad con una frecuencia de dos veces por semana (18).

4.2.5.3 Evaluación del semen:

- a. Obtención y filtrado del semen (2).
- b. Evaluación macroscópica:
 - Volumen libre de fase pre y post espermática: 200 mililitros promedio (2).
 - Color y consistencia: Varía de gris a crema según la concentración espermática. Trazas rojas o marrones indican contaminación con sangre o pus (2).
 - Olor: Suigéneris, si es muy fuerte indica contaminación con orina, secreciones prepuciales o contaminación bacteriana (18).
 - pH: Debe ir de 6.4 a 7.6 (18).

c. Evaluación microscópica.

Determinación de:

- a. Movimiento individual: Al portaobjetos con la muestra se le pone un cubreobjetos y se estima cuánto se mueve en porcentaje en escala de 0 a 100. El valor medio de motilidad oscila en un 60 a 80% (17).
- b. Aglutinaciones: Se estiman los paquetes de espermatozoides que se observan en la muestra, no debe pasar mucho tiempo desde la recolección para evitar que aumente el número de aglutinaciones por los muertos.
 - + (1 a 5 paquetes): Escasas aglutinaciones.
 - ++ (6 a 10 paquetes): Regular número de aglutinaciones.
 - +++ (11 a 15 paquetes): Mediano número de aglutinaciones.
 - ++++ (16 a 20 paquetes): Abundantes aglutinaciones (14).
- c. Concentración: Con colorímetro o cámara de Neubauer. La concentración de espermatozoides varía entre 0.1 y 1×10^9 espermatozoides por cm^3 . Solo serán utilizados aquellos machos que exhiban concentraciones mayores a $0.2 \times 10^9 / \text{cm}^3$ (14).
- d. Porcentaje de vivos y muertos: Cantidad de espermatozoides vivos o muertos en el eyaculado evaluado. Pueden usarse las tinciones de:
 - Eosina
 - Tinta china
 - Nigrosina- Eosina (13).
- e. Morfología: Se utilizan diferentes técnicas de tinción, las más usadas son las de Violeta de metilo y Eosina-nigrosina y de fluorescencia. Entre los defectos más frecuentes se pueden observar: espermatozoides sin colas, aglutinados, cabezas dobles, colas

enroscadas y gotas protoplasmáticas en el cuello. Los valores promedios aceptables oscilan en un 8% de espermatozoides con diferentes patologías entre los cuales, 2% con gota citoplasmática y un 90% de espermatozoides con morfología normal. (15).

4.2.5.4 Conservación y dilución del semen

Los eyaculados obtenidos para inseminación artificial, una vez que han sido sometidos a un análisis de laboratorio pueden conservarse como:

- Semen fresco (2).
- Semen refrigerado (2).
- Semen congelado (2).

4.2.5.4.1 Diluyentes:

Realizados los controles de calidad el semen es diluido para mayor aprovechamiento y mantenimiento del poder fecundante. Existe gran variedad de diluyentes para ser utilizados en cerdos. La característica común es que contienen glucosa como fuente de energía. El diluyente debe conservar el poder fecundante de los espermatozoides, mantener la integridad de las estructuras celulares y proveer la energía necesaria para el metabolismo de las células (17).

Por diluyente entendemos la solución acuosa que permite aumentar el volumen del eyaculado hasta conseguir las dosis necesarias y preservar las características funcionales de las células espermáticas y mantener el nivel de fertilidad adecuado (10).

Los espermatozoides se encuentran en el plasma seminal que suministra los nutrientes necesarios para mantener una elevada actividad metabólica necesaria para el proceso de transporte espermático a través del genital femenino. En el eyaculado, esta actividad metabólica solo puede mantenerse durante un período de tiempo muy limitado, como es conocido desde los primeros estudios sobre la conservación del semen porcino. Para poder conservar los espermatozoides durante períodos prolongados es necesario que se reduzca la actividad metabólica de los espermatozoides, mediante la dilución en un medio adecuado y la reducción de la temperatura (10).

Un factor crítico en la utilización de cualquier diluyente es la susceptibilidad que presenta el espermatozoide porcino ante el shock por el frío, que produce una alteración de la viabilidad espermática. En concreto la composición lipídica de sus membranas parece ser la responsable de esta situación. Así, cuando se reduce la temperatura los movimientos laterales de los fosfolípidos que componen la membrana se ven reducidos y se producen separaciones de fases lipídicas, situación asociada a alteraciones irreversibles de las proteínas de las membranas. Todo hace que se altere la funcionalidad de la membrana espermática y la viabilidad celular se vea comprometida. Esta susceptibilidad al choque por frío, supone en la práctica que las muestras seminales deban ser conservadas a 15-20°C, ya que una reducción en la temperatura de almacenamiento limita la viabilidad de las muestras seminales (10).

