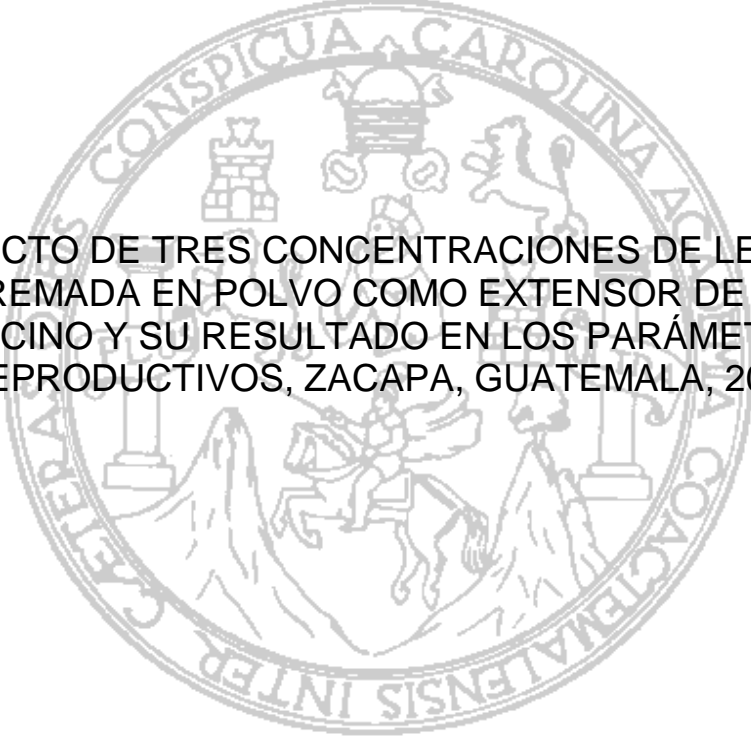


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
ZOOTECNIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a knight on horseback, holding a shield and a sword. Above the knight is a crown. The seal is surrounded by a Latin inscription: "UNIVERSITAS CONSPICUA CAROLINA ACQUILA COACTEMALENSIS INTER CAETERA".

EFFECTO DE TRES CONCENTRACIONES DE LECHE
DESCREMADA EN POLVO COMO EXTENSOR DE SEMEN
PORCINO Y SU RESULTADO EN LOS PARÁMETROS
REPRODUCTIVOS, ZACAPA, GUATEMALA, 2022

PEDRO JULIO ORELLANA VELÁSQUEZ

CHIQUIMULA, GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
ZOOTECNIA

EFFECTO DE TRES CONCENTRACIONES DE LECHE
DESCREMADA EN POLVO COMO EXTENSOR DE SEMEN
PORCINO Y SU RESULTADO EN LOS PARÁMETROS
REPRODUCTIVOS, ZACAPA, GUATEMALA, 2022

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

PEDRO JULIO ORELLANA VELÁSQUEZ

Al conferírsele el título de

ZOOTECNISTA

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUMULA, GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2022

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
ZOOTECNIA**



**RECTOR
M.A. WALTER RAMIRO MAZARIEGOS BIOLIS**

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Lic. Zoot. Merlin Wilfrido Osorio López
Representante de Profesores:	M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Representante de Profesores:	M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén
Representante de Graduados:	Ing. Agr. Henry Estuardo Velásquez Guzmán
Representante de Estudiantes:	A.T. Zoila Lucrecia Argueta Ramos
Representante de Estudiantes:	Br. Juan Carlos Lemus López
Secretaria:	Licda. Yessica Azucena Oliva Monroy

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M.Sc. Carlos Leonel Cerna Ramírez
Coordinador de Carrera:	Dr. Alejandro José Linares Díaz

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Secretario:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Vocal:	Lic. Zoot. Luis Eliseo Vásquez Chegüén

TERNA EVALUADORA

M.A. Med.Vet. Yeri Edgardo Véliz Porras
M.A. Med.Vet. Ligia Anaité González Quiñónez
Lic. Zoot. Edgardo Augusto Menéndez López

Chiquimula, 16 de septiembre de 2022

Señores Miembros
Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Su despacho

Respetables señores:

En cumplimiento a lo establecido en las normas del Centro Universitario de Oriente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes, el trabajo de graduación titulado.

**EFFECTO DE TRES CONCENTRACIONES DE LECHE DESCREMADA EN POLVO
COMO EXTENSOR DE SEMEN PORCINO Y SU RESULTADO EN LOS
PARÁMETROS REPRODUCTIVOS, ZACAPA, GUATEMALA.**

Como requisito previo a optar al título profesional de Zootecnista en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo de investigación, llene los requisitos para su aprobación.

Atentamente.


