



UNIVERSIDAD DE CHILE

**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**

**EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN ESPERMÁTICA POR
DOSIS EN DOS PROTOCOLOS DE INSEMINACIÓN
ARTIFICIAL EN HEMBRAS PORCINAS.**

FRANCISCO EDUARDO LORENZO URRUTIA

**Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción Animal**

**Profesor Guía: Dr. Iñigo Díaz C.
SANTIAGO, CHILE
2008**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. Situación Internacional de la carne de cerdo	7
2.2. Situación Nacional del Sector Porcino	8
2.2.1. Existencias porcinas	8
2.2.2. Beneficio de cerdos	9
2.2.3. Producción de carne porcina	9
2.2.4. Exportaciones e importaciones	10
2.2.5. Consumo de carne porcina	11
2.3. Inseminación Artificial Porcina	13
2.3.1. Antecedentes históricos	13
2.3.2. Inseminación Artificial Porcina a nivel mundial	14
2.3.3. Inseminación Artificial Porcina en Chile	17
2.4. Elaboración de la dosis de IA	20
2.4.1. Entrenamiento del verraco y extracción del semen	20
2.4.2. Características del eyaculado	22
2.4.3. Evaluación seminal	23
2.4.3.1. Análisis macroscópico	24
• Color	24
• Volumen	24
2.4.3.2. Análisis microscópico	24
• Motilidad	25
• Morfología e integridad del acrosoma	25
• Concentración espermática	27
2.4.3.3. Análisis microbiológico	28
2.5. Inseminación de la hembra porcina	28
2.5.1. Características del ciclo estral	28

2.5.2.	Detección de celo	29
2.5.3.	Momento de inseminación	31
2.5.4.	Metodología de IA	32
2.6.	Volumen y concentración espermática por dosis de IA y su efecto sobre la fertilidad y el tamaño de camada al nacimiento (TCN)	34
3.	OBJETIVOS	40
3.1.	Objetivo general	40
3.2.	Objetivos específicos	40
4.	MATERIAL Y MÉTODO	41
4.1.	Obtención de las dosis de IA	42
4.1.1.	Insumos y materiales de laboratorio	43
4.1.2.	Elaboración de la dosis	43
4.2.	Inseminación artificial de las cerdas	45
4.2.1.	Evaluación de los efectos	45
4.3.	Análisis estadístico	46
4.3.1.	Análisis de fertilidad	46
4.3.2.	Análisis de la prolificidad	47
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
5.1.	Fertilidad	49
5.1.1.	Efecto de dos dosis de IA sobre la tasa de fertilidad	49
5.2.	Prolificidad	51
5.2.1.	Efecto de dos dosis de inseminación artificial sobre el número de lechones nacidos totales (TCNT) y el número de lechones nacidos vivos (TCNV)	51

5.2.2.	Efecto de dos dosis de inseminación artificial en dos protocolos de IA sobre el número de lechones nacidos totales (TCNT) y el número de lechones nacidos vivos (TCNV)	53
5.3.	Efecto de dos dosis de inseminación artificial sobre el tamaño de la camada según el número ordinal del parto de la hembra (NOP)	54
6.	CONCLUSIONES	58
7.	LITERATURA CITADA	59

1. INTRODUCCIÓN

Los grandes avances del sector porcino nacional se deben a un trabajo de más de 15 años, lo que lo ha transformado en un sector dinámico y moderno, mostrando fortalezas tales como una elevada eficiencia productiva, un elevado estatus sanitario y una buena permeabilidad tecnológica, lo que ha permitido la incorporación de material genético de elevada calidad y un fuerte perfil empresarial sectorial (Díaz, 2001).

Según Díaz (2003), cinco serían los temas que debiera atender prioritariamente el sector porcino: la mantención y el incremento de los niveles de productividad animal, la calidad del producto final, el estatus sanitario de la población animal, los impactos medio ambientales y el bienestar animal.

Con el objetivo de disminuir los costos de producción, el sector porcino ha desarrollado nuevas tecnologías, las cuales buscan aumentar la productividad de sus animales. En este aspecto, una técnica de gran masificación en planteles nacionales, y que ha traído grandes beneficios, es la inseminación artificial (IA). Esta biotecnología al ser ejecutada correctamente, puede asegurar incrementos significativos en aspectos técnico-económicos de gran importancia, como por ejemplo, facilitar el manejo del animal, establecer una disminución en el número de reproductores machos y evitar el sobre uso de verracos por monta natural, mejorar la rapidez y eficiencia en la difusión de genes provenientes de verracos con alto mérito genético, influir significativamente en la fertilidad y prolificidad de la cerda (Soto, 1997), disminuir el riesgo de introducción y transmisión de enfermedades, entregar mayor seguridad de los trabajadores y reducir costos reproductivos debido al menor uso de verracos y de mano de obra (Huges, 2001).

La tendencia mundial - también observada en el país - de aumentar el tamaño del plantel, utilizando economías de escala, hace imprescindible el uso de esta

biotecnología, en la perspectiva de mejorar parámetros reproductivos y optimizar el proceso productivo general de los plantales porcinos nacionales.

De esta manera, el presente estudio de medición de los efectos de la concentración espermática por dosis en dos protocolos de inseminación artificial, sigue la línea investigativa de lograr un mayor aprovechamiento de los recursos, en este caso semen porcino, sin que ese incremento signifique un deterioro en variables productivas tales como fertilidad y tamaños de camada que pudieran redundar un menor retorno económico para el productor.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Situación Internacional de la carne de cerdo

Según información de la FAO, la carne de cerdo representa aproximadamente un 40% de la carne producida a nivel mundial (FAO, 2006). Se estima que la producción mundial de carne de cerdo en el año 2005 creció alrededor de 1,7%, llegando a 102,7 millones de toneladas. Este crecimiento ha sido sustentado por China, país que posee cerca del 50% de las existencias mundiales de cerdos. Después de muchos años, los productores chinos se han beneficiado por la introducción de reproductores y nuevas tecnologías en alimentación, que les han permitido mejorar los estándares técnicos de sus criaderos. Aunque la producción a pequeña escala es aún importante, una parte creciente de esta actividad se realiza a través de criaderos industriales (Chile, 2006a).

El principal productor de carne de cerdo es China con un volumen estimado de producción para el 2007, de 55,8 millones de ton, representando el 53% de la producción mundial. Le siguen la Unión Europea (UE) con 21,5 millones de ton (20%), Estados Unidos (EE.UU.) con 9,8 millones de ton (9%) y Brasil 2,9 millones de ton (3%) (USDA, 2007). Chile representa un 0,5% de la producción mundial (Chile, 2006a).

Las existencias mundiales de cerdos al año 2005 alcanzaban a 960 millones de cabezas. De este total, el continente que más cantidad de cerdos alberga es Asia con 593 millones de cabezas, seguido – muy por debajo – por Europa con 190 millones de cabezas. En relación a las existencias por países, China dispone de la mayor cantidad de ganado porcino con 488 millones de cabezas, lo que explicaría la concentración de cerdos en el continente asiático (FAO, 2006).

2.2. Situación Nacional del Sector Porcino

2.2.1. Existencias porcinas

La realización del VI Censo Nacional Agropecuario en el año 1997, permitió conocer las existencias totales de ganado porcino, que a nivel nacional sumaron 1.722.403 cabezas, siendo de mayor relevancia la VI Región y Región Metropolitana, concentrando en conjunto el 55% del inventario nacional. La cifra censal casi duplicó la cifra del censo anterior (1976), de 890.781 cabezas (Chile, 2002).

En lo que se refiere a localización geográfica de los planteles porcinos de acuerdo a la información oficial actualizada al año 2004, la mayoría se ubicaba en la IX Región (38 planteles). Sin embargo, el mayor número de cerdas en producción se encuentra en la VI Región, donde se concentra la empresa productora de cerdos más grande del país (Chile, 2006b).

La información existente al año 2001, indicaba que sólo en criaderos industriales existirían 1.909.200 cabezas, lo que significaría una participación de alrededor del 90% sobre el inventario nacional. Para ese mismo año la existencia industrial estaba concentrada en 180 criaderos industriales o comerciales, 25 menos que el año anterior, lo que ratifica la constante disminución de estos criaderos. Sin embargo, las existencias comerciales crecieron un 18,8% respecto al año 2000 (Chile, 2002).

Para el año 2005 el número de criaderos porcinos bajó a 144, los que concentran 2.571.998 cabezas, representando un aumento de 25,5% en las existencias comerciales (Chile, 2006c; Anexo 1). Similar situación se aprecia para el 2006, con 137 planteles y 2.854.646 cerdos (Chile 2007a).

El aumento del inventario porcino en los últimos 25 años, es producto del acelerado desarrollo que ha presentado sector porcino, demostrando un

comportamiento altamente dinámico en la mejora de los parámetros técnico-productivos, lo que en definitiva se ha traducido en un marcado incremento del beneficio de animales y de la oferta de carne en vara al mercado. Lo anterior es producto del aumento de las hembras reproductoras y el mayor tamaño promedio de los planteles porcinos, a lo que se le agregan las nuevas formas de comercialización y la introducción de tecnologías innovativas. Dicha situación, sería consecuencia de un cambio en la gestión empresarial, que considera al sector como un productor de carne más que un sector pecuario tradicional (Díaz, 2003).

Por otra parte, una de las características estratégicas que ha venido mostrando el sector porcino nacional es el sostenido crecimiento del estrato comercial, estructurando una orientación hacia sistemas intensivos confinados (SIC) de producción, lo que ha facilitado una mayor industrialización de la cadena productiva, desde el animal hasta el producto terminado (Díaz, 2001).

2.2.2. Beneficio de cerdos

En relación con el beneficio nacional de cerdos, se ha venido observando un notorio y mantenido crecimiento en los últimos 25 años. En 1980 se estableció un volumen de 697.497 animales sacrificados a nivel de mataderos, cifra que alcanzó 1,7 millones de cabezas en 1990 (Díaz, 2001). En el año 2006, el beneficio registró un crecimiento respecto al 2005 de un 10%, la cantidad de cerdos beneficiados a nivel nacional fue de 4.741.527 cabezas (Chile, 2007b), mientras que para el 2007 este crecimiento bordeó el 5% en relación al período anterior, con una faena de 5.007. 035 cabezas (Chile, 2008) (Anexo 2).

2.2.3. Producción de carne porcina

Consistentemente con los aumentos de las existencias y de los beneficios señalados, la producción de carne porcina ha crecido de manera constante y sostenida en los últimos 23 años, pasando de 59 mil ton en 1984 a 498 mil ton en

el año 2007 lo cual representa un crecimiento por sobre el 800% para el período 1984 - 2007 (Chile 2008) (Anexo 3).

2.2.4. Exportaciones e importaciones

Las colocaciones de carne porcina chilena en los mercados internacionales han aumentado significativamente en los últimos años.

Hasta mediados de la década del 90, los volúmenes de exportación de carne porcina eran bajos e irregulares. Así por ejemplo, en 1990 el volumen exportable fue de 1.515 ton, el año 1992 pasa a 6.560 ton, para bajar a 4.445 y 2.713 ton los años 1994 y 1996, respectivamente (Díaz, 2001).

A partir de la segunda mitad de los años 90, se produce una expansión de las exportaciones, producto de decisiones estratégicas asumidas por el sector. De acuerdo a lo anterior se empiezan a observar niveles de exportación que bordean las 20 mil ton (años 1998 – 2000), para mostrar volúmenes ascendentes en los años posteriores. Después de varios años de expansión de las exportaciones de carne de cerdo, con un crecimiento de 50% al año para el período 2000-2005, en el año 2006 se observó una baja coyuntural, producto del cierre temporal del mercado japonés. Durante el año 2006 se exportaron 99.670 ton de carne porcina, por un valor de US \$ 331,6 millones. Estas cifras representan un aumento de 1,8% en volumen y de 5,5% en valor con respecto al año 2005 (Chile, 2007b).

Los principales países de destino de la carne porcina chilena durante el 2006, fueron Japón con 49.404 ton, concentrando el 49% del total de las exportaciones, Corea del Sur con 24.180 ton representando el 24% de éstas, y la UE y México con 8.763 ton y 4.158 toneladas, respectivamente. Durante el primer semestre de 2007 la expansión de las exportaciones ha continuado, con un crecimiento de 38,6% en volumen y 45% en valor (Chile, 2007b).

A su vez el número de mercados a los que Chile exporta carne de cerdo ha experimentado una importante diversificación, pasando de nueve países en 1997 a 32 mercados en el año 2007¹.

Según información reciente del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, se estimaba que Chile se encuentra entre los principales exportadores de carne de cerdo del mundo, ubicándose detrás de la UE, EE.UU., Canadá, Brasil y China, con un volumen estimado de 135.000 ton métricas para el año 2007 (USDA, 2007).

El comercio mundial de carne de cerdo durante el 2006 habría alcanzado a 5,17 millones de ton, cifra similar a la observada en 2005, mientras se estimaba que la producción mundial de carne porcina aumentara alrededor de un 4% con respecto a 2006 (Chile, 2007b).

En relación a nuestro país, para el 2007 se esperaba continuar con la expansión en las exportaciones de carne porcina. Lo anterior se sustenta en las inversiones realizadas, tanto en infraestructura como en gestión productiva, sanitaria y comercial, con el objeto de tomar posición en nuevos mercados, tales como Rusia y EE.UU., y ampliar la participación de Japón, Corea del Sur y México (Chile, 2007b).

2.2.5. Consumo de carne porcina

Una de las características más destacables que muestra el sector porcino es el fuerte crecimiento del consumo de carne de cerdo.

En los últimos 21 años el consumo por habitante de carne de cerdo en el país creció a una tasa anual de 6,9%, pasando de 5 kg en 1984 a 19,3 kg en 2005. Así,

¹ ASPROCER, 2007. Asociación Gremial de Productores de Cerdos de Chile. Comunicación Personal

en 1990 se estimaba un consumo de carne de cerdo de menos de 10 kg por habitante al año, cifra que aumenta sostenidamente hasta superar los 16 kg por habitante al año para el 2000 (Díaz, 2000). En el año 2004 el consumo de carne porcina llegó a los 19 kg por habitante al año, más del doble que en 1990, con una tasa anual de crecimiento de 5,3% en los últimos 14 años (Chile, 2005).

La producción de carne de cerdos continuará beneficiándose de su rol de carne sustituta, proveedora de proteína de origen animal, en la medida que persistan las restricciones al comercio de las carnes de aves y de bovino por barreras de tipo sanitario (Chile, 2005b).

Los niveles de consumo logrados para el año 2005, permitían alcanzar - por primera vez en la historia de nuestro país - la barrera de los 20 kg por habitante. Con este consumo Chile se acerca al de países como Canadá y Australia (Chile, 2006a). En el año 2006, el consumo interno de carne de cerdo se vio favorecido por el alto precio y menor disponibilidad de la carne bovina, alcanzándose un consumo aparente de 23 kg por habitante al año, cantidad superior en 17% al consumo del 2005, alcanzando cifras récord para el país (Chile, 2007c).