A nivel práctico en las condiciones actuales de producción los diluyentes se han clasificado en dos grandes grupos, los que tienen como objetivo la conservación a corto plazo (menos de 1-3 días), o aquellos que tienen por objetivo la conservación a largo plazo (más de 4 días). Los primeros se utilizan principalmente en estructuras de distribución de las dosis seminales a corta distancia (propias de los sistemas europeos, donde la producción de dosis seminales en la misma granja es frecuente) mientras que los de largo plazo son propios de estructuras como las presentes en los

Estados Unidos o Noruega donde la distancia entre el lugar de producción seminal y el lugar donde va a ser utilizado es grande (10).

Entre los diluyentes de corta acción tenemos:

- Beltsville Liquid (BL-1) (10).
- Beltsville Thawing Solution (BTS) (10).
- Illinois Variable Temperature (IVT) (10).
- Kiev (10).
- Leche descremada (12).
- Leche entera fluida (11).

Entre los de larga duración están:

- Acromax® (10).
- Androhep® (10).
- Modena (10).
- Mulberry III® (10).
- Reading (10).
- X-Cell® (10).
- Zorlesco (10).
- Zorpva (10).

Las ventajas que aportan los diluyentes de larga duración son la posibilidad de transporte a largas distancias, permiten realizar pruebas diagnósticas sobre el semen antes de ser utilizadas, como pruebas mediante técnicas PCR (*Polymerase Chain Reaction*) para detectar la presencia de diversos virus o análisis completos de la calidad seminal, permiten una mejor organización de las tareas en los centros de recogida seminal y facilitan en gran medida la distribución de las muestras a las granjas de reproducción (10).

Entre las características de los diluyentes de larga acción tenemos:

- Nutrientes:

Se precisa aportar fuente de energía para mantener el metabolismo celular y generar movimiento del flagelo, a través de vías glicolíticas principalmente proceso cuyo desarrollo tiene lugar en las mitocondrias localizadas en la porción intermedia del espermatozoide (10).

- Regulación del pH:

El pH del eyaculado reciente es de alrededor de 7.4 ± 0.2 próximo a la neutralidad como otros fluidos orgánicos ideal para favorecer la motilidad. El metabolismo glicolítico que realiza el espermatozoide para obtener energía produce ácido láctico y hace que el pH intracelular disminuya, a su vez reduce el metabolismo energético celular y directamente disminuye la motilidad del espermatozoide. Por este motivo, se precisan sustancias tampón que controlen el pH del medio (10).

- Control de la presión osmótica:

El espermatozoide porcino presenta una presión osmótica de 290-300 miliosmoles (mOsm), y diferentes estudios han evaluado que ni la motilidad ni la viabilidad espermática se ven afectadas por rangos de presión osmótica comprendidos entre 250 y 290 mOsm. Comercialmente los diluyentes próximos a 300 mOsm (isotónicos) o ligeramente hipertónicos han sido los que mejores resultados han obtenido (10).

- Inhibición del crecimiento microbiano:

Durante la colecta del semen, así como en el preparado de las dosis, se puede producir contaminación microbiana, ya que la presencia de carbohidratos, así como las temperaturas de conservación de la dosis de $15-16^{\circ}\text{C}$ permiten el crecimiento de microorganismos aerobios mesófilos. La presencia de contaminación bacteriana en la dosis seminal disminuye la motilidad, produce aglutinación espermática, aumenta el porcentaje de acrosomas alterados y reduce el pH a niveles

ácidos de 5.7-6.4. Todo ello, contribuye a reducir el tiempo de conservación de las dosis seminales. La aplicación de antibióticos de amplio espectro a las dosis adecuadas favorece la supervivencia espermática (10).

- Envasado en condiciones de baja humedad:

Para que el diluyente en polvo se encuentre suelto sin agregados indeseables en las mejores condiciones de uso y sobre todo mantenga sus características hasta la fecha de caducidad, requiere que en el momento del envasado el ambiente y el procedimiento se realice en condiciones de baja humedad. Técnicas industriales de envasado al vacío, pueden facilitar el control de la humedad y también la calidad del producto final (10).

- Protocolo de dilución:

La dilución del eyaculado depende de la concentración y el volumen del mismo, sin embargo se aconseja no realizar diluciones mayores de 1:8/10 para que la presión osmótica del diluyente no altere las membranas celulares (17).

- a. Colocar el semen en baño María a 32°C (10).
- b. Proceder a la evaluación microscópica de eyaculado (10).
- c. Colocar el medio diluyente en el baño María a 32°C (10).
- d. Igualar temperaturas entre semen y diluyente (32°C) (10).
- e. Diluir lentamente colocando el diluyente dentro del recipiente con semen (10).
- f. Aguardar 30 minutos protegido de la luz a 20°C (10).
- g. Evaluar nuevamente la motilidad (mínimo 60%) (10).
- h. Envasar en botellas para semen porcino de 100 a 150 cc (10).
- i. Conservar a temperatura de 17°C (10).