TUPP. Pedro Julio Orellana Velásquez

Ref. MWOL-002-2022
Chiquimula, 02 de septiembre de 2022

Señor Director
Centro Universitario de Oriente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

En atención a la designación efectuada por la Comisión de Trabajos de Graduación, para asesorar al estudiante **Pedro Julio Orellana Velásquez**, registro académico **200340319**, en el trabajo de graduación denominado, **“EFECTO DE TRES CONCENTRACIONES DE LECHE DESCREMADA EN POLVO COMO EXTENSOR DE SEMEN PORCINO Y SU RESULTADO EN LOS PARÁMETROS REPRODUCTIVOS, ZACAPA, GUATEMALA, 2022”**, tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a revisar y orientar al sustentante sobre el contenido de dicho trabajo.

En ese sentido, la investigación: presenta una diversificación de opciones funcionales de acceso a una tecnología innovadora y que contribuya a la economía de los productores en el área porcina.

Por las razones anteriormente expuestas, en mi opinión la presente investigación reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual recomiendo su aprobación para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Zootecnista en el grado académico de Licenciado.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Lic. Zoot. Merlin Wilfrido Osorio López
Profesor Titular
Asesor Principal del Trabajo de Graduación
Carrera Zootecnia -CUNORI-



EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO **HACE CONSTAR QUE:** Conoció el documento de la investigación que efectuó el estudiante **PEDRO JULIO ORELLANA VELÁSQUEZ** titulado **“EFECTO DE TRES CONCENTRACIONES DE LECHE DESCREMADA EN POLVO COMO EXTENSOR DE SEMEN PORCINO Y SU RESULTADO EN LOS PARÁMETROS REPRODUCTIVOS, ZACAPA, GUATEMALA, 2022”**, trabajo que cuenta con la aprobación de la Comisión de Trabajos de graduación de la carrera de Zootecnia. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como Trabajo de Graduación, a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **LICENCIADO ZOOTECNISTA.**

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a veintisiete de septiembre de dos mil veintidós.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Lic. Zoot. Merlin Wilfrido Osorio López
DIRECTOR
CUNORI – USAC



ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MI FAMILIA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

AL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE

A LA CARRERA DE ZOOTECNIA

A MIS ASESORES DE TESIS

A LOS CATEDRÁTICOS DE LA CARRERA DE ZOOTECNIA

A MIS AMIGOS

A TODAS LAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA FORMA FUERON PARTE DE ESTE PROCESO

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por sus constantes bendiciones, su compañía en cada paso y por las metas y logros que he obtenido.

A MIS PADRES:

Alma Verónica Velásquez Estrada, que con su amor de madre y su apoyo incondicional, nunca me permitió rendirme. Byron Francisco Orellana Urzúa, por ser ese ejemplo de constancia y de trabajo duro para alcanzar las metas propuestas.

A MI ESPOSA E HIJOS:

Jamela Navas, Julia Orellana y Pedro Orellana, que con su amor incondicional y paciencia, nunca me dejaron desmayar y me enseñaron que todo en esta vida tiene un propósito y una solución.

A MIS HERMANOS:

Edna Orellana y Byron Orellana, que a pesar de los momentos difíciles de la vida, siempre han estado con su amor para alentarme a seguir adelante con todas las metas que nos trazamos.

A MIS ASESORES:

Licenciado Merlin Osorio, Licenciado Luis Vásquez y Licenciado Pablo Morales, por su tiempo, paciencia, consejos y dedicación en apoyarme a lo largo de la investigación.

A MIS CATEDRÁTICOS:

Por todas sus enseñanzas y los buenos momentos compartidos a lo largo de la carrera.

AL CENTRO UNIVERSITARIO
DE ORIENTE:

Por permitirme formarme como profesional.

A LA CARRERA DE ZOOTECNIA:

Por todas las enseñanzas, vivencias y buenos recuerdos que me acompañarán a lo largo de mi vida. Agradezco a la Licenciada Sofía Huelches, por su apoyo y su paciencia.

A MIS AMIGOS:

Que a pesar de tomar caminos diferentes, siempre contamos el uno con el otro, especialmente al Licenciado Fernando Navas. Gracias por todo tu apoyo.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
III.	JUSTIFICACIÓN	3
IV.	OBJETIVOS	4
	4.1 General	4
	4.2 Específicos	4
V.	HIPOTESIS	5
VI.	MARCO TEÓRICO	6
	6.1 Origen del cerdo	6
	6.2 Sistema de producción porcícola de Guatemala	6
	6.3 Verraco	7
	6.3.1 Tracto reproductivo del verraco	7
	6.3.2 Composición del semen de verraco	7
	6.3.3 Selección de verracos	8
	6.3.4 Entrenamiento del verraco y puesta en servicio	9
	6.4 Hembra	9
	6.4.1 Tracto reproductivo de la hembra	9
	6.4.2 Anatomía topográfica de la hembra	10
	6.5 Inseminación artificial	10
	6.5.1 Ventajas de la inseminación artificial	11
	6.5.2 Desventajas de la inseminación artificial	12
	6.5.3 Procedimiento de recolección de semen	12
	6.5.4 Instalaciones para la colecta	13
	6.5.5 Recolección del semen	13
	6.5.6 Eyaculado	14
	6.5.7 Evaluación del semen	15