Por otra parte, la disponibilidad nacional total de carnes al año 2006 alcanzó alrededor de 1,32 millones de ton de carne en vara, lo que significó que el consumo por habitante de carnes para ese año se elevó a 79,3 kg (Chile 2008b), cifra superior en un 5% a la de 2005, y un 30% superior si la comparamos con el año 1996.

2.3. Inseminación Artificial Porcina

2.3.1. Antecedentes históricos

Las primeras experiencias en inseminación artificial porcina (IAP) se realizaron en Rusia en los inicios del siglo XX con los trabajos de Ivanow en 1907 e Ivanoff en 1922 (Foote, 2002).

El primer investigador que demostró que el semen podía ser extraído de un verraco, fue Milanov en 1932. El método consistía en lograr que un verraco saltara sobre un maniquí similar a una cerda y luego se colectaba el eyaculado en una vagina artificial (Polge, 1956).

Trabajos de McKenzie en 1931, Milovanov en 1938, Ito y sus colaboradores en 1948 y Polge en 1956, dan cuenta de los primeros estudios sobre el desarrollo de vaginas artificiales, técnicas de recolección del semen (técnica de la mano enguantada) y entrenamiento de verracos para montar sobre maniqués (Foote, 2002).

A su vez, la extracción y recolección de semen requería del desarrollo de medios capaces de recrear las condiciones naturales del fluido seminal. Es así como se producen los primeros diluyentes de semen, los que se basaban en soluciones glucosadas adicionadas con sulfato de sodio o tartrato potásico de sodio y peptonas, manteniendo una baja concentración electrolítica (Foote, 2002).

En lo que se refiere a la caracterización del semen, se destaca el trabajo de Makhovka en 1932 e Ito y colaboradores en 1948, los cuales describen la morfología de la célula espermática. Estos estudios se complementan con los realizados por McKenzie y Phillips en 1933, en los cuales se resaltan las principales anomalías en el semen del verraco. En 1938, Winchester y McKenzie *et al.*, fueron los primeros en analizar el metabolismo del espermatozoide (Polge, 1956).

El patrón de eyaculación del verraco y la contribución de las glándulas accesorias fueron estudiadas por McKenzie *et al.*, hacia 1938 (Polge, 1956).

Por otra parte, los primeros estudios acerca de la frecuencia de extracción y edad óptima para el uso del verraco en IA fueron realizados por Rodolfo en 1934 (Polge, 1956).

En el área de la preservación del semen destaca el trabajo de McKenzie en 1938, el cual determinó la temperatura óptima para el almacenamiento del semen. En este mismo tema, Glover en 1954, describe una técnica perfeccionada para almacenar el semen *in vitro* (Polge, 1956).

A inicios de los años sesenta, Stratman y Self, (1960), enfocaban sus esfuerzos en estandarizar el volumen y número de espermatozoides por dosis de inseminación artificial de semen fresco.

Hoy en día, los esfuerzos se focalizan en mejorar técnicas de IA que buscan reducir el número de espermatozoides por dosis manteniendo los buenos desempeños reproductivos (Rozeboom, 1999), tales como la inseminación intrauterina y la inseminación intrauterina profunda a nivel de la unión útero-tubal (Belstra, 2002; Rath, 2002a).

2.3.2. Inseminación Artificial Porcina a nivel mundial

Como ya se ha mencionó, la IAP inició su desarrollo en la década del 30 en países como Unión Soviética y EE.UU. El primer uso comercial de esta técnica en el Reino Unido aparece en 1955, pero con una lenta adopción por parte de los productores porcinos. Para 1980, se estimaba que su uso alcanzaba entre el 4,5 y 5% de las hembras, lo que representaba unas 62.000 inseminaciones artificiales al año en ese país (Huges y Varley, 1980).

Burke (1999) informa que el uso de la IAP en los EE.UU. significaba alrededor del 8%, en 1991, para alcanzar coberturas de 15% en 1994 (Buhr, 2001), observándose una importante incorporación de esta biotecnología, lo que significó que para 1999 se estimaba su uso en el 50% de las hembras reproductoras, con una estimación de un 80% antes del año 2005 Burke (1999).

Cifras similares entrega Rozeboom (1999), para ese país, indicando que se inseminan alrededor de cuatro millones de cerdas, lo que representa entre el 55 y 60% de uso de esta técnica, esperando un aumento en el uso de IA para el año 2005 que alcance al 80-85% de la masa reproductora local.

Ratificando lo anterior, Singleton (2001), menciona que el 60% de las 6,2 millones de cerdas de Estados Unidos son inseminadas artificialmente, lo que representa un importante aumento en relación a 1990 donde la cifra alcanzaba sólo al 5%.

Por otra parte, Rozeboom (1999) menciona el caso de Noruega, donde el 90% de las cerdas se manejan con inseminación artificial.

Burke (1999) señala que en países como España y Dinamarca el uso de la IAP alcanzaba aproximadamente el 80 % del plantel de hembras reproductoras.

Trabajos de Weitze (2000) y de Knox (2003) señalan que a nivel del continente americano, de las 12,2 millones de cerdas reproductoras existentes, alrededor del 39% son inseminadas artificialmente. A su vez, se indica que en la región Asia-Pacífico, con 44 millones de cerdas, se inseminaría artificialmente sólo el 28%. Por otra parte, a nivel del continente europeo, la IAP tendría una cobertura del orden del 70%, estimando que se inseminarían alrededor de 5,5 millones de cerdas.

A su vez, Wentz *et al.*, (2000), estimaron que el 51% de las granjas tecnificadas de Brasil utiliza la IAP, observándose un aumento año a año en el número de cerdas

inseminadas, pasando de 200 mil inseminaciones en el año 1993 a cerca de 1,6 millones de inseminaciones artificiales hacia el año 1999.

Por otra parte, Bortolozzo *et al.*,(2005) en un estudio de la situación de la IAP en Brasil, uno de los principales productores de carne de cerdo del mundo, señalan que la gran difusión de la IA se debe principalmente al surgimiento de líneas genéticas de machos terminales que agregan a su descendencia las cualidades exigidas por el mercado consumidor respecto a calidad de carne como lo es por ejemplo, el nivel de grasa en la carcasa, lo que sería el principal responsable del progreso genético en la especie porcina.

La introducción y rápida difusión de la IA a nivel mundial se puede observar en casi todos los países, lo que se ve reflejado en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Cambios en el uso de IA en algunos países

País	Uso de IA 1982 (%)	Uso de IA 1998 (%)
China	<1	25
EE:UU.	<1	55
España	3	85
Francia	3	55
Holanda	s/i	85
Canadá	s/i	50
Dinamarca	34	42
Bélgica	2	90
Reino Unido	3	30
Australia	s/i	15
Suecia	4	70
Irlanda	s/i	60
Noruega	49	90

Fuente: Huges, 2001.
s/i: Sin información

Las principales razones de la incorporación de la IA en los planteles porcinos que explican su elevada difusión a nivel mundial, serían las siguientes (Burke, 1999):

- Disminución del retardo genético, el que se disminuiría en cerca de dos años en comparación con programas de monta natural.
- Reducción del riesgo sanitario por uso de semen proveniente de verracos con alto estatus sanitario y que son sometidos a controles periódicos.
- Incremento en la flexibilidad de producción, ya que cuando cambian los requerimientos de las empresas compradoras de carne el productor puede cambiar rápidamente su producción con una nueva línea de verracos.
- Desarrollo de nuevas tecnologías para una mejor predicción de la calidad del semen.
- Incremento del desempeño reproductivo al monitorear constantemente la calidad del semen utilizado en las dosis de IA y,
- Menores costos de alojamiento de verracos ya que disminuye la relación verraco:hembra de 1:20 en sistemas de monta natural a una relación de 1:150 – 1:175.

2.3.3. Inseminación Artificial Porcina en Chile

Las primeras experiencias en IA porcina en planteles chilenos datan de fines de los años sesenta del siglo pasado, con el trabajo de Ovalle (1968), quien estudió la aplicación del método fraccionado de inseminación artificial en cerdos.

Ésta técnica se basaba en trabajos realizados por Kvasnitsky hacia 1959 quien obtuvo porcentajes de fertilidad que fluctúan entre 85 y 95% y un tamaño de camada que varía entre 8 y 12 lechones (Ovalle, 1968).

Trabajos posteriores se abocaron principalmente al estudio en laboratorio de ciertas características del semen porcino.

Recién hacia la década del 80, Ruiz (1984) estudió la dilución, conservación y evaluación “*in vitro*” de la fertilidad del semen del verraco. Además enumera las desventajas que dificultaban el desarrollo de la IAP en el país, tales como la falta de información a nivel nacional; la dificultad en la recolección del semen, la cual requiere de personal especializado; la necesidad de entrenar a los verracos para la extracción manual; el contar con construcciones adecuadas que incluyan un laboratorio de IA; la baja cantidad de dosis que se obtienen de cada eyaculado, al compararlo con otras especies; el reducido tiempo de conservación del semen, atribuido principalmente a la falta de diluyentes adecuados.

Por otra parte, Maira (1987) estudió el efecto de la concentración de glicerol y del método de descongelación sobre algunas características del espermatozoide porcino. En la misma línea investigativa, Sáenz (1999), realizó una evaluación de dos crioprotectores en la congelación del semen porcino.

Soto (1997), quien estudió el efecto de la aplicación de ocitocina al momento de la inseminación y sus resultados en fertilidad y prolificidad, indica que la adopción de la técnica de IA para la especie porcina en el país, en un principio fue lenta, debido principalmente al desconocimiento de esta tecnología y los resultados que se podían obtener de ella.

En general, se puede apreciar que la experiencia nacional sobre la aplicación de la IAP ha sido escasa, lo que explica de alguna manera, que la introducción de esta biotecnología en los planteles fue bastante cauta. Sin embargo, de acuerdo a los resultados productivos que se empezaron a obtener a nivel mundial en las últimas décadas, de la aparición de nuevas líneas genéticas y del desarrollo del sector porcino nacional en los últimos treinta años, la adopción a nivel nacional de la IAP se ha expandido de manera rápida.

De acuerdo a la información nacional disponible, hacia el año 1995 sólo 13 criaderos habían implementado la incorporación de IA para pasar a 51 planteles

al año 2005, con alrededor de 75.000 y 440.000 cerdas inseminadas, respectivamente. Es interesante señalar que a pesar de la gran masificación en la introducción de esta biotecnología, los parámetros de fertilidad se mantuvieron y aun se incrementaron (la fertilidad, expresada como número de hembras paridas sobre las inseminadas, pasó de 90,1% a 93,2% entre los años 1995 y 2005). Similar situación se observa en relación al tamaño de la camada de lechones nacidos vivos (10,1 en 1995 y 10,9 lechones, en 2005) (Chile, 2006b).

El uso en criaderos comerciales de la IAP en el país se remonta a la década del 70. Información cuantitativa sobre la cobertura indica que hacia los inicios de los años 90 su aplicación era marginal, haciéndose más masiva hacia 1996 (Chile, 2006b) (Cuadro 2):

Cuadro 2. Número de criaderos nacionales con IA.

Año	Criaderos con I.A. (N°)	Cerdas Inseminadas Anualmente (N°) ⁽¹⁾	Cerdas Preñadas Anualmente (N°)	% Preñez	Promedio TCNV*
1991	6	13.310	11.811	88,7	8,7
1992	6	24.349	21.505	88,3	8,9
1993	5	24.274	21.460	88,4	9,5
1994	9	42.180	38.612	91,5	9,0
1995	13	74.442	67.101	90,1	10,1
1996	25	149.863	134.840	89,9	10,0
1997	32	238.419	215.696	90,4	10,2
1998	46	294.110	263.970	89,7	10,3
1999	52	317.230	284.514	89,6	10,5
2000	53	351.629	326.887	92,9	10,5
2001	51	390.404	360.558	92,3	10,6
2002	49	408.891	375.178	91,7	10,7
2003	50	416.634	385.705	92,5	10,7
2004	50	440.313	410.348	93,1	10,9

(1): El número de cerdas inseminadas anualmente, corresponde a la existencia de hembras de los criaderos ponderado por una estimación del número de partos/hembra/año.

Fuente: Chile, 2006b

* TCNV: Tamaño de camada nacidos vivos.

Estimaciones realizadas por grupos de expertos², indican que al año 2008 existirían alrededor de 45 a 50 planteles que utilizan IA y del orden de 195.000 a 193.000 hembras reproductoras inseminadas.

2.4. Elaboración de la dosis de IA

2.4.1. Entrenamiento del verraco y extracción del semen

El proceso de extracción del semen representa una de las fases básicas de la IAP y su propósito es obtener un eyaculado con el máximo de espermatozoides viables.

Es así como, hacia inicios de la década de los 60, diversos autores se refieren al tema de disponer de animales entrenados para ser manejados en IA, indicando que se toma alrededor de una semana de entrenamiento para lograr que machos sin experiencia sexual previa, monten el maniquí y eyaculen libremente. Para el caso de machos con experiencia sexual previa (monta natural) se requerirían, en promedio, catorce días (Hughes y Varley, 1980).

El entrenamiento de verracos consiste en hacer saltar el verraco sobre un potro o maniquí para poder realizar la extracción de semen. Dicha instalación debería tener las medidas aproximadas a una cerda primeriza, y ser lo suficientemente cómodo y funcional para que el verraco no sufra traumatismo alguno (Sánchez, 1994).

Du Mensil Du Buisson y Signoret, en 1970, al realizar un estudio con verracos Large White de 8 ms de edad, obtuvieron que el 91,7% de los animales respondieron positivamente en menos de 10 ensayos.

² Díaz, I. 2007. Comunicación Personal

Un verraco puede comenzar su entrenamiento a partir de los 6 a 7 meses de edad y los verracos que han sido utilizados en monta natural pueden perfectamente sometérselos a entrenamiento. Es aconsejable que los verracos estén aislados en verraqueras, ya que cuando están en grupos resulta más laborioso su aprendizaje (Sánchez, 1994).

Page (2002) indica que verracos jóvenes, agresivos y sin experiencia sexual previa son los animales más fáciles de entrenar, determinándose una relación inversamente proporcional entre la edad de inicio del entrenamiento y el porcentaje de éxito. Cuando el entrenamiento se inicia como mínimo a los 10 meses de edad, el éxito alcanza al 90%. En contraste, si el entrenamiento se inicia cuando los verracos tienen entre 10 y 18 meses de edad, el éxito cae a menos del 70%.