4.2.5.4.2 Conservación:

Otro factor de suma importancia en la preservación de la calidad del semen es la temperatura, la cual debe reducirse de forma gradual una vez que el semen fue

diluido. La reducción de la temperatura debe hacerse en 2 ó 3 horas hasta que el semen alcance la temperatura ideal para su conservación, la cual es de 17°C. Variaciones de 1 ó 2°C pueden afectar la calidad del semen, ya que el semen porcino es particularmente sensible a los cambios térmicos, por lo que es vital conservarlo a 17°C, y evitar fluctuaciones en la temperatura per se. La disminución de la temperatura induce una disminución del metabolismo y de la motilidad espermática. También contribuye a frenar el crecimiento bacteriano. Temperaturas inferiores a los 14°C causan alteraciones en la membrana espermática disminuyendo la calidad del semen y temperaturas por arriba de los 20°C no disminuyen el metabolismo espermático ni detienen el crecimiento bacteriano, lo cual disminuye la vida útil del semen (1).

4.2.5.5 Detección del estro

La importancia de la detección del celo en el sistema de inseminación artificial no debe ser sobrestimado. Es absolutamente vital para el éxito de cada inseminación que el productor sea exacto en la estimación del inicio del estro. Es más efectivo detectar el estro dos veces al día que una sola vez, a pesar de que se consuma más tiempo y mano de obra. El problema que se presenta con la doble detección diaria es que solamente se pueden obtener beneficios si ambos chequeos se realizan correctamente y separados por 12 horas aproximadamente. La frecuencia de la detección del estro determina la exactitud de la estimación de su inicio. Para que sea más eficiente la detección debe hacerse a primera hora de la mañana, antes de la alimentación de las cerdas y por lo menos una hora después. Si esto no es posible, la tarde o el anochecer puede servir, si la temperatura ambiental no es muy alta. El principio es realizar la detección del estro cuando las cerdas primerizas o adultas no estén distraídas o frustradas. La detección debe hacerse en un corral neutral, con grupos de 12 cerdas, o menos. Al trasladar tanto a las cerdas como al macho a un corral que es nuevo para ellos, se optimiza la detección del estro. Este es un aspecto del estro especialmente importante en las cerdas primerizas. Con las cerdas en jaulas de gestación, se debe exponer un macho en el pasillo, frente a cuatro o cinco

cerdas a la vez, para que tengan contacto individual, y asegurar que el técnico pueda observar a todas las cerdas que están en estro antes de que empiecen a rechazar al macho. Se puede aplicar presión manual sobre el lomo de las cerdas mientras están en presencia del macho para determinar si están en estro. El macho generalmente gruñe, saliva e intenta montar a la mayoría de las hembras. Una hembra en estro puede buscar al macho y presentarse para ser montada. Una vez que se detecta que una cerda está en estro, debe ser sacada del corral para que el verraco circule entre las otras hembras (23).

- Pruebas para detectar celo:
 - a. Prueba del flanco: Se empuja la cerda con la rodilla en el flanco, si está en celo, soportan la presión y se recuestan sobre la misma (4).
 - b. Prueba del dorso (lordosis): Consiste en hacer presión sobre los riñones con las manos. En caso de celo, soportará la presión y se quedará quieta (4).
 - c. Prueba de salto: Se hace con el macho, es la prueba definitiva y final (4).

4.2.5.6 Momento para la inseminación:

Si hay reflejo de inmovilización presente en la mañana, se insemina en la tarde ese día y la mañana del siguiente, es decir que se empieza a inseminar 12 horas después de haber sido detectado el celo. Si el reflejo de inmovilización es positivo en la tarde, se insemina en la mañana del siguiente día y en la tarde del mismo (17).

Recientemente se ha estado trabajando para conocer en detalle la duración de los intervalos del destete al inicio del celo, así como la duración (en horas) del celo y su relación con el momento de la ovulación. Todo esto relacionándolo con las prácticas de alimentación. Entre los puntos interesantes que se han identificado están:

- Existe una variación muy grande entre el personal de cada granja para detectar el inicio del celo y su duración (4).
- La ovulación ocurre hacia el final del período de celo (cuando casi el 70% del período ha transcurrido) (4).
- Existe una relación inversa entre el intervalo de destete-estro y la duración del celo. A las 24-40 horas de comenzado el estro ocurre la ovulación (siendo en las primerizas entre las 24 a 36 horas y en las adultas entre las 28 a 40 horas), la duración de la ovulación suele ser de unas 6 horas, la vida media de los ovocitos es de 4 a 12 horas (4).

Los espermatozoides son viables durante 24 horas en el aparato reproductor de la hembra. Se ha estimado que el 80% de los espermatozoides en los oviductos se conserva con movimiento después de 6 horas. Así el momento idóneo para la óptima cubrición en primerizas y adultas es entre 18 y 22 horas ($\pm$ 20 horas) de detectado el reflejo de inmovilidad respectivamente. La inseminación más importante es la primera ya que si a la segunda no presenta lordosis es mejor no inseminarla. Se insemina a las cerdas dos veces (mañana/tarde o tarde/mañana), haciendo la primera inseminación aproximadamente 12 horas después de la detección del celo. Si se realiza la detección de celo por el procedimiento de la presión dorsal, en ausencia de verracos, se debe considerar que el momento de celo de la hembra es posterior al que se registra si esa detección se realiza con verraco. En este caso se recomienda inseminar inmediatamente, en el momento que se detecta el celo por presión dorsal (4).