6.6.	Preparación de dosis seminales	20
6.6.1	Cálculo de dosis y su preparación	20
6.6.2	Dilución del semen	20
6.6.3	Diluyentes seminales	21
6.6.4	Tipos de diluyentes más utilizados	22
6.6.5	Envasado del semen diluido	25
6.6.6	Almacenamiento y conservación del semen diluido	26
6.6.7	Transporte del semen diluido	26
6.7	Detección del celo e inseminación artificial de la hembra	27
6.7.1	Etapas del celo de la hembra	28
6.7.2	Momento adecuado para realizar la inseminación artificial	29
6.7.3	Preparación de la cerda para la inseminación artificial	30
6.7.4	Manejo de la hembra después de la inseminación artificial	31
VII.	MARCO METODOLÓGICO	32
7.1	Localización	32
7.2	Zona de vida	32
7.3	Tipo de investigación	33
7.4	Población y muestra	34
7.5	Materiales	34
7.6	Técnicas de observación	35
7.6.1	Pruebas de laboratorio y campo	35
7.7	Manejo del experimento	36
7.7.1	Colecta del semen	36
7.7.2	Preparación de las dosis seminales	37
7.7.3	Preparación de la hembra a inseminar	38
7.7.4	Procedimiento de inseminación	38
7.7.5	Manejo de la cerda post inseminación	39

7.7.6	Traslado de hembra al área de maternidad	39
7.7.7	Parto de la hembra	40
7.8	Técnicas de recolección y análisis de datos	40
7.8.1	Tamaño de las unidades experimentales	40
7.8.2	Variables medidas	40
7.8.3	Variables evaluadas	40
7.8.4	Tratamientos	41
7.8.5	Modelo experimental	41
7.8.6	Análisis estadístico	42
VIII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
IX.	CONCLUSIONES	49
X.	RECOMENDACIONES	50
XI.	REFERENCIAS	51
XII.	APÉNDICES	55

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
En el texto		
1	Composición del semen de verraco	8
2	Características del semen de verraco	16
3	Composición del diluyente Beltsville Thawing Solution (BTS)	23
4	Características nutricionales de 100 g de la leche descremada en polvo	25
5	Efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022	43
En Apéndices		
1A	Análisis de varianza para la variable Número de concepciones, del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022	56
2A	Análisis de varianza para la variable Nacidos totales (vivos, muertos, momias, descartes), del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022	56
3A	Análisis de varianza para la variable Nacidos totales (vivos), del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022	56
4A	Análisis de varianza para la variable Nacidos totales (muertos), del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022	57

5A	Análisis de varianza para la variable Nacidos totales (momias), del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022	57
6A	Análisis de varianza para la variable Nacidos totales (descartes), del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022	57

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
En Apéndices		
1A	Número de concepciones por tratamiento del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022	58
2A	Nacidos totales (vivos, muertos, momias, descartes), por tratamiento del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022	58
3A	Nacidos totales (vivos), por tratamiento del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022	59
4A	Nacidos totales (muertos), por tratamiento del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022	59
5A	Nacidos totales (momias), por tratamiento del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022	60
6A	Nacidos totales (descartes), por tratamiento del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022	60

RESUMEN

Orellana Velásquez, P.J. 2022. Efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos. Zacapa, Guatemala. Tesis Lic. Zoot. Chiquimula, Guatemala, USAC. 60 p.

El propósito de la presente investigación es evaluar el potencial del uso de la leche descremada en polvo como extensor de semen porcino, en las instalaciones de Agropecuaria Orellana Velásquez, S.A., Río Hondo, Zacapa, ubicada en una zona de vida de Bosque Seco Subtropical, con temperaturas promedio anuales de: mínima 19 °C, máxima 33 °C, media de 28 °C.

Los materiales utilizados fueron dosis de leche descremada en polvo (75, 125 y 175 gr/litro de agua desmineralizada) y un diluyente comercial como testigo. La investigación duró 117 días, realizándose una fase preexperimental de tres días y una experimental de 114; se utilizaron 24 cerdas de raza Daland en edad reproductiva entre segundo y tercer parto, con peso promedio de 185.0 Kg (\pm) 10.0 Kg, con una condición corporal valorada en 2.5 a 3.

Las hembras estuvieron distribuidas en un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y seis repeticiones.