Otra alternativa consiste en llevar una hembra en celo al corral de extracción y proceder a la recolección del eyaculado antes que el verraco penetre a la hembra, a través de una desviación peniana. En este caso, dentro de las siguientes 24 hrs el verraco podría iniciar con éxito la extracción en un maniquí (Page, 2002).

Por otra parte, se indica que un maniquí impregnado con olores estimularía la libido del verraco. Para ello, puede utilizarse orina de hembras adultas o bien semen de otro verraco (Kubus, 1994; PIC, 1995a).

Una vez que el verraco ha montado el maniquí, se debe realizar una limpieza prepuccial, evitando los restos de orina y semen (Sánchez, 1994). Luego el operario con su mano enguantada aplica presión sobre el pene erecto, simulando las contracciones naturales del cérvix, hasta que la eyaculación se ha completado (Hughes y Varley, 1980).

La recolección del semen debe realizarse con material previamente esterilizado y temperado a 37°C a fin de prevenir un cambio brusco de temperatura. Puede

utilizarse un vaso de precipitado o similar, al interior de un recipiente térmico, cubriendo el vaso con una gasa quirúrgica u otros tipos de filtros para lograr la retención de la fracción gel o “tapioca” del eyaculado porcino (Kubus, 1994; Sánchez, 1994; PIC, 1995a).

2.4.2. Características del eyaculado

La especie porcina, desde el punto de vista reproductivo, está clasificada dentro de los animales de fecundación de tipo uterina, caracterizándose por ser de eyaculación muy lenta, y porque una vez terminado el coito, la mayor parte del semen queda depositado en el útero (Polge, 1956).

Se destaca por presentar un gran volumen de eyaculación, alcanzando entre 150 a 300 mL/eyaculado, presentando además, al compararlo con otras especies, una baja concentración espermática (Polge, 1956).

La concentración espermática presenta una elevada variabilidad. El rango promedio oscila entre los 200 y 300 millones de espermatozoides/mL (Hughes y Varley, 1980).

Durante la eyaculación, se distinguen tres fracciones:

- (i) una fracción pre-espermática,
- (ii) una fracción espermática o rica y
- (iii) una fracción post-espermática, normalmente separadas con bastante nitidez.

Durante toda la eyaculación, en poca cantidad en la primera fracción y mayormente en la tercera fracción, se expulsan grumos gelificados provenientes de las glándulas de Cowper que constituyen el gel o “tapioca” que naturalmente forma un tapón a nivel del cérvix de la cerda, impidiendo el reflujo del eyaculado (Polge, 1956; Kubus, 1994; Sánchez, 1994; PIC, 1995a).

La fracción pre-espermática está constituida por las secreciones de la próstata, vesículas seminales y algunos grumos procedentes de las glándulas de Cowper. Es una fracción muy transparente, carece de espermatozoides y tiene un volumen aproximado de 10 mL (Soto, 1997).

Otra característica importante propia de la especie porcina, es la duración de la eyaculación, con valores extremos que van de 1,5 a 20 minutos (Polge, 1956; PIC, 1995a).

Al finalizar la eyaculación, el verraco puede presentar una segunda onda eyaculatoria, con las mismas características que la primera, pero con una menor concentración espermática (Polge, 1956).

2.4.3. Evaluación seminal

Desafortunadamente no existe una medición de la calidad del semen que aparezca adecuada para determinar el número de espermatozoides para una óptima fertilidad de cada verraco en forma individual (Flowers, 2001). A su vez, no existe ninguna prueba que presente un alto nivel de predicción de la fertilidad de eyaculados individuales. Sin embargo, cuando se combinan algunas pruebas de manera sistemática, se puede seleccionar eyaculados que tengan un elevado potencial de fertilidad (Hughes y Varley, 1980; Colenbrander y Kemp, 1990).

Es claro que a pesar de que existe una gran cantidad de pruebas de evaluación seminal descritas en la literatura, su información respecto a la correlación con la fertilidad es poco confiable. En todo caso las pruebas deberían ser rápidas, prácticas y de bajo costo, para permitir su uso comercial (PIC, 1995b).

2.4.3.1. Análisis macroscópico

Entre las principales características macroscópicas del eyaculado del macho porcino se pueden mencionar las siguientes:

- **Color**

El semen debe ser blanco cremoso. Se pueden apreciar coloraciones atípicas como violáceos, rosáceos o de color beige que pueden deberse a posibles infecciones o hemorragias en el área genital (Kubus, 1994).

- **Volumen**

La fracción rica en espermatozoides del eyaculado oscila entre 50 y 125 mL, puede ser medida en centímetros cúbicos o mililitros o bien pesado, ya que un cc. equivale aproximadamente a un gramo. El volumen del eyaculado es afectado por una serie de factores entre ellos la edad, raza o línea genética, condiciones fisiológicas y tamaño testicular (Kubus, 1994; PIC, 1995b).

2.4.3.2. Análisis microscópico

Una alternativa para evaluar la calidad del semen es el análisis microscópico, que contempla fundamentalmente la evaluación de tres factores del eyaculado: motilidad, morfología e integridad del acrosoma y concentración espermática. Estas pruebas son de carácter cualitativo más que cuantitativo (Flowers, 1997).

Adicionalmente, existen otras pruebas para estimar la calidad del semen, tales como test de resistencia osmótica (ORT), medición de ATP, selección espermática asistida computacionalmente y tinción fluorocrómica (PIC, 1995b) y pruebas de coloración supravital (Ruiz, 1984).

- **Motilidad**

La motilidad es una medida indicadora de la viabilidad del espermatozoide. Sin embargo, no tiene una correlación elevada con la fertilidad y se trata de una prueba subjetiva. Sin embargo, su evaluación tiene amplia difusión en técnicas de IA en muchas especies (PIC, 1995b).

La estimación de la motilidad se realiza – en condiciones de campo - utilizando un microscopio con su platina calentada a 35°C, en la que se coloca una gota de semen, se cubre con portaobjeto y se procede a examinar con aumento de 100 o 200x, a fin de estimar la proporción de espermatozoides activos y la calidad de dicha actividad en una escala del 0 al 5, donde 0 indica ausencia de espermatozoides activos y 5 indica espermatozoides con movimiento muy rápido y progresivo. Adicionalmente, permite evaluar la aglutinación espermática de cada eyaculado (Kubus, 1994).

Flowers (1997), en un estudio realizado para determinar la relación entre algunos factores entre ellos motilidad y fertilidad, agrupando los estimadores de calidad en 10 categorías porcentuales (0 a 10%; 11 a 20%; etc.), reportó que la fertilidad se incrementa a medida que el porcentaje de motilidad espermática aumentaba en el eyaculado, observándose también mejores tasas de parición de lechones vivos. Sin embargo, llega un punto en que la motilidad sigue aumentando, pero no así la fertilidad. El punto crítico para la motilidad se presentó al 60%.

- **Morfología e integridad del acrosoma**

Levis (1997) reporta el efecto individual del verraco con diferentes tasas de anomalías y su interacción con el tiempo de almacenamiento del

semen diluido sobre la tasa de parición. Verracos con alta incidencia de anomalías obtenían bajas tasas de parición. Adicionalmente, verracos con moderada incidencia de anomalías mostraron una de las más altas tasas de parición después de 4 días de almacenamiento del semen. Otros verracos, con una menor proporción de anomalías, mostraron una reducción significativa en la tasa de parición con 2 a 4 días de almacenamiento del semen. Esto indica que la tasa de anomalías por sí sola no es el mejor indicador de fertilidad, pero puede ser utilizada con cierto grado de confianza para identificar potenciales fuentes de problemas de fertilidad. Además, el tiempo de almacenamiento del semen diluido tiene un gran efecto el porcentaje de parición y la fertilidad de algunos verracos podría ser evaluada después de almacenado su semen.

Flowers (1997), en el estudio antes mencionado indica que se presentan correlaciones positivas tanto para morfología como integridad del acrosoma, y fertilidad, reportando que dichas relaciones alcanzan puntos críticos en niveles de 70% y 50% respectivamente.

El espermatozoide y las enzimas presentes en el acrosoma, permiten la penetración al oocito durante la fertilización. En consecuencia, es muy posible y probable, que los espermatozoides que se observan móviles y morfológicamente normales, puedan diferir considerablemente en su capacidad para fertilizar y depositar su material genético en los oocitos (Flowers, 1997).

La estimación de la morfología se realiza mayormente para evaluar a verracos jóvenes que ingresan a la granja o en reproductores adultos con algunos problemas de fertilidad, más que como una prueba de rutina sobre los eyaculados individuales ya que es muy demandante de tiempo. Su análisis implica el estudio de los espermatozoides utilizando una tinción vital, entregando información respecto a la estructura y viabilidad del

espermatozoide. Las morfoanomalías más comunes son gotas citoplasmáticas distales y proximales, junto con colas enrolladas (Kubus, 1994; PIC, 1995b), pieza intermedia engrosada, microcefalia, cabezas desprendidas, cabezas piriformes y cuello abaxial (Ruiz, 1984).

- **Concentración espermática**

Tal como fue mencionado anteriormente, la concentración espermática del semen de verraco presenta una gran variabilidad, con un rango promedio de entre 200 y 300 millones de espermatozoides/mL (Hughes y Varley, 1980), con un rango de volumen del eyaculado del orden de 150 a 400 mL que contienen entre 50×10^9 y 85×10^9 de espermatozoides totales (Minitübe, 2003).

En promedio un verraco adulto y saludable producirá entre 10×10^9 y 12×10^9 de células espermáticas por día. El volumen y el número total de células espermáticas cambiarán según la frecuencia de recolección, particularmente en verracos jóvenes, menores de 12 meses. Los reproductores jóvenes producen menos volumen de eyaculado (alrededor de 40 a 50 mL) y pueden ser muy afectados por la frecuencia de extracción en su concentración de células espermáticas (Minitübe, 2003).

En condiciones de terreno, la medición de la concentración espermática se realiza utilizando un colorímetro o espectrofotómetro calibrado para este propósito. La mayor desventaja de este método es que sólo mide densidad óptica y no permite diferenciar entre espermatozoides vivos, aglutinados y muertos, además de ser un sistema poco preciso (PIC, 1995b).

Un método más preciso es el conteo de espermatozoides en un hemocitómetro o una cámara de conteo de células (cámara de Neubauer o cámara de Burker) (PIC, 1995b).

La cuantificación se realiza al microscopio utilizando aumento de 400x, colocando una gota de semen en la cámara, previamente diluido en 100 mL de una solución de formaldehído fisiológico (Kubus, 1994)

2.4.3.3. Análisis microbiológico

La transmisión de los procesos infecciosos a través del semen es una de las grandes preocupaciones de los centros de inseminación artificial. Las enfermedades en las que el semen juega un papel importante como transmisor son: Leptospirosis, Brucelosis, Enfermedad de Aujeszky, Parvovirus, Peste Porcina Clásica (PPC), Peste Porcina Africana (PPA), Micoplasmosis, Enfermedad Vesicular del Cerdo y Síndrome Reproductivo y Respiratorio Porcino (PRRS) (Gall, 1998; Bouma, 2000).

2.5. Inseminación de la hembra porcina

2.5.1. Características del ciclo estral

La hembra porcina se caracteriza por presentar ciclos estrales cada 21 días en promedio, con un rango de 18 a 23 días. Otros autores, indican que la variabilidad del ciclo es elevada con las consecuentes implicancias en el manejo, estimando el rango entre 17 y 25 días (Sterle y Safranski, 2005).

Estos ciclos comienzan inmediatamente después de la llegada de la pubertad y continúan a través de la vida de la hembra, los que se interrumpen sólo durante la gestación y la lactancia. Se caracterizan por períodos de reposo reproductivo los últimos 18-20 días seguidos por un corto período de receptividad sexual, teniendo una duración promedio de 53 hrs (rango de 12-72 hrs). Esos lapsos de receptividad sexual son conocidos como estro, período en que la vulva se

edematiza y se enrojece, lo que generalmente se acompaña por descargas de *mucus vaginal*.

Kemp *et al.*, (1998), plantean que la duración del estro varía considerablemente tanto entre granjas como dentro de cada granja, apareciendo entre otros factores de variación, el medio ambiente del plantel, el estímulo del verraco, situaciones de stress y el lapso destete-celo.

Los oocitos maduros serán liberados desde el ovario durante la segunda mitad del estro, alrededor de 38-42 horas después del inicio del estro Sterle y Safranski (2005).

El tiempo total de la ovulación es de 3,8 horas (Signoret, 1972), con una tasa de ovulación de entre 10 a 25 oocitos (Hughes y Varley, 1980).

2.5.2. Detección de celo

Como se estableció anteriormente, el período de celo o estro en la hembra porcina tiene una duración muy variable, asociándose a cambios morfológicos y de comportamiento, momento que corresponde a la receptividad sexual, único momento para realizar la fertilización de la hembra. En consecuencia, las manifestaciones externas del estro son de particular importancia para la realización de los protocolos de manejo de detección de celo, los cuales son realizados por los encargados, con la presencia de los verracos “celadores” (Hughes y Varley, 1980).

El principal cambio morfológico de la hembra se refleja en el enrojecimiento y aumento de volumen de la vulva, los que se inician de 2 a 6 días previos al inicio del estro. El aumento de volumen y enrojecimiento de la vulva usualmente alcanza su máximo al inicio del estro y permanece durante el período de receptividad sexual, situación fácilmente observable tanto en chanchillas como en cerdas adultas (Huges y Varley, 1980). Otros cambios morfológicos, asociados al estro,

incluyen proliferación vaginal de leucocitos, descarga mucosa desde la vulva y disminución en el pH vaginal. Desafortunadamente ninguno de estos cambios morfológicos constituyen un método certero y confiable para la detección de celo, no obstante, el enrojecimiento y aumento de volumen de la vulva son usados normalmente como indicadores del inicio del celo (Hughes y Varley, 1980).

Los patrones de comportamiento al momento del celo también tienden a ser variables. En general la hembra se torna más inquieta cuando se acerca el celo y la ingesta de alimento se vuelve más variable. Frecuentemente se observan contactos naso-nasal y naso-genital con otras hembras del corral, montas e intentos de montas a otras hembras o recepción a ser montada. Sin duda alguna el comportamiento de monta muestra un definitivo incremento en el período de celo. Una vez alcanzado el celo, la hembra se acercará al verraco y permanecerá cerca de él (Hughes y Varley, 1980).

La culminación de esta secuencia de comportamientos es una posición de lordosis, llamada “reflejo de cabalgamiento” o “reflejo de inmovilidad”. Esto es indicativo de la receptividad sexual y se caracteriza porque la hembra permanece absolutamente inmóvil, arqueando su espalda y levantando las orejas. Este reflejo usualmente lo exhibe la hembra receptiva en presencia del verraco, sin embargo puede obtenerse mediante la aplicación de presión sobre su espalda, o cuando el operario se monta sobre la espalda de la hembra (Hughes y Varley, 1980).