4.2.5.6.1 Técnica de inseminación artificial:

Previo a realizar la técnica de inseminación artificial el semen conservado a 17°C debe calentarse previamente a la aplicación a una temperatura de 35°C, para revisarlo con el microscopio (4).

Después de haber calentado el semen se realizan los siguientes pasos:

- Preparar en la botella para semen porcino la dosis de semen a usar (20).
- Lavar y limpiar la región vulvar de la cerda (20).
- Lubricar la sonda o catéter (20).
- Introducir la sonda o catéter en forma cuidadosa dentro de la vagina formando un ángulo de 45 grados (20).
- Al llegar a la región cervical, hacer girar la sonda en dirección contraria a las agujas del reloj para que se adapte al cérvix (20).
- Conectar la botella con semen al catéter, manteniéndola a un nivel superior al de la cerda y apretar para que el semen fluya lentamente (3 a 5 minutos) (20).
- Mantener cierta presión en la región dorsal con la rodilla para que la cerda se mantenga estimulada (20).
- Una vez vacía la botella, retirar la sonda, dejando una pequeña cantidad de semen en su interior para evitar la penetración de aire (20).
- Terminada la inseminación, comprimir la vulva con los dedos índice y pulgar, ejerciendo cierta presión durante unos minutos (20).

4.2.5.7 Detección de preñez

A partir del día 16 post-servicio debe hacerse una observación de mañana y tarde de las hembras, con el fin de detectar cualquier posible repetición del celo y/o descarga vaginal previa a la repetición. Si se presenta una descarga vaginal anormal

(pus), se debe eliminar la cerda. Si la hembra no presentó celo, se recomienda hacer un chequeo con ultrasonido a partir del día 35 post-servicio y al día 90 confirmar que la cerda se encuentre gestante mediante una inspección visual (5).

4.2.5.8 Intervalo parto - primer celo

Con el fin de maximizar la función reproductiva, es importante minimizar el intervalo del destete al primer servicio en la cerda. Bajo una función óptima, el estro debe presentarse 4 a 10 días después del destete en el 85 a 90% de las cerdas. El retorno al estro puede estar influenciado por estación, partos de la cerda, estado nutricional, exposición al verraco, tamaño de la camada al destete, duración de la lactancia y condiciones tensionales después del destete (3).

La causa más común de un retraso en el retorno al estro después del destete (anestro) es una dieta energética insuficiente provista durante la lactancia. Esto es particularmente evidente en cerdas que destetan a su primer camada. La pérdida excesiva de peso durante el final de la gestación resulta frecuentemente en un anestro post destete. El consumo bajo de alimento durante los meses de verano puede provocar pérdida de peso excesiva durante la lactancia. Esto puede minimizarse al incrementar el porcentaje de grasa en la dieta para mejorar los niveles de energía (6).

La tensión al agrupar cerdas o al negar el alimento después del destete alarga en general el intervalo al retorno del estro. El alojamiento de cerdas en pequeños grupos y el mantenerlas con una alta ingestión de energía durante los primeros 7 a 10 días después del destete es benéfico. La exposición a un verraco adulto acelera también el retorno al estro en la cerda destetada. Períodos de función cíclica reducida en la cerda durante los meses de verano y otoño pueden prolongar el retorno al estro en cerdas destetadas. El proveer energía adecuada durante la lactancia y la exposición post destete a un verraco ayudan a reducir este problema (3).

La duración de la lactancia influye también el retorno al intervalo del estro. Las cerdas con lactancias cortas, menos de 21 días, requieren en general un plazo ligeramente más largo para reiniciar la función cíclica. El destetar una porción de la camada, en general los lechones más grandes, por lo menos 48 horas antes que los lechones restantes, puede mejorar el desempeño cíclico si el atraso en el retorno al estro es un problema en el hato (3).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MATERIALES

5.1.1 RECURSOS HUMANOS

- Estudiante investigador
- Personal de campo de granja porcina “Pinares”
- Asesores Médicos Veterinarios

5.1.2 BIOLÓGICOS

- Semen de verraco
- 95 cerdas

5.1.3 DE CAMPO

- Lapicero
- Cuaderno de apuntes
- Catéteres de inseminación
- Pachas para inseminación
- Calculadora
- Aparato Doppler para diagnóstico de preñez
- Papel mayordomo
- Maniquí

5.1.4 DE LABORATORIO

- Microscopio
- Beacker graduado de 2000 mililitros

- Agitador electromagnético
- Termo
- Pachas para semen de 100 mililitros
- Láminas cubre y portaobjetos
- Calentador de platina
- Baño María
- Conservadora de semen
- Pipetas Pasteur
- Diluyente BTS (Beltsville Thawing Solution)
- Gasa filtro
- Toalla

5.1.5 CENTROS DE REFERENCIA

- Biblioteca de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Instituto de Reproducción Animal e Inseminación Artificial de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Internet.

5.2 METODOLOGÍA

5.2.1 DEFINICIÓN DE LA MUESTRA

El estudio se dividió en 2 fases:

Fase 1:

- Se midió durante 4 semanas el tiempo de duración de la receptividad sexual por reflejo de lordosis en 45 cerdas adultas de la explotación que habían sido destetadas, tomando como el inicio de la receptividad sexual el momento que presentaron reflejo positivo de lordosis y como finalización del mismo el reflejo negativo de lordosis. Se realizaron mediciones cada 12 horas, a las seis de la mañana y a las seis de la tarde, las hembras fueron estimuladas con un macho celador.
- Se calculó el promedio de duración de la receptividad sexual por reflejo de lordosis, sabiendo que la cerda ovula en el segundo tercio del estro, se calculó el momento aproximado de la ovulación para determinar el momento óptimo para realizar la inseminación artificial.

Fase 2:

- Durante cada semana, se tomaron dos cerdas del mismo lote para formar dos grupos con un total de 25 cerdas cada uno:
 - a. Al grupo 1 se le administraron 3 dosis seminales por medio de inseminación artificial cada 12 horas después de haber sido detectada la receptividad sexual por reflejo de lordosis.

- b. Al grupo 2 se le administró una sola dosis seminal por medio de inseminación artificial 12 horas antes del momento aproximado de ovulación de las cerdas de la granja en estudio determinado en la fase 1.
- El semen se obtuvo del macho de la explotación porcina utilizando un maniquí y se evaluó en el laboratorio de la exploración previo a la dilución con diluyente BTS.
- Las hembras fueron monitoreadas después del servicio para detectar la repetición de celo y se utilizó el aparato "Doppler" para confirmar preñez a los 30 días de haber realizado la inseminación artificial.

5.3 DISEÑO ESTADÍSTICO

- Fase 1: Fue un diseño completamente al azar donde se estableció el promedio de duración de la receptividad sexual por reflejo de lordosis de 45 cerdas para poder determinar el momento óptimo para realizar la inseminación artificial tomando en cuenta el momento de ovulación de la cerda.
- Fase 2: Fue un diseño completamente al azar con 2 tratamientos:
 - a. Grupo 1: Administración de 3 dosis seminales por medio de inseminación artificial a partir de las 12 horas de haber sido detectada la receptividad sexual por reflejo de lordosis de las cerdas de la granja en estudio.
 - b. Grupo 2: Administración de 1 dosis seminal por medio de inseminación artificial 12 horas antes del cálculo del momento de ovulación de la cerda determinado en la fase 1.

5.3.1 Variables:

- a. Duración del celo de las cerdas.
- b. Porcentaje de fertilidad.
- c. Número de nacidos totales.
- d. Relación costo-beneficio

5.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- Se utilizó estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, moda) para las variables duración de la receptividad sexual de las cerdas por reflejo de lordosis y número de nacidos totales.
- Para la variable porcentaje de fertilidad se utilizó comparación de porcentajes.
- Para la variable número de nacidos totales se utilizó Prueba T de Student para 2 muestras independientes.
- Para la variable costo-beneficio se utilizó la tasa marginal de retorno.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se tomaron 45 cerdas multíparas de la granja en estudio para medir la duración de la receptividad sexual por reflejo de lordosis, la cual tuvo un promedio de 70.4 horas, ± 18.38 horas, un coeficiente de variación de 26.10 horas y una moda de 72 horas (cuadro 1). Esta variación puede deberse a la idiosincrasia de cada cerda.

Respecto al porcentaje de fertilidad ambos grupos presentaron un 100% ya que solo se midió la preñez, es decir que el uso de una dosis seminal en la inseminación artificial de las cerdas tomando en cuenta el momento aproximado de ovulación tuvo igual efectividad que el aplicar 3 dosis seminales. Cassar (2005) evaluó la fertilidad de las cerdas con el uso de una y dos inseminaciones artificiales con ovulación y celos inducidos obteniendo un 100% de fertilidad con el uso de una y dos dosis seminales, lo que nos indica que el reducir el número de dosis seminales sigue siendo igual de efectivo para fertilizar a las cerdas.

Se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.0001$) para la variable número de lechones nacidos totales por cerda, donde el grupo 1 (3 dosis seminales) posee un promedio de 10.80 lechones nacidos totales por cerda, con una desviación estándar de ± 1.22 y un coeficiente de variación de 11.34. El grupo 2 (1 sola dosis) presentó un promedio de 10.08 lechones nacidos totales por cerda, con una desviación estándar de ± 2.93 y un coeficiente de variación de 29.05. Ambos grupos presentaron una moda de 11 lechones (cuadro 2). Esto indica que hubo una diferencia de 0.8 lechones más por cerda al aplicar 3 dosis seminales en inseminación artificial y una diferencia estadística significativa. Esta diferencia puede deberse a un mayor aprovechamiento del período de ovulación al reforzar la inseminación con el uso de varias dosis y una mejor oportunidad para fertilizar hembras que presentan una duración de receptividad sexual mayor.