Otros signos de este reflejo son temblores, ojos vidriosos y enderezamiento de la cola batiéndola hacia arriba y abajo. Esta conducta tiene una duración promedio de 1 a 2 días en las chanchillas y 2 a 3 días en las cerdas adultas (PIC, 1995c).

Cabe destacar la importancia de una buena detección de celo ya que es la base para determinar el momento óptimo de inseminación, tomando en cuenta que la hembra porcina ovula en la segunda mitad del período, entre las 36 y 48 horas de iniciado el celo (Burke, 1999).

2.5.3. Momento de inseminación

A fin de establecer el momento más adecuado para la inseminación es necesario establecer el intervalo entre la aparición del celo y la ovulación. Considerando que la ovulación ocurre aproximadamente entre las 36 y 48 hrs posteriores a la aparición del celo, que la viabilidad de los espermatozoides en el tracto reproductivo de la cerda es cercana a las 36 hrs y que la viabilidad del oocito es cercana a las 12 hrs, los momentos más adecuados para llevar a cabo la IAP parecen ser desde el inicio del celo hasta las 24 hrs siguientes (Kubus, 1994).

Page (2002) menciona que la ovulación ocurre 30 a 36 hrs posterior al inicio del celo, la vida del oocito no fecundado no va más allá de las 34 horas, la vida de los espermatozoides en el tracto de la hembra es de 24 a 48 hrs y que les toma unas 4 a 6 hrs alcanzar el oviducto posterior a la inseminación. Considerando estos factores, establece que chanchillas y cerdas adultas pueden recibir su primera dosis de inseminación 12 a 24 hrs posterior al inicio del celo, mientras que la segunda dosis 12 hrs más tarde (24 y 36 hrs respectivamente).

PIC (1995c) recomienda un esquema de tres inseminaciones a las 12, 24 y 36 hrs de iniciado el celo, para obtener altas tasas de fertilidad.

A su vez, Kemp *et al.*, (1998) indican que las inseminaciones llevadas a cabo entre las 0 y 24 hrs antes de la ovulación resultan en altas tasas de fertilidad y consecuentemente, disminuyen el número de repeticiones observándose un leve aumento en el tamaño de camada. Reportan también que fuera de este período óptimo de inseminación, se incrementa el porcentaje de cerdas con baja prolificidad, debido a fertilizaciones parciales.

Por otra parte, factores propios de la hembra, tales como número ordinal de parto, raza y factores asociados al semen (calidad y número de espermatozoides), pueden influir en la tasa de fertilización.

Según estos autores, la inseminación artificial debiera realizarse entre las 0 y 24 hrs previas a la ovulación a fin de obtener óptimos resultados de fertilización, es decir entre 6-12 hrs y 30-36 hrs de iniciado el celo (considerando que la ovulación de produce 30 a 36 hrs posterior al inicio del celo).

2.5.4. Metodología de IA

Las técnicas clásicas de inseminación en la especie porcina fueron sistematizadas a partir de los años 50, constituyéndose en la base de las prácticas de IAP utilizadas en la actualidad.

Así, Polge (1956), describe una técnica de recolección de semen por medio de vagina artificial, estudiando la composición del semen, el patrón de eyaculación del verraco, la contribución de las glándulas accesorias al semen, la frecuencia de recolección del semen y su preservación.

Almond *et al.*, (1994), refieren el trabajo de Hancock y Howell publicado en el año 1956, quienes describen por primera vez recolecciones de semen mediante un método manual, utilizando un guante de goma. Este método consiste en que el operador sujeta firmemente el glande del pene erecto del verraco, ejerciendo presión de manera tal que simule las contracciones naturales del cérvix.

Al iniciarse la eyaculación, ella se recolecta en un termo estéril, con capacidad para 400 a 500cc, el cual debe disponer de un sistema de filtro tendiente a retener la fracción post-espermática. El termo debe estar a la temperatura del semen (37°C), para evitar un *shock* térmico (Kubus, 1994).

La recolección manual del semen es una técnica sencilla y de bajo costo, la contaminación se previene con la utilización de guantes de goma, evitando el contacto del semen con un mayor número de materiales que actúan como factores estresantes (Kubus, 1994; PIC, 1995a, SGI, 2007), y evitando el uso de guantes de látex, material que posee características espermicidas, tal como fue reportado a inicios de los años noventa por Wiley (Wiley, 1993)

La técnica tradicional de IA en cerdos implica depositar los espermatozoides a nivel del cérvix de la hembra. Los nuevos métodos de inseminación buscan el depósito intrauterino de los espermatozoides, con lo que el número necesario para lograr fertilidades aceptables se disminuiría notoriamente (Rozeboom, 1999).

Bortolozzo *et al.*, (2005), describen la técnica más usada en IA porcina, que considera la utilización de una pipeta o catéter plástico desechable, cuyo extremo se asemeja a la forma en espiral del pene de verraco, permitiendo el depósito del semen en el canal cervical. Para realizar la inseminación es muy importante la presencia de un verraco adulto situado en frente de ella, estimulándola a través de estímulos táctiles, auditivos, visuales y por medio de sus feromonas durante todo el tiempo que dura la inseminación (Soede *et al.*, 1995).

Habitualmente, el procedimiento se inicia con la limpieza en seco de la vulva, aplicación de presión en su espalda y frotando sus costados como pre-estimulación, continuando con la introducción del catéter, previamente humedecido con algunas gotas de la dosis de inseminación, avanzando en sentido dorso-craneal con un movimiento rotatorio en sentido contrario a las manecillas del reloj, hasta fijar el extremo en el cérvix. A continuación se realiza la infusión de la dosis de semen diluido. Este procedimiento debe tener una duración aproximada de 3 a 5 minutos, siempre con la constante presencia del verraco y el estímulo hocico con hocico. Una vez terminada la infusión de la dosis, se retira el catéter girándolo en sentido de las manecillas del reloj.

2.6. Volumen y concentración espermática por dosis de IA y su efecto sobre la fertilidad y el tamaño de camada al nacimiento (TCN)

Determinar el volumen y concentración espermática adecuada ha sido, desde los inicios de la técnica, una preocupación fundamental, lo que se refleja en los primeros trabajos de IA en cerdos realizados por Ivanov a principios del 1900 (Foote, 2002).

Trabajos más sistemáticos fueron realizados a partir de los años 30, destacándose los de McKenzie hacia 1931 en Estados Unidos, los realizados por Ito y su equipo en Japón hacia fines de los años 40 y Niwa hacia la década del 50, en paralelo con las investigaciones dirigidas por Polge en Europa (Foote, 2002).

En estudios posteriores de estos autores, usando de 1 a 100 mL de semen nativo o no diluido encontraron que la fertilidad era mayor cuando la inseminación se realizaba el segundo día del celo. Años después, investigadores como Lambert y McKenzie, establecieron que volúmenes de 50 a 100 mL de semen nativo - sin diluir - parecían suficientes sólo si las concentraciones espermáticas eran razonables (Wiggins *et al.*, 1951).

En la década del 30 Rodin y Lipatov, concluyeron que la dilución óptima del semen de verraco era 1 parte de semen y 4 partes de diluyente, con un volumen total de 100 a 150 mL, dependiendo del tamaño de la cerda a inseminar. La fertilidad obtenida con esta técnica alcanzaba alrededor de un 70% (Wiggins *et al.*, 1951).

Wiggins *et al.*, (1951) reportaron que con niveles mínimos de 0,1 mL de semen en 50 mL de dilución, con alrededor de 20 millones de espermatozoides totales, obtuvieron una fertilidad de 29% en chanchillas, mientras que con 20 mL de semen en 50 mL de diluyente, alcanzando $3,5 \times 10^9$ de espermatozoides totales, lograban un 91% de fertilidad en hembras primerizas.

Estos mismos autores, inseminando cerdas adultas con 1 mL de semen en 50 mL de dilución, con 234 millones de espermatozoides totales, obtuvieron un 42% de fertilidad. Sin embargo, utilizando 50 mL de semen nativo diluido a un volumen total de 250 mL, logrando una dosis total de alrededor de 6×10^9 de espermatozoides, obtuvieron un 57% de fertilidad. En este estudio también se menciona un rango máximo de tamaño de camada que va de 5,7 a 11,8 lechones para las chanchillas y 4,5 a 13,4 lechones para cerdas adultas (Wiggins *et al.*, 1951).

Polge (1956), concluye en que el número mínimo de espermatozoides por 100 mL de dosis de inseminación, fluctuaría entre 2×10^9 a 5×10^9 , para obtener altas fertilidades y tamaños de camada.

Stratman y Self (1960), buscando establecer tanto el volumen como el número mínimo de espermatozoides necesarios para llevar a cabo la inseminación artificial porcina, determinan que al incrementar de $2,5 \times 10^9$ a 10×10^9 de espermatozoides no se lograba un efecto significativo en el porcentaje de fertilidad. A su vez, señalan que el volumen de inseminación tiene una mayor influencia en la supervivencia del embrión hasta los 25 días de gestación. Concluyeron también que 50 mL era el volumen mínimo de inseminación requerido para obtener lo que ellos llamaron una adecuada fertilidad y concepción en chanchillas.

Por otra parte, Colenbrander (1991), indica que en la actualidad se aceptan rangos de entre $2,0 \times 10^9$ a $3,5 \times 10^9$ de espermatozoides totales en volúmenes de 80 a 100 mL.

Singleton (2001), en su informe del estado de la IA en los EE. UU menciona que la mayoría de los centros de inseminación trabajan con dosis individuales de 70 a 100 mL que contienen rangos de $2,5 \times 10^9$ a 4×10^9 espermatozoides,

dependiendo de factores tales como el tipo de diluyente empleado y las condiciones de la granja de cerdas.

De Alba *et al.*, (2003), mencionan que los centros de IA actualmente producen dosis de 80 a 100 mL con 3×10^9 de espermatozoides.

Mathias (2003), menciona que la mayoría de la cerdas cubiertas con la técnica convencional de IA en los EE.UU. recibieron dosis que fluctúan entre los $2,5 \times 10^9$ y 4×10^9 de espermatozoides, en un volumen por dosis de 70-100 mL.

Echegaray (2003) señala que la forma tradicional de IA es de 100 mL de semen diluido con una concentración de 3×10^9 de espermatozoides/dosis, obteniéndose tasas de fertilidad de entre 85 a 90% y prolificidades de alrededor de 10 lechones al nacimiento.

Flowers (2003), en una revisión sobre las biotecnologías reproductivas menciona que actualmente la mayoría de las dosis de IA contienen entre 2×10^9 y 4×10^9 de espermatozoides. Por otra parte, indica estudios de IA transcervical, donde reducciones tan dramáticas en el número de espermatozoides por dosis como $0,6 \times 10^9$ no provocarían cambios en la fertilidad.

En Chile, Soto (1997) estudiando el efecto de la administración de ocitocina al momento de la inseminación, trabajó con dosis de 100 mL y 3×10^9 de espermatozoides, logrando tasas de fertilidad entre 85,9 y 93,6%. Además, reporta tamaños de camada al nacimiento (TCN) de entre 10,03 y 10,86 lechones.

Trabajos similares, realizados por Martínez *et al.*, (2001, 2002) evaluando protocolos con dosis mayores (100 mL) y con 3×10^9 espermatozoides y 2 inseminaciones por celo, en diferentes poblaciones de hembras, obtuvieron tasas de fertilidad de alrededor de 87%, tasas de parición de entre 83,0 y 87,5% y

tamaños de camadas de 10 lechones nacidos totales y de 9,4 lechones nacidos vivos.

Por otra parte, Belstra (2002), indica que, en la alternativa de usar cantidades reducidas de espermatozoides por servicio o por estro, utilizando protocolos de inseminación intrauterina en vez de la inseminación tradicional intracervical, se debe asegurar que los tamaños de camada no sean afectados. A su vez, indica que se pueden presentar mayores problemas de injurias cervicales y uterinas (p.ej.: hemorragias pos-inseminación) y aumentar las infecciones uterinas.

Coincidiendo con lo indicado previamente, Bortolozzo *et al.*, (2005), en su revisión de la situación de la IA en cerdos, plantea que el número de espermatozoides por dosis de inseminación es uno de los puntos críticos para el éxito de un programa de IA. La información disponible, confirma que dosis de IA tradicional con menos de 2×10^9 de espermatozoides/dosis resultarían en una reducción del desempeño reproductivo.

Sin embargo, Flowers (2003), por otra parte, indica que los estudios de IA transcervical, donde reducciones tan dramáticas en el número de espermatozoides por dosis como $0,6 \times 10^9$, no provocarían cambios en las tasas de fertilidad.

Krueger *et al.*, (1999), analizando bajas dosis de inseminación en chanchillas previamente sincronizadas, mencionan que la dosis convencional de IA en cerdos requiere de entre 2×10^9 a 6×10^9 de espermatozoides y un volumen de 80 a 100 mL/dosis.

Rath (2002a), buscando reducir el número de espermatozoides, menciona que la “dosis tradicional” de inseminación es de 80 a 100 mL de semen diluido con concentraciones entre 2×10^9 y $3,5 \times 10^9$ de espermatozoides. En inseminaciones al nivel de la unión útero tubal - utilizando técnicas quirúrgicas - se requerirían

concentraciones mínimas de 1×10^6 de espermatozoides diluidos en 0,5 mL de diluyente. El mismo autor, en un estudio con semen refrigerado a 5°C compara una dosis de IA de 100 mL con 3×10^9 de espermatozoides frente a dosis de 100 mL con 4, 5, 6, 7, 8 y 9×10^9 de espermatozoides, no encontrando diferencias estadísticamente significativas para fertilidad de cerdas adultas y chanchillas al aumentar el número de espermatozoides por sobre los 3×10^9 (Rath, 2002b).

Watson *et al.*, (2001) evaluaron en 540 cerdas, un protocolo de inseminación utilizando dosis de 80 mL, con 3×10^9 espermatozoides/dosis y 2 inseminaciones por celo, obteniendo un 91,3% de fertilidad, tasas de parición de 91,1%, logrando tamaños de camadas de 12,5 lechones nacidos totales y 10,9 lechones vivos.

Watson y Behan (2002) comparan el desempeño reproductivo de la IA tradicional *versus* IA intrauterina. Para ello utilizan 3 dosis de IA tradicional ($1,2$ y 3×10^9 de espermatozoides) y 3 dosis de IA intrauterina ($1,2$ y 3×10^9 de espermatozoides). Los resultados obtenidos no demuestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos que utilizaron IA tradicional con dosis de 2 y 3×10^9 de espermatozoides y los tres tratamientos de IA intrauterina. En estos casos la fertilidad (medida como tasa de partos) fluctuó entre el 86,9 y 92,5%, mientras que el número de lechones totales varió entre los 12,1 y 12,6.