Para evaluación costo-beneficio de aplicar una y tres dosis seminales en inseminación artificial se utilizó la tasa marginal de retorno dando un resultado de 55.51% (cuadro 3).

VII. CONCLUSIONES

1. La duración promedio de la receptividad por reflejo de lordosis de las cerdas de la granja en estudio fue de 70.4 horas.
2. El porcentaje de fertilidad de ambos grupos fue del 100%.
3. Existe una diferencia de 0.8 lechones nacidos totales más por cerda al aplicar tres dosis seminales comparado con el uso de una dosis seminal en inseminación artificial de las cerdas de la granja en estudio, siendo una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.0001$).
4. La tasa marginal de retorno fue de 55.51% a favor de la aplicación de tres dosis seminales al compararla con una sola dosis seminal en la inseminación artificial de las cerdas de la granja en estudio.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Concientizar a los productores porcinos sobre la importancia de una buena detección de la receptividad sexual de las cerdas como indicador de celo para obtener buenos resultados al realizar la inseminación artificial, ya que aún utilizando una sola dosis seminal se obtuvo un 100% de fertilidad.
2. Impulsar la reducción del número de dosis seminales en la inseminación artificial de las cerdas en las granjas a fin de optimizar el uso de recursos materiales para la reproducción, reducir las posibilidades de transmisión de enfermedades a las hembras y optimizar la producción en general.
3. Evaluar lo realizado en este estudio con el uso de dos dosis seminales vrs. una dosis seminal.
4. Evaluar lo realizado en este estudio con cerdas de uno y dos partos.

IX. RESUMEN

El estudio se dividió en dos fases, en la fase 1 se midió la duración de la receptividad sexual por reflejo de lordosis en 45 cerdas multíparas de una granja de cerdos obteniendo un promedio de duración de 70.4 horas. Se calculó el momento aproximado de ovulación de las cerdas para determinar el momento óptimo para realizar la inseminación artificial.

En la fase 2 se formaron 2 grupos de 25 cerdas multíparas cada uno. A las cerdas del grupo uno se le administraron 3 dosis seminales por medio de inseminación artificial cada 12 horas después de haber sido detectada la receptividad sexual por reflejo de lordosis y al grupo 2 se le administró una sola dosis por medio de inseminación artificial 12 horas antes del momento calculado de ovulación de las cerdas. Ambos grupos presentaron un porcentaje de fertilidad del 100 %.

Al evaluar el número de nacidos totales por grupos se estableció que si existe una diferencia estadísticamente significativa.

La tasa marginal de retorno al comparar los dos grupos fue de 55.51% a favor de aplicar tres dosis seminales en la inseminación artificial de la granja en estudio.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Alemán, D; Alfaro, M; Hurtado, E. 2007. Efecto de la temperatura del semen sobre la respuesta reproductiva de cerdas (en línea). Escuela de Zootecnia, Universidad de Oriente, Venezuela. Consultado 19 mar. 2008. Disponible en <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/ZootecniaTropical/zt2502/arti/aleman.htm>
2. Bondone, M. 2005. Tecnología de la reproducción, inseminación artificial en cerdos (en línea). Instituto Nacional de tecnología agropecuaria, Argentina. Consultado 20 mar. 2008. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/MJUAREZ/info/documentos/extension/insembv06.htm>
3. Cassar, G; Kirkwood, R; Poljak, Z; Bennett, K; Friendship, R. 2005. Effect of single or double insemination on fertility of sows bred at an induced estrus and ovulation (en línea). Journal of swine health and production. Consultado 10 jul. 2008. Disponible en <http://www.aasv.org/shap.html>
4. Cintora, I. 2005. Reproducción porcina (en línea). México. Consultado 10 mar. 2008. Disponible en http://www.engormix.com/reproduccion_porcina_s_articulos_228_POR.htm
5. Corrales, W. 2006. Reproducción de la cerda, manual de producción de granja porcina Spartacus (en línea). Costa Rica. Consultado 20 mar. 2008. Disponible en <http://www.cerdospro.com/?archivos=Reproduccion%20de%20la%20Cerde>
6. Cuadros, M. 2005. Importancia de la inseminación artificial en porcinos (en línea). Facultad de Ciencias Agrarias, Perú. Consultado 10 mar. 2008. Disponible en http://www.agritacna.gob.pe/PUBLICACIONES_2007/IMPORTANCIA-INSEMINACION.pdf Consulta marzo 10 del 2008.
7. Escobar, P. 2000. Inseminación artificial en cerdas (en línea). Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad nacional de Río Cuarto, Argentina. Consultado 10 mar. 2008. Disponible en http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Ganaderia/insem_artif/GA000001in.htm
8. Falceto, C. Duque, J. Alfonso, M. 2006. Variaciones fisiológicas de la funcionalidad ovárica en la cerda (en línea). Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria de Zaragoza, España. Consultado 10 mar. 2008. Disponible en <http://www.avparagon.com/docs/reproduccion/r-041230-4.pdf>