Por otra parte, Johnson *et al.*,(1981) evaluaron la capacidad fecundante de semen congelado y fresco, utilizando dosis de 100 mL semen fresco en concentraciones de 3×10^9 de espermatozoides, obteniendo tasas de preñez entre 75% y 82,6% y tamaños de camada al nacimiento (TCN) de 10,1 y 12,1 lechones, respectivamente. En el caso de semen congelado con concentraciones de 6×10^9 de espermatozoides, obtuvieron entre 32,4 y 54,3% de fertilidad y TCN de entre 5,8 y 8,2 lechones.

La tendencia mundial en cuanto a volumen y concentración espermática por dosis de IA se mueve en rangos de los 70 –100 mL y 2,5 a $3,0 \times 10^9$ de

espermatozoides, respectivamente (Paulenz *et al.*, 2000; Rozeboom *et al.*, 2000; Wilson *et al.*, 2003).

De acuerdo a datos recopilados por el autor del presente trabajo, mediante consulta directa a Médicos Veterinarios asesores de planteles nacionales, se observa que no existe una uniformidad en el número de espermatozoides por dosis de IA, los que varían en gran medida debido a factores de manejo e instalaciones disponibles, pero que en general, se mueven en torno a los 3×10^9 y los 5×10^9 de espermatozoides. De ahí la importancia de estudiar en terreno, con realidades productivas locales, el impacto que produce la disminución de la concentración espermática en la dosis de IA, dentro de los rangos citados como válidos por la literatura internacional.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- I. Comparar el efecto de dos concentraciones espermáticas de IA sobre las variables fertilidad y prolificidad.

3.2. Objetivos específicos

- I. Evaluar el efecto de dos dosis de IA ($4,5 \times 10^9$ y $3,0 \times 10^9$ espermatozoides) sobre la tasa de fertilidad (cerdas paridas/cerdas inseminadas x 100).
- II. Evaluar el efecto de dos dosis de IA ($4,5 \times 10^9$ y $3,0 \times 10^9$ espermatozoides) sobre el número de lechones nacidos totales (TCNT) y el número de lechones nacidos vivos (TCNV).
- III. Evaluar el efecto de las dos dosis de IA en dos protocolos de IA.
- IV. Evaluar el efecto de las dos dosis de IA en función del número ordinal del parto (NOP) de la hembra.

4. MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se realizó en un criadero de cerdos, bajo sistema intensivo confinado, el cual al momento de este estudio, disponía de 455 cerdas de la línea materna comercial *Camborough 22* y 8 verracos híbridos comerciales de la línea genética 362 de PIC, en actividad reproductiva, ubicado en la Comuna de Codegua, VI Región.

El sistema de encaste a evaluar - en uso en el criadero - consta de 2 protocolos de IA:

1. **Protocolo Cerdas Adultas:** cerdas detectadas en celo en la mañana e inseminadas en las mañanas con un lapso entre inseminaciones de 24 horas.
2. **Protocolo Chanchillas (cerdas primerizas):** cerdas detectadas en celo en la mañana e inseminadas inmediatamente, con un lapso entre inseminaciones de 12 horas.

El ensayo consideró dos tratamientos:

1. **Tratamiento I (grupo control):** constituido por las cerdas inseminadas con la dosis tradicional de uso en plantel: $4,5 \times 10^9$ espermatozoides por dosis de inseminación en 90 mL de volumen total, y
2. **Tratamiento II (grupo experimental):** constituido por las cerdas inseminadas con una dosis reducida que considera un total de $3,0 \times 10^9$ de espermatozoides por dosis de inseminación en 90 mL de volumen total.

En este modelo experimental, no se modificó ningún aspecto del manejo reproductivo utilizado en el criadero, tales como el momento de inseminación una vez detectado el celo ni el número de inseminaciones realizadas.

El trabajo de terreno consideró las siguientes actividades:

- Capacitación del personal encargado del laboratorio de IA sobre la elaboración de las dosis de inseminación para el grupo control y grupo experimental.
- Supervisión de la detección de celo matutino a todas las cerdas del plantel.
- Supervisión del traslado de las cerdas en celo a las jaulas individuales de inseminación.
- Supervisión de la elaboración de las dosis de inseminación, su identificación y su posterior almacenamiento.
- Supervisión y asignación aleatoria de las dosis de IA a cada hembra.
- Supervisión del proceso de IA propiamente tal de las cerdas.
- Registro de las montas, identificando la fecha de IA, el número de la hembra, NOP, dosis recibida, fecha de destete anterior y fecha de parto probable.
- Control regular del avance y estado de preñez.
- Control y nueva IA de cerdas repetidoras de celo.
- Registro de partos, TCNT, TCNV y momificados.

4.1. Obtención de las dosis de IA

Para la obtención de las dosis de IA se trabajó en el laboratorio con que cuenta el criadero y con los productos existentes en él.

4.1.1. Insumos y materiales de laboratorio

Los insumos utilizados en la elaboración y conservación de las dosis de IA incluyen:

- Diluyente BTS de corta duración marca Magapor®.
- Agua bidestilada y desionizada marca Ultra Pura®.
- Microscopio de luz (100x).
- Espectrofotómetro modelo SpermaCue® y Microcuvetas, marca Minitübe®.
- Catéteres espirales desechables de IA marca Magapor®.
- Cámara de conservación en frío modelo ZG-45 Magapor®
- Horno Pasteur marca Quimis®
- Baño María termostático.
- Botellas desechables de IA Bote Clip con capacidad para 90 mL. Marca Magapor®
- Placa termostática marca Quimis®.
- Materiales de vidrio varios (matraces, probetas graduadas, pipetas, pipetas pasteur, vasos de precipitado).

4.1.2. Elaboración de la dosis

Los verracos en actividad sexual, a los cuales se les extrajo semen, eran llevados al corral de extracción, donde montaban un maniquí especialmente acondicionado. En este momento el operario a cargo procedía a emplear la técnica de la mano enguantada. El pene erecto se sujetaba firmemente del glande, simulando lo que sería la presión natural de la vagina porcina. El eyaculado obtenido se depositaba en un vaso de precipitado que se encontraba al interior de un termo plástico, ambos temperados a $\pm 37^{\circ}$ C. La primera fracción del eyaculado no se recolectaba por ser pobre en espermatozoides. La segunda fracción se recolectaba y filtraba

mediante una gasa colocada en la parte superior del termo plástico. La tercera fracción o tapioca, era descartada.

Con el eyaculado ya en el laboratorio se procedía a realizar el siguiente protocolo:

- Evaluación macroscópica (color, aspecto, volumen).
- Evaluación microscópica (motilidad total y progresiva, existencia de espermatozoides con anomalías, células inflamatorias).
- Determinación de la concentración espermática, mediante espectrofotometría, con el SpermaCue®, colocando una alícuota del semen en una Microcuveta. El resultado se expresa en millones de espermatozoides por mililitro cúbico.
- Determinación del número inicial de dosis de IA (NID), el cual se obtenía multiplicando el volumen del eyaculado (VE) por su concentración espermática (CE), dividido por 4.500.
- Determinación del número de dosis experimentales (NDE), multiplicando el NID por 1,2 y asignado igual cantidad de dosis control (DC) y dosis experimentales (DE) a preparar.
- Determinación del número total de espermatozoides del eyaculado (NTE), el cual se obtenía multiplicando el VE por CE. Este valor sirve para determinar el porcentaje del volumen de eyaculado que se utilizará en la elaboración de las DC ($\pm 4,5 \times 10^9$ de espermatozoides en 90 mL) y DE ($\pm 3,0 \times 10^9$ de espermatozoides en 90 mL).
- Determinación del número total de espermatozoides que se utilizarán para las DC y DE, y determinar qué porcentaje corresponden respecto del NTE y a su vez a qué volumen corresponden del VE. Este volumen obtenido es el que se mezclará con la cantidad suficiente de diluyente para completar el volumen total de las dosis a preparar para cada tratamiento.

- Determinación del volumen de diluyente que se debe agregar para la elaboración de las DC y DE.
- Reconstitución del diluyente liofilizado en agua bidestilada a 37° C. Esto se realiza en un matraz de Erlenmayer.
- Mezcla de los volúmenes de eyaculado con sus respectivos volúmenes de diluyente en un matraz de Erlenmayer.
- Llenado de las botellas de IA, anotando a que tratamiento pertenecen, fecha de elaboración y número de verraco utilizado.

4.2. Inseminación artificial de las cerdas

Las dosis de IA fueron trasladadas por el inseminador desde el laboratorio a las jaulas de IA en un contenedor térmico aislado de la luz. Allí se procedió a la IA de las cerdas según el orden preestablecido (asignación aleatoria a los tratamientos experimentales a medida que las hembras eran encerradas en sus jaulas).

La IA fue realizada por los inseminadores del criadero, que cuentan con una vasta experiencia al respecto.

4.2.1. Evaluación de los efectos

Para la evaluación de los efectos establecidos en los objetivos del presente trabajo se utilizaron las siguientes variables:

1. Porcentaje de cerdas paridas del total de cerdas inseminadas (% de fertilidad).
2. Tamaño de camada nacidos totales (TCNT).
3. Tamaño de camada nacidos vivos (TCNV).

Los factores de variación fueron los siguientes:

- N° de espermatozoides por dosis.
- Tipo de protocolo de IA.
- NOP de la hembra (1, n, partos).

4.3. Análisis estadístico

Las variables a medir en este ensayo fueron fertilidad y prolificidad.

La fertilidad se midió sobre la base del porcentaje de cerdas paridas sobre el total de cerdas inseminadas.

La prolificidad se midió promediando el total de lechones nacidos en base al total de cerdas paridas.

El ensayo se realizó bajo un arreglo factorial (2 dosis de IA por 2 protocolos de IA), completamente aleatorizado, con aproximadamente 110 animales por tratamiento. Cada cerda constituye una unidad experimental o repetición.

4.3.1. Análisis de fertilidad

Dado que la variable fertilidad sigue una distribución binomial (en cada cerda sólo se observan dos valores posibles: 1: cerda preñada, 0: cerda no preñada, se calculó para cada tratamiento su proporción p :

$$p = \sum x_j / n = \text{N° de cerdas paridas} / \text{N° de cerdas inseminadas}$$

En este caso, el error estándar de p , bajo la distribución binomial es:

$$\text{Error estándar} = (p * q / n)^{1/2}$$

donde:

p : proporción de cerdas paridas

q : proporción de cerdas no paridas

n : número de cerdas inseminadas

Para comparar los porcentajes entre los dos tratamientos se utilizó la aproximación normal de la binomial, mediante la expresión:

$$t (n_i + n_j - 2) = (p_i - p_j) / ((p_i * p_i / n_i) + (p_j * p_j / n_j))^{1/2}$$

donde:

p_i : proporción de cerdas paridas en tratamiento i ($i = 1, 2, 3$ ó 4)

q_i : proporción de cerdas no paridas en tratamiento i

p_j : proporción de cerdas paridas en tratamiento j

q_j : proporción de cerdas no paridas en tratamiento j

n_i : número de cerdas inseminadas en tratamiento i

n_j : número de cerdas inseminadas en tratamiento j

El análisis de la proporción de p se realizó a través de la Prueba de z .

4.3.2. Análisis de la prolificidad

En este caso, la variable medida en cada cerda, número de lechones nacidos totales y número de lechones nacidos vivos, se considera una variable de distribución normal, por lo que se aplica a ella la estadística paramétrica normal.

De acuerdo a lo anterior, el modelo estadístico a utilizar fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + PIA_i + NED_j + NOP_k + (IOH)_{ijk} + E_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl}	: prolificidad (número de lechones nacidos totales y vivos)
μ	: promedio general
PIA_i	: Protocolo de IA
	i = 1: adultas
	i = 2: chanchillas
NED_j	: número de espermatozoides por dosis
	j = 1 : $\pm 3,0 \times 10^9$ espermatozoides
	j = 2 : $\pm 4,5 \times$ espermatozoides
NOP_k	: número ordinal del parto
	k = 1, n : partos
$(IOH)_{ijk}$: interacción de NED x NOP
E_{ijkl}	: error experimental

La información fue codificada y procesada en el Centro de Computación de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. La descripción estadística y, las correlaciones y regresiones, se efectuaron con el programa utilitario Statistical Analysis System (SAS)(1996).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Fertilidad

5.1.1. Efecto de dos dosis de IA sobre la tasa de fertilidad

Uno de las principales variables utilizadas a la hora de evaluar el desempeño reproductivo de un criadero de cerdos es la tasa de fertilidad. Cualquier factor que provoque una disminución en la fertilidad de un criadero puede traducirse en importantes perjuicios económicos.

En el Cuadro 3, se presentan los resultados de fertilidad general obtenidos en el estudio, en cerdas inseminadas con la dosis control de $4,5 \times 10^9$ espermatozoides (Tratamiento 1) y la dosis experimental de 3×10^9 espermatozoides (Tratamiento 2):

Cuadro 3. Efecto de la dosis de inseminación artificial sobre la tasa de fertilidad.
(cerdas paridas/cerdas inseminadas x 100)

Dosis	Nº cerdas inseminadas	Total cerdas paridas	Tasa de Fertilidad (%) ¹
$4,5 \times 10^9$	114	96	84,21 ^a
3×10^9	108	90	83,33 ^a
Total	222	186	83,78

¹ Superíndices iguales en una misma columna indican ausencia de diferencias estadísticas ($p > 0,05$).

La tasa de fertilidad general encontrada en el presente trabajo fue de 83,78%, observándose valores similares de 84,21% y 83,33% para cerdas con dosis normal y dosis reducida, respectivamente ($p > 0,05$).

Por otra parte, en la Cuadro 4, se observa la fertilidad obtenida en función de las dosis de IA y los protocolos de IA para hembras adultas como para hembras primerizas (chanchillas):

Cuadro 4. Efecto de la dosis de inseminación artificial sobre la tasa de fertilidad, según protocolo de IA.
(cerdas paridas/cerdas inseminadas x 100)

Dosis	Nº cerdas inseminadas	Total cerdas paridas	Fertilidad (%) ¹
4,5 x 10 ⁹ adultas	92	77	83,69 ^a
4,5 x 10 ⁹ chanchillas	22	19	86,36 ^a
3 x 10 ⁹ adultas	86	71	82,55 ^a
3 x 10 ⁹ chanchillas	22	19	86,36 ^a
Total	222	186	83,78

¹ Superíndices iguales en una misma columna indican ausencia de diferencias estadísticas (p>0,05).