9. Faletti, C. 2006. Inseminación artificial en porcinos (en línea). Genética Pig's Ranch. Argentina. Consultado 10 mar. 2008. Disponible en http://www.engormix.com/error/error404.asp?404;http://www.engormix.com:80/inseminacion_artificial_porcinos_s_articulos_1726_POR.htm
10. Fuentes, M. Pérez, L. Suárez, Y. Soca, M. 2006. Características reproductivas de la cerda, influencia de algunos factores ambientales y nutricionales (en línea). Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Agraria de la Habana "Fructoso Rodríguez Perez", Cuba. Consultado 18 mar. 2008. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010106/010612.pdf>
11. Gadea, J. 2007. Los diluyentes de inseminación artificial porcina (en línea). Departamento de Fisiología de Veterinaria, Universidad de Murcia, España. Consultado 19 mar. 2008. Disponible en http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=281
12. González, A. 2008. Efecto del uso de leche entera fluida de bovino sometida al proceso UHT como extensor de semen porcino para inseminación artificial. Tesis Lic. Zoot. Guatemala, GT, USAC-FMVZ. 35 p.
13. González, E. 2006. Uso de leche descremada en polvo a diferentes concentraciones como extensor del semen porcino. Tesis Lic. Med. Vet. Guatemala, GT, USAC-FMVZ. 31 p.
14. Gordon, I. 1999. Reproducción controlada del cerdo. España, Acribia. 267 p.
15. Hafez, E. 1985. Reproducción e inseminación artificial en animales. Trad F Berenguer. México, Interamericana. 599 p.
16. Hughes, P. 1984. Reproducción del cerdo. Trad M Illerena. España, Acribia. 253 p.
17. König, I. 1999. Inseminación de la cerda. España, Acribia. 267 p.
18. Lloveras, M. 2006. Inseminación artificial en cerdos (en línea). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino INTA, Argentina. Consultado marzo 19 2008. Disponible en http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/2006/h/Insem_artific_cerdas06.pdf
19. Llovera, M. 1999. Técnica de inseminación artificial (en línea). INTA, Argentina. Consultado 10 mar. 2008. Disponible en <http://www.sian.info.ve/porcinos/eventos/fericerdo/llovera.htm>

20. Maqueda, L. 2006. Conservación de la calidad del semen: diluyentes, empaque, temperatura y transporte (en línea). Pig Improvement company, México. Consultado 20 mar. 2008. Disponible en [http://www.engormix.com/conservacion calidad semen diluyentes s articulo s 113 POR.htm](http://www.engormix.com/conservacion%20calidad%20semen%20diluyentes%20s%20articulos%20113%20POR.htm)
21. Mazzari, G. 1984. Control de la reproducción e inseminación artificial en cerdos (en línea). Fonaiap No. 15. Consultado 19 mar. 2008. Disponible en <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/fd15/texto/control.htm>
22. Nalbandov, A. 1969. Fisiología de la reproducción. Trad A Fraile. España, Acribia. 303 p.
23. Wevar, C. 2005. Reproducción en el cerdo. Departamento de Reproducción Animal (en línea). Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. Consultado 20 mar. 2008. Disponible en <http://www.sian.info.ve/porcinos/eventos/fericerdo1998/claudio.htm>
24. Zepeda, M. 2006. Intervención hormonal en el manejo reproductivo de hembras (en línea). Pig Improvement company, México. Consultado 20 mar. 2008. Disponible en <http://www.porcicultura.com/articulos/reproduccion/articulo.php?tema=rep002>

XI. ANEXOS

Cuadro 1. Duración en horas de la receptividad sexual por reflejo de lordosis de 45 cerdas de la granja en estudio.

PROMEDIO	70.40 Hrs.
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	18.38 Hrs.
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	26.10 Hrs.
MODA	72.00 Hrs.

Cuadro 2. Comparación del número de lechones nacidos totales por cerda con el uso de una sola dosis seminal vrs. Tres dosis seminales en la inseminación artificial de las cerdas de la granja en estudio.

	Promedio +/- desviación estándar	Coeficiente de variación	Moda
Una dosis seminal	10.08 +/- 2.93 b	29.05	11
Tres dosis seminales	10.80 +/- 1.22 a	11.34	11

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa ($P < 0.0001$).

Cuadro 3. Evaluación del costo- beneficio entre la aplicación de una dosis seminal y tres dosis seminales en la inseminación artificial de las cerdas de la granja en estudio.