En el Cuadro 5, se observa la fertilidad obtenida en función de las dosis de IA según número ordinal de parto:

Cuadro 5. Efecto de la dosis de inseminación artificial sobre la tasa de fertilidad, según número ordinal de parto.
(cerdas paridas/cerdas inseminadas x 100)

		NOP						
		1	2	3	4	5	6	7
Fertilidad	3 x 10 ⁹	86,36 ^a	88,89 ^a	77,78 ^a	78,95 ^a	100 ^a	88,89 ^a	60 ^a
por								
Dosis (%)	4,5 x 10 ⁹	90,91 ^a	76,00 ^a	85,71 ^a	92,86 ^a	100 ^a	72,73 ^a	100 ^a

¹ Superíndices iguales en una misma columna indican ausencia de diferencias estadísticas (p>0,05).

Los resultados encontrados en el presente trabajo indican que la disminución de la dosis de inseminación, evaluadas en los dos protocolos implementados no afectan la fertilidad tanto en cerdas reproductoras adultas como en chanchillas ($p>0,05$).

Valores similares de fertilidad han sido obtenidos con anterioridad, tal como consta en los estudios realizados por Martínez *et al.*, (2001, 2002), en los que utilizando dosis de IA con 3×10^9 de espermatozoides obtuvieron fertilidades de 87,5% y 83%, respectivamente.

Evaluando respuestas reproductivas, Watson *et al.*, (2001) y Gall (2002) reportan tasas de fertilidad algo mayores, las que alcanzan un 91,1% y 86,2%, respectivamente, al utilizar dosis de IA similares (3×10^9 de espermatozoides).

Cabe señalar que las tasas de fertilidad en el protocolo de chanchillas, para ambas dosis evaluadas, presentaron un promedio similar que en aquel utilizado para hembras adultas.

5.2. Prolificidad

La prolificidad fue la segunda variable en estudio. Por ello se midió el efecto que producían las dosis de inseminación en estudio sobre el tamaño de camada de nacidos totales (TCNT) y sobre el tamaño de camada de lechones nacidos vivos (TCNV).

5.2.1. Efecto de dos dosis de inseminación artificial sobre el número de lechones nacidos totales (TCNT) y el número de lechones nacidos vivos (TCNV)

En primer término, en el Cuadro 6 se presentan los valores promedios de prolificidad considerando como fuente de variación sólo la dosis de IA que recibieron las cerdas en estudio:

Cuadro 6. Efecto de la dosis de inseminación artificial sobre el promedio de TCNT y TCNV.

Dosis	TCNT	TCNV
4,5 x 10 ⁹	11,21 ^a ± 3,23	10,74 ^a ± 3,24
3 x 10 ⁹	11,58 ^a ± 2,27	11,09 ^a ± 2,31
Total	11,39	10,91

¹ Superíndices iguales en una misma columna indican ausencia de diferencias estadísticas ($p > 0,05$).

Al comparar los resultados para ambas dosis de IA, se observó que no existe efecto sobre la prolificidad al reducir la dosis de espermatozoides, no reportándose diferencias estadísticamente significativas tanto para el TCNT como para el TCNV ($p > 0,05$).

La situación encontrada en este trabajo concuerda con lo reportado en literatura, en la que se establecen rangos para las dosis de IA que fluctúan entre los 2 a los 5 x 10⁹ de espermatozoides sin que se afecten significativamente los parámetros reproductivos respecto al TCNT y TCNV

Soto (1997), al comparar el efecto de dos y tres inseminaciones, trabajando con dosis de 100 mL y 3 x 10⁹ de espermatozoides reporta valores promedio de 10,86 y 10,3 lechones nacidos vivos.

Es así como Watson *et al.*, (2001) y Gall (2002), inseminando hembras bajo condiciones muy similares a las de este ensayo y utilizando 3 x 10⁹ de espermatozoides por dosis, obtuvieron 10,9 y 11,2 lechones nacidos vivos, respectivamente.

Por otra parte, Martínez *et al.*, (2001 y 2002), obtuvieron tamaños de camada de 10 lechones nacidos totales en ambos casos y 9,4 lechones nacidos vivos.

En trabajos de análisis del tamaño de camada al nacimiento, realizado en varios criaderos de cerdos en Chile, los que utilizaban dosis de IA similares a los evaluados en este trabajo (entre $3 - 4,0 \times 10^9$ de espermatozoides/dosis), Dagnino (2006) reporta tamaños de camada nacidos totales de entre 11,90 y 12,56 lechones, en dos líneas genéticas. Por otra parte, Aguirre (2006) indica que los tamaños de camada de lechones nacidos vivos varían entre 10, 5 y 12, 7, con un promedio de 11,6 lechones.

5.2.2. Efecto de dos dosis de inseminación artificial en dos protocolos de IA sobre el número de lechones nacidos totales (TCNT) y el número de lechones nacidos vivos (TCNV)

En segundo término, se evaluó el efecto de las dos dosis de IA en estudio ($4,5 \times 10^9$ y 3×10^9 de espermatozoides) y los dos protocolos de IA utilizados en el criadero (chanchillas y cerdas adultas). Los valores promedio obtenidos para las variables de prolificidad se presentan en el Cuadro 7:

Cuadro 7. Efecto de la dosis de inseminación artificial sobre el promedio de TCNT y TCNV, según protocolo de IA.

Dosis	TCNT Promedio	TCNV Promedio
3×10^9 adultas	$11,86^a \pm 2,90$	$11,32^a \pm 2,79$
3×10^9 chanchillas	$10,53^a \pm 1,64$	$10,21^a \pm 1,84$
$4,5 \times 10^9$ adultas	$11,44^a \pm 3,40$	$10,96^a \pm 3,33$
$4,5 \times 10^9$ chanchillas	$10,30^a \pm 3,07$	$9,90^a \pm 3,16$
Total	11,39	10,91

^a Superíndices iguales en una misma columna indican ausencia de diferencias estadísticas ($p > 0,05$).

Al evaluar el efecto de la reducción de la dosis de IA en los dos protocolos evaluados, tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas

($p>0,05$). Estos valores contrastan con lo reportado en la literatura, ya que era esperable encontrar tamaños de camada mayores (estadísticamente) en hembras adultas con respecto a chanchillas (Cañas, 1979; Corral, 1975; Aguirre, 2006; Dagnino, 2006; González, 2006).

5.3. Efecto de dos dosis de inseminación artificial sobre el tamaño de la camada según el número ordinal del parto de la hembra (NOP)

Dentro de los factores de variación estudiados se encuentra el efecto de las dosis de inseminación sobre el TCNT y TCNV, según NOP. Es importante destacar que, de acuerdo a la literatura, en general el número ordinal del parto tiene un importante efecto sobre el tamaño de camada (Cañas, 1979; Corral, 1985; Aguirre, 2006; Dagnino, 2006; González, 2006).

En el Cuadro 8 y en el Gráfico 1 se presentan los resultados obtenidos con las dos dosis de inseminación y su efecto sobre los factores ya mencionados.

Cuadro 8. Efecto de la dosis de inseminación artificial sobre el promedio de TCNT y TCNV, según número ordinal del parto.

Dosis		Número Ordinal de Parto (NOP)						
		1	2	3	4	5	6	7
3 x 10⁹	n	19	24	14	14	7	8	4
	TCNT	10,52 ^a ± 1,64	12,25 ^a ± 2,96	11,64 ^a ± 3,10	11,78 ^a ± 2,91	12,42 ^a ± 3,40	11,50 ^a ± 2,72	10,25 ^a ± 2,06
	TCNV	10,21 ^a ± 1,81	11,71 ^a ± 2,85	11,01 ^a ± 2,92	11,50 ^a ± 2,79	11,28 ^a ± 3,42	10,75 ^a ± 2,43	10,00 ^a ± 1,82
4,5 x 10⁹	n	19	18	24	13	11	8	3
	TCNT	10,26 ^a ± 3,07	9,94 ^a ± 3,70	11,95 ^a ± 3,20	11,30 ^a ± 3,79	12,54 ^a ± 3,32	12,37 ^a ± 1,50	10,33 ^a ± 4,50
	TCNV	9,84 ^a ± 3,16	9,77 ^a ± 3,63	11,45 ^a ± 3,33	10,92 ^a ± 3,42	11,72 ^a ± 3,25	11,75 ^a ± 1,48	9,33 ^a ± 4,93

Superíndices iguales en una misma columna indican ausencia de diferencias estadísticas ($p>0,05$).

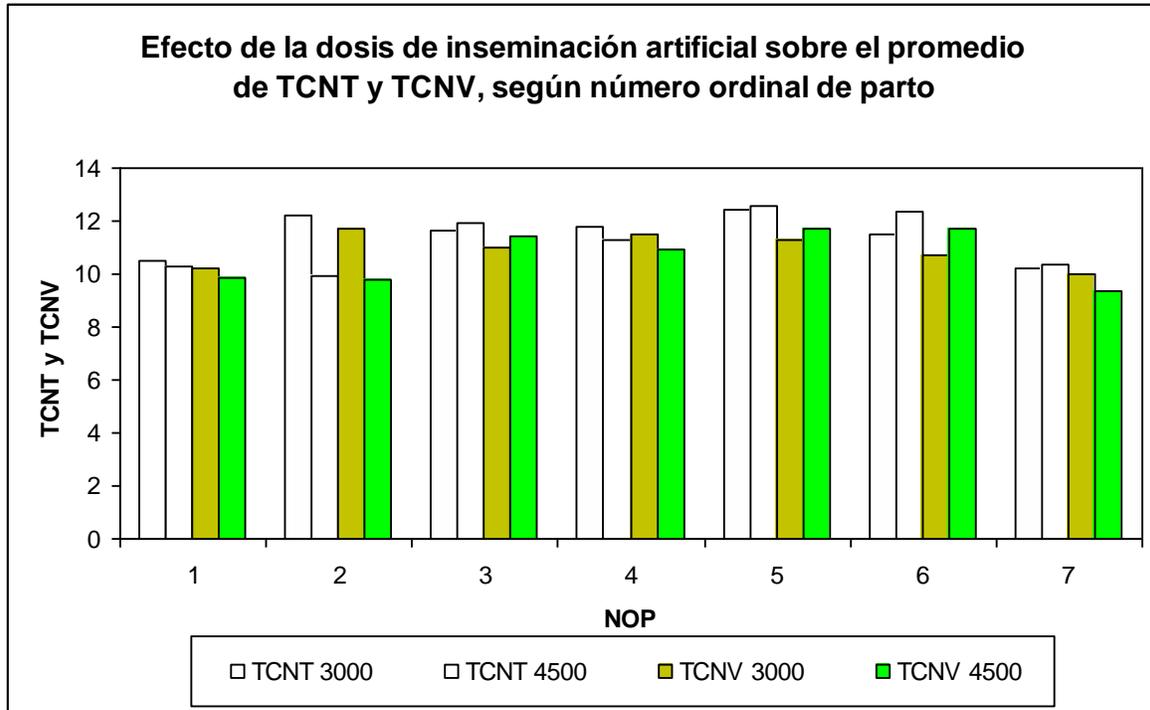


Gráfico 1. Efecto de la dosis de inseminación artificial sobre el promedio de TCNT y TCNV, según número ordinal del parto.

En general se observa que dentro de cada NOP el TCNT y el TCNV no se vieron afectados significativamente por las dos dosis de IA utilizadas, lo que ratifica los resultados anteriores.

Según Tummaruk *et al.*, (2004) en promedio las cerdas de primer parto presentan menores tamaños de camada al nacimiento en comparación a las hembras múltiparas durante todos los meses del año.

La ausencia de diferencias del tamaño de la camada al parto en función del NOP observada en el presente estudio, difiere con lo reportado por González (2006) quien trabajó con una muestra de 2.740 hembras de hasta 7° parto provenientes de un criadero industrial, evaluando algunos factores de variación sobre características productivas y reproductivas de la hembra porcina, encontrando diferencias significativas en el tamaño de camada al nacimiento en función del

NOP, observándose un incremento tanto para el TCNT como para el TCNV hasta el 4° parto, para luego ir declinando de manera gradual en la medida que las hembras aumentan sus partos. Esta tendencia es confirmada por numerosos autores entre los que se pueden mencionar a Strang (1970), Cañas (1979), Corral (1985), Clark y Leman (1986) y Belstra, (2003).

Así por ejemplo, Cañas (1979) indica que existe diferencia solamente en la primera camada, con cerca de 1,5 lechones menos que en cerdas de dos o más partos. Esto se condice con lo que reporta Steverink *et al.*, (1999), quienes indican que las cerdas multíparas presentan alrededor de 1,3 lechones más por camada al compararla con la prolificidad de las chanchillas. En cambio, Rozeboom *et al.*, (1997), afirman que existen diferencias significativas sólo entre chanchillas y cerdas de tercer parto, mientras que Tantasuparuk *et al.*, (2000), observaron un aumento significativo del TCNV en los primeros partos y en los partos intermedios, para declinar sólo hacia el séptimo u octavo parto.

Similar situación se reporta en un estudio también realizado en Chile, con más de 11.000 registros (Dagnino, 2006), indicando que el tamaño de camada (TCNT) al 1° parto alcanza los menores valores, los que tienden a un máximo cercano al cuarto y quinto parto para luego ir declinando.

Aguirre (2006) estudiando algunos efectos ambientales sobre el TCNV en dos líneas genéticas en criaderos porcinos nacionales, reporta valores de 11,6 lechones promedio, destacando el efecto significativo que tiene el NOP sobre este parámetro en las dos líneas genéticas estudiadas. Es así como observó el menor TCNV en el primer parto (10,5 lechones), lo que concuerda con lo reportado por Cañas (1979). Además, en ambas líneas genéticas observó una tendencia general de aumento del TCNV a medida que aumenta el NOP, confirmando que las camadas más numerosas se obtienen en hembras de tercer a quinto parto, atribuible a su mayor tasa de ovulación. Al igual que otros autores, se indica que los TCNV tienden a declinar en partos posteriores.

Es importante señalar que los resultados obtenidos por los autores antes citados, que reportan el efecto del NOP sobre la prolificidad de la hembra porcina, se obtuvieron con un gran número de registros en comparación con el tamaño de muestra utilizado en el presente trabajo. Así, por ejemplo, Cañas (1979) trabajó con 4.691 registros provenientes de cinco criaderos, González (2006) lo hizo con 2.740 registros de un criadero y, tanto Aguirre (2006) como Dagnino (2006), accedieron a más de 11.000 registros provenientes de cinco planteles industriales.

Tal como fue señalado en la introducción del presente estudio, una disminución en el número de espermatozoides por dosis de IA, que no afecte negativamente las variables fertilidad y prolificidad, redundaría en un mayor aprovechamiento del semen porcino y, una eventual disminución en el número de verracos.