	Costos variables	Ingreso bruto	Diferencia
Una dosis seminal	Q. 460.50	Q. 28,980.00	Q. 28,519.50
Tres dosis seminales	Q. 1,381.50	Q. 31,050.00	Q. 29,668.50
TOTAL	Q. -921.00	Q. -2,070.00	Q. -1,149.00

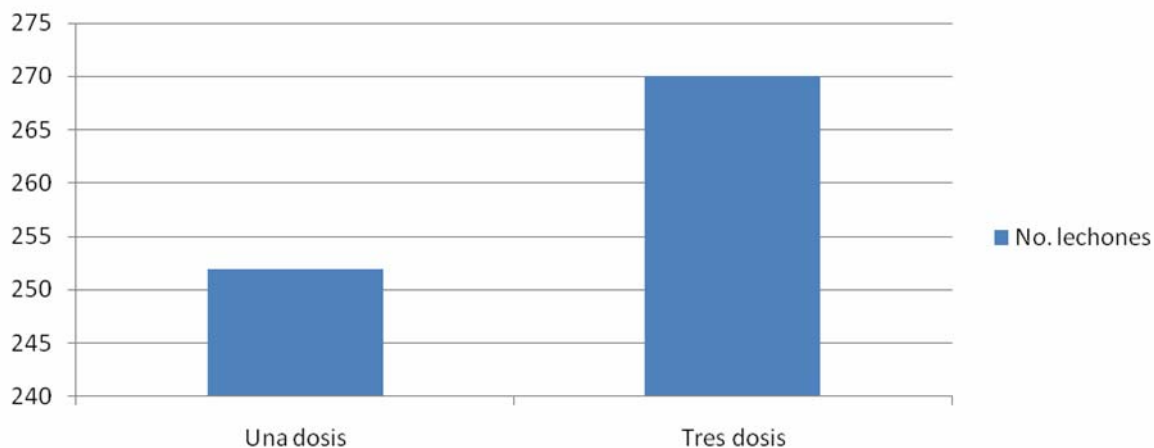
Tabla 1. Número de lechones nacidos totales con el uso de tres dosis seminales en la inseminación artificial de las cerdas de la granja en estudio.

# DE CERDA	LOTE	# LECHONES NACIDOS TOTALES
1	46	10
2	47	10
3	49	12
4	51	11
5	51	10
6	52	11
7	01	11
8	02	14
9	02	10
10	03	12
11	04	09
12	05	12
13	06	12
14	06	12
15	07	09
16	08	10
17	09	10
18	09	12
19	10	10
20	10	09
21	11	10
22	12	11
23	13	11
24	13	10
25	14	12
TOTAL		270

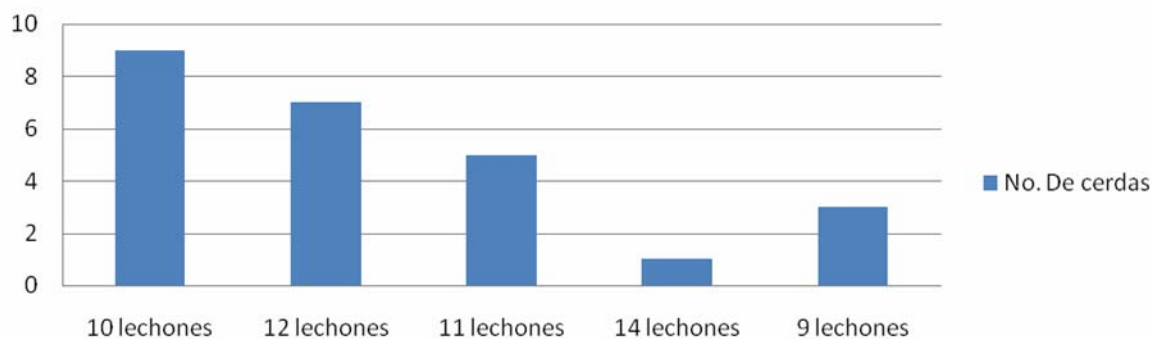
Tabla 2. Número de lechones nacidos totales con el uso de una dosis seminal en la inseminación artificial de las cerdas de la granja en estudio.

# DE CERDA	LOTE	# LECHONES NACIDOS TOTALES
1	46	11
2	47	4
3	49	7
4	51	5
5	51	10
6	52	10
7	01	11
8	02	10
9	02	13
10	03	11
11	04	11
12	05	14
13	06	13
14	06	12
15	07	13
16	08	11
17	09	11
18	09	14
19	10	10
20	10	12
21	11	11
22	12	10
23	13	7
24	13	3
25	14	8
TOTAL		252

GRÁFICA 1. Número de lechones nacidos totales con el uso de 1 dosis y 3 dosis seminales en inseminación artificial de las cerdas de la granja en estudio



GRÁFICA 2. Número de lechones nacidos totales por cerda con el uso de 3 dosis seminales en la inseminación artificial de las cerdas de la granja en estudio.



GRÁFICA 3. Número de lechones nacidos totales por cerda con el uso de 1 dosis seminal en la inseminación artificial de las cerdas de la granja en estudio