Lo anterior implicaría una disminución en los costos finales de producción - sin sacrificar estas variables – aspecto fundamental a la hora de hacer rentable el negocio de producción de carne porcina, el que día a día enfrenta escenarios con inestabilidad y caída de precios a nivel nacional, menores márgenes de rentabilidad, aumento de costos asociados fundamentalmente a insumos alimenticios, ambientales y de mano de obra.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se pueden realizar las siguientes conclusiones:

- La reducción de espermatozoides/dosis (dosis experimental de 3×10^9 de espermatozoides) no afectó la tasa de fertilidad, en relación a la dosis utilizada en el criadero de $4,5 \times 10^9$ de espermatozoides.
- La dosis experimental de 3×10^9 de espermatozoides por dosis de inseminación no afectó la prolificidad de la cerda, expresada como TCNT y TCNV, en relación a la dosis utilizada en el criadero de $4,5 \times 10^9$ de espermatozoides.
- Los protocolos de inseminación utilizados para chanchillas y hembras adultas no mostraron diferencias tanto en la tasa de fertilidad como en la prolificidad expresada como TCNT y TCNV, al utilizar 3×10^9 de espermatozoides/dosis de inseminación
- No se observaron diferencias en TCNT y TCNV según NOP al comparar la dosis experimental de 3×10^9 de espermatozoides en relación a la dosis utilizada en el criadero de $4,5 \times 10^9$ de espermatozoides.

7. LITERATURA CITADA

AGUIRRE, R. 2006. Efecto de algunos factores genético-ambientales sobre el tamaño de camada al nacimiento en cerdos. I. Tamaño de la camada nacidos vivos (TCNV). Tesis Med. Vet. Santiago, Chile, U. de Chile, Fac. Cs. Vet. y Pecuarias. 78 p.

ALMOND, G.; GLOSSOP, C.; BRITT, J.; MORROW, M.; CARR, J.; SEE, T.; FLOWERS, B. 1994. The Swine A. I. Book. Ed. Ruth Cronje, North Carolina State University, 108 p.

BELSTRA, B.A. 2002. Review: Intrauteine (Transcervical) and fixed-time artificial insemination in swine. [en línea] <<http://mark.asci.ncsu.edu/SwineReports/2002/belstra3.htm>> [consulta:24-01-2007].

BELSTRA, B.A. 2003. Parity associated changes in reproductive performance: Physiological basis or record keeping artifact?. [en línea] <<http://mark.asci.ncsu.edu/SwineReports/2003/belstra.htm>> [consulta:24-01-2007].

BORTOLOZZO, F.; WENTZ, I.; DALLANORA, D. 2005. Situação atual da inseminação artificial em suínos. Acta Scientiae Veterinariae. 33:17-32.

BOUMA, A. 2000. Transmissible virus diseases in porcine reproduction. Reprod. Dom. Anim. 35: 243-246.

BUHR, M. 2001. Emerging tools in artificial insemination. London swine conference – The pork industry and public issues, 5-6 april - 2001.

BURKE, P. 1999. The successful introduction of AI. Advances in Pork Production 10: 53-62.

CAÑAS, E. 1979. Parámetros reproductivos y productivos de las hembras porcinas. I. Efecto del número ordinal del parto, de la estación del año, del año calendario y del criadero sobre el tamaño de camada al nacimiento, lapso de dete-monta y lapso interparto. Tesis Med. Vet. Santiago, Chile, U. de Chile. Fac. Med. Vet. 74 p.

CHILE. Instituto Nacional de Estadísticas. INE. 2002. Evolución, situación actual y perspectivas de la producción pecuaria nacional. Período 1996-2001. [en línea]. <<http://www.ine.cl>> [consulta: 06-06-2005].

CHILE. Instituto Nacional de Estadísticas. INE. 2006c. Evolución y perspectivas producción pecuaria Chile: Período 2000-2005 y primer semestre 2006. 47 p.

CHILE. Instituto Nacional de Estadísticas. INE. 2006b. Anuario de estadísticas agropecuarias 2004-2005. [en línea]. <<http://www.ine.cl>> [consulta: 06-10-2006].

CHILE. Instituto Nacional de Estadísticas. INE. 2007a. Encuesta de criaderos de aves y cerdos primer y segundo semestre 2006. 47 p.

CHILE. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. ODEPA. 2005a. Consumo de carnes 1990-2004. [en línea]. <<http://www.odepa.gob.cl>> [consulta: 13-04-2005].

CHILE. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. ODEPA. 2005b. Producción de carne. [en línea]. <<http://www.odepa.gob.cl>> [consulta: 08-01-2006].

CHILE. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. ODEPA. 2006a. Mercado de la carne de cerdo. [en línea]. < <http://www.odepa.gob.cl/>> [consulta: 06-06-2006].

CHILE. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. ODEPA. 2006c. Producción total de carne. [en línea]. < <http://www.ine.cl>> [consulta: 07-12-2006].

CHILE. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. ODEPA. 2007b. Mercado de la carne de cerdo. [en línea]. < <http://www.odepa.gob.cl>> [consulta: 22-08-2007].

CHILE. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. ODEPA. 2007c. Carnes de ave y porcina lideraron el consumo de este rubro en los chilenos en 2006. [en línea]. < <http://www.odepa.gob.cl>> [consulta: 22-08-2007].

CHILE. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. ODEPA. 2008. Beneficio de animales por especie y tipo. [en línea]. < <http://www.odepa.gob.cl>> [consulta: 02-06-2008].

CLARK,L; LEMAN A. 1986. Factors that influence litter size in swine: Part 1. Pig News Infor. 7: 303 – 310.

COLENBRANDER, B.; KEMP, B. 1990. Factors influencing semen quality in pigs. J. of Reprod. Fert. Suppl., 40, 105-115 p.

COLENBRANDER, B. 1991. Comercial use of swine AI worldwide: a round table. Reprod. Dom.Anim. Suppl 1:298-333.

CORRAL, E. 1985. Efecto de algunos factores de variación sobre las características reproductivas de la hembra porcina, tamaño y peso de la camada al nacimiento, lapso interparto, largo gestación y edad al primer parto. Tesis Med. Vet. Santiago, Chile, U. de Chile, Fac. Cs, Vet. 131 p.

DAGNINO, A. 2006. Efectos de algunos factores genético-ambientales sobre el tamaño de camada al nacimiento en cerdos. II. Tamaño de la camada total al nacimiento. Tesis Méd. Vet. Santiago, Chile, U. de Chile, Fac. Cs. Vet. y Pecuarias. 93 p.

DE ALBA, C.; PAYAS, R.; CORCUERA, B.; CONDE, P.; HIGUERA, A. 2003. Artificial insemination with boar frozen semen. Proc. Annual Conference, American Association of Swine Veterinarians. p 287-289.

DÍAZ, I. 2000. Análisis diagnóstico del sector porcino chileno como productor de alimento. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Veterinarias y Pecuarias. Depto. Fomento Producción Animal. 73 p (Serie Apuntes Docentes N° 009).

DÍAZ, I. 2001. Análisis diagnóstico del sector porcino chileno como productor de alimento. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Veterinarias y Pecuarias. Depto. Fomento Producción Animal. 12 p (Serie Apuntes Docentes N° 009).

DÍAZ, I. 2003. Análisis diagnóstico del sector porcino chileno. I. Diagnóstico, generalidades y características del sector. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Veterinarias y Pecuarias. Depto. Fomento Producción Animal. 72 p (Serie Apuntes Docentes N° 009).

DU MENSIL DU BUISSON, F.; SIGNORET, J. 1970. Reproductive physiology and artificial insemination in pigs. Vet. Rec. 87:562-568.

ECHEGARAY, A. 2003. Análisis de la nuevas técnicas y avances en la inseminación artificial porcina. Memorias del XI Congreso Brasileiro de Veterinarios Especialistas em Suínos. p 118-125.

FAO. Food and Agriculture Organization. 2006. Base de datos Faostat. [en línea]. <<http://faostat.fao.org/>> [consulta: 06-06-2006].

FLOWERS, W. 1997. Management of boars for efficient semen production. J. Reprod. Fertil. Suppl. 52. p 67-78.

FLOWERS, W. 2001. Production of fertile insemination doses. **In:** Manipulating Pig Production VIII. Australasian Pig Science Association. p 157-165.

FLOWERS, W. 2003. Future reproductive technologies- applied results of transcervical insemination and other studies related to artificial insemination. Forty-Seventh Annual North Carolina Pork Conference. [en línea]. <<http://mark.asci.ncsu.edu/NCPorkConf/2003/flowers.htm>> [consulta: 15-05-2006].

FOOTE, R. 2002. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. [en línea]. <<http://www.asas.org/jas/symposia/esupp2/Footehist.pdf> > [consulta: 15-05-2003].

GALL, T. 1998. Disease impact on modern swine production and control with artificial insemination. Proceedings of the North Carolina Healthy Hogs Seminar. [en línea]. <http://mark.asci.ncsu.edu/HealthyHogs/book1998/book98_5.htm> [consulta: 24-01-2007].

GALL, T. 2002. Fertility of intra-uterine vs. intra-cervical insemination of semen in swine. Abstracts American Soc. of Anim. Sci. p 46.

GONZÁLEZ, F. 2006. Efectos de algunos factores de variación sobre características productivas y reproductivas de la hembra porcina. Tesis Med. Vet. Santiago, Chile, U. de Chile, Fac. Cs. Vet. y Pecuarias. 80 p.

HUGHES, P. 2001. A symposium – pig AI in Australia – opportunities and limitations. **In:** Manipulating Pig Production VIII. Australasian Pig Science Association. p 155-156.

HUGHES, P.; VARLEY, M. 1980. Reproduction in the Pig. (Ed. Butterworth & Co. (Publishers) Ltd, London. 241 p.

JOHNSON, L.; AALBERS, J.; WILEMS, C.; SYBESMA, W. 1981. Use of boar spermatozoa for artificial insemination. I. Fertilizing capacity of fresh and frozen spermatozoa in sows on 36 farms. J. Anim. Sci. 52:1130-1136.

KEMP, B.; STEVERINK, D.; SOEDE, N. 1998. Estrus and timing of ovulation in pigs: Consequences for insemination strategies. [en línea] <<http://www.banffpork.c/proc/1998.htm/ch02.htm>> [consulta: 29-06-2006].

KNOX, R. 2003. Artificial insemination in swine: improving reproductive efficiency of the breeding herd. [en línea] <<http://www.truill.uiuc.edu/swinerepronet/publications/extension/Mannitoba.pdf#search=%22Artificial%20insemination%20in%20swine%3A%20improving%20reproductive%20efficiency%20of%20the%20breeding%20herd%22>> [consulta: 25-11-2005].

KRUEGER, C.; RATH, D.; JOHNSON, L. 1999. Low dose insemination in synchronized gilts. Theriogenology 52: 1363-1373.

KUBUS. 1994. Handbook for Swine Artificial Insemination. Kubus S.A. Madrid, España.

KVASNITSKY, A.V. 1959. Méthode fractionnée d'insemination artificielle des truies. Colloque Reprod. Insem. Art. Por. Ann. Zootech. Supp.:43-58.

LEVIS, D. 1997. On-farm evaluation of semen: Motility, morphology and contamination. Ohio Pork Industry Center, The Ohio State University Extension, Ohio State University. 15 p.

MAIRA, C. 1987. Efecto de la concentración de glicerol y del método de descongelación sobre algunas características del espermatozoide porcino. Tesis Med. Vet. Santiago, Chile, U. de Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 140 p.

MATHIAS, K. 2003. Understanding the differences between artificial insemination (AI), intra-uterine insemination (IUI), and deep intra-uterine insemination (DIUI). Proc. Annual Conference, Amer. Ass. of Swine Veterinarians. p 293-294.

MARTÍNEZ, E.; VAZQUEZ, J.M.; ROCA, J.; LUCAS, X.; GIL, M.; PARRILLA, I.; VAZQUEZ, J.L.; DAY, B. 2001. Successful non-surgical deep intrauterine insemination with small numbers of spermatozoa in sows. J. Reprod. Fert. 122:289-296.

MARTÍNEZ, E.; VAZQUEZ, J.M.; ROCA, J.; LUCAS, X.; GIL, M.; PARRILLA, I.; VAZQUEZ, J.L.; DAY, B. 2002. Minimum number of spermatozoa required for normal fertility after deep intrauterine insemination in non-sedated sows. J. Reprod. Fertil. 123:163-170.

MINITÜBE. 2003. The A.I. Newsletter From Minitube of America. Spermnotes, Volume VII, Issue 1 – Spring 2003, p 1-11. [en línea]. <<http://web2.minitube.com/spermnotes/noteframe.html>> [consulta: 08-06-2006].

OVALLE, J. 1968. Aplicación del método fraccionado de inseminación artificial en cerdos. Tesis Med. Vet. Santiago, Chile, U. de Chile, Fac. Cs. Pecuarias y Medicina. Veterinaria. 34 p.

PAGE, T. 2002. Artificial insemination in swine. [en línea]. <http://www.lsuagcenter.com/communications/pdfs_bak/pigai.pdf> [consulta: 24-03-2003].

PAULENZ, H.; KOMMISRUDE, E.; HOFMO, P. 2000. Effect of long-term storage at different temperatures on the quality of liquid boar semen. Reprod. Dom. Anim. 35: 83-87.

PIC. Pig Improvement Company. 1995a. Artificial insemination: semen collection. Technical update. Vol 1, N° 1. 4 p.

PIC. Pig Improvement Company. 1995b. Artificial insemination: semen processing and quality control. Technical update. Vol 1, N° 2. 6 p.

PIC. Pig Improvement Company. 1995c. Artificial insemination: Estrus detection and insemination. Technical update. Vol 1, N° 3. 4 p.

POLGE, C. 1956. Artificial insemination in pigs. Vet. Rec. January: 62-76.

RATH, D. 2002a. Low dose insemination in the sow – A review. Reprod. Dom. Anim. 37: 201-205.

RATH, D. 2002b. Within-herd use of boar semen at 5°C, with a note on electronic monitoring of oestrus - Short communication. *Reprod. Dom. Anim.* 37:61-63.

ROZEBOOM, K.; TROEDSSON, M.; SHURSON, G.; HAWTON, J.; CRABO, B. 1997. Late estrus or metestrus insemination after estrual inseminations decreases farrowing rate and litter size. *J. Anim. Sci.* 75: 2323-2327.

ROZEBOOM, K. 1999. So now what? (The future of AI). [en línea] NCSU Extension Swine Husbandry. Vol 22, 9. <[http://mark.asci.ncsu.edu/Swine_News/1999/sn_v2209%20\(October\).htm](http://mark.asci.ncsu.edu/Swine_News/1999/sn_v2209%20(October).htm)> [consulta:24-11- 2005].

ROZEBOOM, K.; TROEDSON, M.; HODSON, H.; SHURSON, G.; CRABO, B. 2000. The importance of seminal plasma on the fertility of subsequent artificial inseminations in swine¹. *J. Anim. Sci.* 2000. 78:443-448.

RUIZ, M. 1984. Dilución, conservación y evaluación "in vitro" de la fertilidad del semen de verraco. Tesis Med. Vet. Santiago, Chile, U. de Chile, Fac. Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales. Escuela de Cs. Veterinarias. 59 p.

SAENZ, L. 1999. Evaluación de la combinación de dos crioprotectores en la congelación de semen porcino. Tesis Med. Vet. Santiago, Chile, U. de Chile, Fac. Cs. Vet. y Pecuarias. 70 p.

SÁNCHEZ, R. 1994. Inseminación artificial de porcino. Gestión Veterinaria Porcina S.L. Madrid, España.

SAS. Statistical Analysis System Copyright. 1989-2006 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, SAS® Proprietary Software Release 6.12 TS020 Licensed to Universidad de Chile, site 0003329002.

SGL. Swine Genetics International. 2007. Boar training and semen collection. [en línea] Online AI Manual <<http://www.seinegenetics.com>> [consulta:24-11- 2007].

SIGNORET, J. 1972. The mating behaviour of the sow. **In:** Pig Production (Ed. by D.J.A. Cole). London, Butterworths. p. 295 -314.

SINGLETON, W. 2001. State of the art in artificial insemination of pigs in the United States. *Theriogenology* 56: 1305-1310

SOEDE, N.; WETZELS, C.; ZONDAG, W.; KEMP, B. 1995. Effects of time of insemination relative to ovulation, as determined by ultrasonography, on fertilization rate and accessory sperm count in sows. *J. Reprod. Fertil.* 104:99-106.

SOTO, G. 1997. Efecto del número de inseminaciones y la aplicación de ocitocina en la fertilidad y prolificidad de cerdas adultas. Tesis Ing. Agron. Santiago, Chile, U. de Chile, Fac. Cs. Agrarias y Forestales. 92 p.

STERLE, J.; SAFRANSKI, T. 2005. Artificial insemination in swine: breeding the female. [en línea] MU Guide University of Missouri Columbia. <<http://www.thepigsite.com/articles/2/ai-genetics-reproduction/300/artificial-insemination-in-swine-breeding-the-female> > [consulta: 24-01-2007].

STEVERINK, D; SOEDE, N; GROENLAND, G; VAN SCHIE, F; NOORDHUIZEN, J; KEMP, B. 1999. Duration of estrus in relation to reproduction results in pigs on commercial farms. J. Anim. Sci. 77 : 801-809

STRANG, G. 1970. Litter productivity in Large White pigs. Anim. Prod. 12: 225-233.

STRATMAN, F.; SELF, H. 1960. Effect of semen volume and number of sperm on fertility and embryo survival in artificially inseminated gilts. J. Anim. Sci. 19: 1081-1088.

TANTASUPARUK, W.; LUNDEHEIM, N.; DALIN, A.M.; KUNAVONGKRIT, A.; EINARSSON, S. 2000. Reproductive performance of purebred Landrace and Yorkshire sows in Thailand with special reference to seasonal influence and parity number. Theriogenology 54: 481-496.

TUMARUK, P.; TANTASUPARUK, W.; TECHAKUMPHU, M.; KUNAVONGKRIT, A. 2004. Effect of season and outdoor climate on litter size at birth in purebred Landrace and Yorkshire sows in Thailand. J. Vet. Med. Sci. 66: 477-482

USDA. United States Department Of Agriculture. 2007. Livestock and poultry: world markets and trade. [en línea]. Foreign Agricultural Series. Circular Series DLP&P 1-06. April 2007. http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2007/livestock_poultry_04-2007.pdf [consulta: 23-08-2007].

WATSON, P.; BEHAN, J.; DECUADRO-HANSEN, G.; CASSOU, B. 2001. Deep insemination of sows with reduced sperm numbers does not compromise fertility: a commercially-based field trial. Sixth Intern. Conf. Pig Reproduction, University of Missouri Columbia. p135.

WATSON, P.; BEHAN, J. 2002. Intrauterine insemination of sows with reduced sperm numbers: results of a commercially based field trial. Theriogenology 57: 1683-1693.

WEITZE, K. 2000. Update on the worldwide application of swine AI. **In:** L.A. Johnson and H.D. Guthrie (eds). Boar semen preservation IV. Allen Press, Inc., Lawrence KS. p 141-146.

WENTZ, I.; VARGAS, A.; BORTOLOZZO, F.; CASTAGNA, C. 2000. Situação atual da inseminação artificial em suínos no Brasil e viabilização econômica do emprego dessa biotécnica. **In:** Anais do III Simpósio Internacional de Inseminação Artificial em Suínos (Flores da Cunha, Brasil). p 5-12.

WIGGINS, E.; GRUMMER, R.; CASIDA, L. 1951. Minimal volume of semen and number of sperm for fertility in artificial insemination of swine. J. Anim. Sci. 10:138-143.

WILEY, R. 1993. Spermicidal effect of latex gloves during semen collection in the boar: a case report. [en línea] American Association of Swine Veterinarians. <<http://www.aasv.org/shap/issues/v1n3/v1n3p22.pdf>> [consulta: 05-01-2008]

WILSON, M.; ROZEBOOM, K.; LINDSEY, B.; WILLENBURG, K.; MATZENBACHER, T.; PETERSON, L. 2003. Androhep^R EnduraGuardTM, a long term boar semen extender with superior results. Proc. Annual Conf., Amer. Ass. Swine Veterinarians. p 279-282.

ANEXO 1**Existencias de cerdos, 1990 - 2006.**

Año	Nº de cerdos
1990	1.250.780
1991	1.225.940
1992	1.287.910
1993	1.407.486
1994	1.489.990
1995	1.485.615
1996	1.655.189
1997	1.716.881
1998	1.450.909
1999	1.633.238
2000	1.567.780
2001	2.169.654
2002	2.305.479
2003	2.165.763
2004	2.314.269
2005	2.572.017
2006	2.854.646

Fuente: Chile 2008, con antecedentes del INE.

ANEXO 2

Beneficio anual de cerdos, 1980 – 2007.

Año	Nº de animales	Año	Nº de animales
1980	697.497	1994	1.992.533
1981	797.662	1995	2.196.089
1982	821.837	1996	2.330.501
1983	831.773	1997	2.577.344
1984	827.935	1998	2.839.274
1985	926.076	1999	2.919.344
1986	1.063.762	2000	3.050.796
1987	1.246.002	2001	3.376.269
1988	1.383.607	2002	3.827.256
1989	1.570.426	2003	3.900.498
1990	1.666.679	2004	3.974.666
1991	1.700.746	2005	4.328.457
1992	1.754.811	2006	4.741.527
1993	1.844.589	2007	5.007.035

Fuente: Chile 2008, con antecedentes del INE.

ANEXO 3

Producción de carne porcina, 2000 – 2007.

Año	Ton Vara	Año	Ton Vara
1980	49.743	1994	160.814
1981	55.839	1995	172.410
1982	57.703	1996	184.698
1983	59.228	1997	208.703
1984	59.134	1998	235.014
1985	66.066	1999	243.693
1986	75.495	2000	261.477
1987	74.621	2001	303.006
1988	78.162	2002	350.721
1989	81.703	2003	365.343
1990	85.244	2004	372.845
1991	88.784	2005	410.664
1992	92.325	2006	467.866
1993	95.866	2007	498.706

Fuente: Chile 2008, con antecedentes del INE.

ANEXO 4

Exportación e importación de carne porcina, 2000 – 2006.

Año	Exportación		Importación	
	Ton	Miles USD FOB	Ton	Miles USD CIF
2000	12.982	44.851	1.854	2.331
2001	24.555	69.041	296	340
2002	45.592	105.564	584	820
2003	61.604	150.204	195	284
2004	78.797	234.599	751	1.719
2005	97.908	295.329	1.513	3.620
2006	99.670	311.551	1.513	3.620

Fuente: Elaboración del autor, 2008, según datos de INE, ODEPA.

ANEXO 5

Análisis estadísticos

----- TIPO=1 DOSIS=1 ADULTAS 3000 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	71	11.8591549	2.9046553	24.4929362
TCNV	71	11.3239437	2.7968076	24.6981766
DP	71	115.8309859	1.1830459	1.0213553

----- TIPO=1 DOSIS=2 ADULTAS 4500 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	77	11.4415584	3.4046930	29.7572486
TCNV	77	10.9610390	3.3302503	30.3826157
DP	77	115.7272727	1.6111157	1.3921660

----- TIPO=2 DOSIS=1 CHANCHILLAS 3000-----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	19	10.5263158	1.6454794	15.6320540
TCNV	19	10.2105263	1.8128844	17.7550530
DP	19	115.0526316	0.9703198	0.8433703

----- TIPO=2 DOSIS=2 CHANCHILLAS 4500-----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	19	10.2631579	3.0703258	29.9159951
TCNV	19	9.8421053	3.1668975	32.1770334
DP	19	116.5263158	7.0345846	6.0369064

----- NOP=. DOSIS=2 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	0	.	.	.
TCNV	0	.	.	.
DP	0	.	.	.

----- NOP=1 DOSIS=1 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	19	10.5263158	1.6454794	15.6320540
TCNV	19	10.2105263	1.8128844	17.7550530
DP	19	115.0526316	0.9703198	0.8433703

----- NOP=1 DOSIS=2 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	19	10.2631579	3.0703258	29.9159951
TCNV	19	9.8421053	3.1668975	32.1770334
DP	19	116.5263158	7.0345846	6.0369064

----- NOP=2 DOSIS=1 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	24	12.2500000	2.9672121	24.2221398
TCNV	24	11.7916667	2.8586888	24.2432969
DP	24	116.3333333	0.9630868	0.8278683

----- NOP=2 DOSIS=2 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	18	9.9444444	3.7017043	37.2238417
TCNV	18	9.7777778	3.6389325	37.2163556
DP	18	115.5555556	1.5038078	1.3013721

----- NOP=3 DOSIS=1 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	14	11.6428571	3.1035251	26.6560439
TCNV	14	11.0714286	2.9211243	26.3843483
DP	14	115.0714286	1.2066665	1.0486239

----- NOP=3 DOSIS=2 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	24	11.9583333	3.2097564	26.8411686
TCNV	24	11.4583333	3.3359591	29.1138250
DP	24	115.3333333	1.3405601	1.1623354

----- NOP=4 DOSIS=1 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	14	11.7857143	2.9135907	24.7213760
TCNV	14	11.5000000	2.7942248	24.2976071
DP	14	115.7142857	1.3827827	1.1949974

----- NOP=4 DOSIS=2 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	13	11.3076923	3.7943953	33.5558770
TCNV	13	10.9230769	3.4268921	31.3729562
DP	13	116.0000000	1.7320508	1.4931472

----- NOP=5 DOSIS=1 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	7	12.4285714	3.4086724	27.4260999
TCNV	7	11.2857143	3.6384193	32.2391586
DP	7	115.5714286	1.3972763	1.2090153

----- NOP=5 DOSIS=2 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	11	12.5454545	3.3275708	26.5241149
TCNV	11	11.7272727	3.2585552	27.7861294
DP	11	115.7272727	0.6466698	0.5587877

----- NOP=6 DOSIS=1 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	8	11.5000000	2.7255406	23.7003528
TCNV	8	10.7500000	2.4348658	22.6499144
DP	8	116.0000000	0.7559289	0.6516629

----- NOP=6 DOSIS=2 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	8	12.3750000	1.5059406	12.1692171
TCNV	8	11.7500000	1.4880476	12.6642350
DP	8	116.7500000	2.9640706	2.5388185

----- NOP=7 DOSIS=1 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	4	10.2500000	2.0615528	20.1127104
TCNV	4	10.0000000	1.8257419	18.2574186
DP	4	116.0000000	0.8164966	0.7038764

----- NOP=7 DOSIS=2 -----

Variable	N	Mean	Std Dev	CV
TCNT	3	10.3333333	4.5092498	43.6379008
TCNV	3	9.3333333	4.9328829	52.8523164
DP	3	116.0000000	1.0000000	0.8620690

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
NOP	7	1 2 3 4 5 6 7
DOSIS	2	1 2

Number of observations in data set = 222

NOTE: All dependent variable are consistent with respect to the presence or absence of missing values. However only 186 observations can be used in this analysis.

Tesis Francisco Lorenzo 6
15:26 Friday, June 11, 2004

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: TCNT

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	13	143.23131740	1.18	0.2948
Error	172	1600.89771486		
Corrected Total	185	1744.12903226		
	R-Square	C.V.	TCNT Mean	
	0.082122	26.79196	11.3870968	

Source	DF	Type I SS	F Value	Pr > F
NOP	6	82.34566760	1.47	0.1895
DOSIS	1	11.16470509	1.20	0.2749
NOP*DOSIS	6	49.72094471	0.89	0.5033

Source	DF	Type III SS	F Value	Pr > F
NOP	6	80.77129642	1.45	0.1996
DOSIS	1	1.79126107	0.19	0.6614
NOP*DOSIS	6	49.72094471	0.89	0.5033

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: TCNV

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	13	110.10554363	0.93	0.5214
Error	172	1563.34069293		
Corrected Total	185	1673.44623656		

R-Square	C.V.	TCNV Mean
0.065796	27.63716	10.9086022

Source	DF	Type I SS	F Value	Pr > F
NOP	6	57.93662921	1.06	0.3871
DOSIS	1	8.76195388	0.96	0.3276
NOP*DOSIS	6	43.40696054	0.80	0.5743

Source	DF	Type III SS	F Value	Pr > F
NOP	6	55.10529989	1.01	0.4202
DOSIS	1	2.11019643	0.23	0.6305
NOP*DOSIS	6	43.40696054	0.80	0.5743

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: DP

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	13	49.98522577	0.56	0.8805
Error	172	1173.97713982		
Corrected Total	185	1223.96236559		

R-Square	C.V.	DP Mean
0.040839	2.256491	115.779570

Source	DF	Type I SS	F Value	Pr > F
NOP	6	19.62074766	0.48	0.8233
DOSIS	1	4.26455978	0.62	0.4304
NOP*DOSIS	6	26.09991834	0.64	0.7002

Source	DF	Type III SS	F Value	Pr > F
NOP	6	19.33270041	0.47	0.8284
DOSIS	1	3.01743552	0.44	0.5070
NOP*DOSIS	6	26.09991834	0.64	0.7002

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
porcentaje	12	0,74	0,43	7,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	592,39	6	98,73	2,39	0,1786
nop	577,20	5	115,44	2,80	0,1418
dosis	15,19	1	15,19	0,37	0,5706
Error	206,43	5	41,29		
Total	798,83	11			

Medias ajustadas y número de observaciones

Error: 41,2867 gl: 5

nop	Medias	n
6	78,57	2
3	81,75	2
2	82,44	2
4	85,90	2
1	88,64	2
5	100,00	2