En términos generales, el mejor comportamiento reproductivo lo presentó el tratamiento T3 (125 g de leche descremada en polvo), porque presenta el mejor número de nacidos totales (vivos y muertos) con una media de 13.67 lechones/hembra y un 100% de tasa de preñez.

Palabras clave: leche descremada en polvo, extensor de semen porcino, semen de cerdo, amoxicilina.

I. INTRODUCCIÓN

El uso de la inseminación artificial (I.A.) en cerdos ha ido en aumento en los últimos años, ya que esta aporta mejoramiento genético a través de la selección de buena progenie; así como también la reducción del número de verracos, ya que al ocupar I.A. se diluye el eyaculado de un cerdo en varias dosis para inseminar muchas más hembras, traduciendo esto, en una reducción de costos en el mantenimiento de alimentación y cuidado de numerosos machos, obteniendo así resultados comparables o superiores a una monta natural, además del control de enfermedades de transmisión sexual.

Las características propias del eyaculado de los cerdos como la motilidad espermática y la aglutinación influyen negativamente en la conservación de este por más de 24 horas, por lo cual, en el mercado existen diferentes tipos de diluyentes que van desde corta, mediana y larga duración que ayudan a evitar el desbalance en cualquiera de las características del semen ya mencionadas y así mismo aumentar el volumen de este para conservarlo por mucho más tiempo. Sin embargo, hay otras alternativas al diluyente comercial, como lo puede ser la leche descremada en polvo, ya que esta es de fácil acceso y puede ser una alternativa de bajo costo.

En el presente trabajo se evaluó el uso de diferentes concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino, proveyendo así un medio a los espermatozoides donde pueden mantenerse viables y aumentar el volumen del eyaculado para inseminar varias hembras; para medir la capacidad de fertilidad de este, en función de tasa de parto y número de lechones nacidos totales, contra un diluyente comercial.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La intensificación de la producción porcina en el país, especialmente en las zonas centro, sur y oriente, ha obligado a la generalización del uso del método de inseminación artificial tanto en productores medianos como grandes, pues esta permite hacer un uso más eficiente de los machos reproductores.

Sin embargo, a pesar de la relativa facilidad del uso del método de inseminación en la producción porcina, este afronta aún muchos problemas, principalmente en la etapa de proveer un medio adecuado para la extensión del volumen del eyaculado, para optimizar así el mismo y cubrir más hembras, debido entre otras cosas, a la centralización, poca distribución y difícil transporte de los insumos necesarios para la inseminación artificial, a las áreas rurales, que es donde generalmente se desarrollan las explotaciones porcinas.

En el caso de Guatemala, la mayoría de los centros y tiendas especializadas en la venta y abastecimiento de insumos para la inseminación artificial, no se encuentran disponibles en las áreas rurales, únicamente en la ciudad capital y algunas ciudades; ello permite que existan retrasos en las entregas de estos.

Se han efectuado algunas investigaciones con fuentes agregadas como leche en diferentes presentaciones, para extender el volumen y la vida útil del semen, sin embargo, se desconoce si el uso de estos afecta directamente, la concepción y, principalmente, en el número de lechones totales nacidos por camada, a partir del uso de extensores convencionales como la leche en polvo descremada.

III. JUSTIFICACIÓN

Es recurrente que los centros de venta y abastecimiento de insumos utilizados para realizar la inseminación artificial porcina ocasionen retrasos, incluso pérdidas, en el despacho, la entrega y distribución de estos. Estas deficiencias pueden ser subsanadas al agregar extensores del semen porcino a nivel de finca, siendo la leche descremada un producto de fácil acceso, disponible en la mayoría de las tiendas a nivel urbano y rural, en su presentación en polvo, lo que ofrece una buena alternativa para aumentar el volumen del semen porcino.

Resulta entonces importante, investigar el efecto que puede ocasionar la dilución del semen porcino con leche descremada en polvo en diferentes concentraciones sobre la reproducción expresadas en la tasa de parto y cantidad de los lechones nacidos totales. Este tipo de investigación permite diversificar las opciones funcionales de acceso a una tecnología cada vez más común.

Otro beneficio agregado es que, al aumentar o extender el volumen del eyaculado de un verraco, agregando un medio económico y accesible como la leche descremada, el costo de mantenimiento y alimentación del animal, se reduce, ya que este se distribuye en varias dosis, cubriendo mayor número de hembras, superando así el número de cubrimientos, comparado con la monta natural.

IV. OBJETIVOS

4.1 General

Evaluar el efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino en función de parámetros reproductivos, contra un diluyente comercial.

4.2 Específicos

- Determinar el efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino, sobre la tasa de parto de cerdas inseminadas, contra un diluyente comercial.
- Determinar el efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino, sobre el número de lechones nacidos totales, contra un diluyente comercial.

V. HIPÓTESIS

El uso de tres concentraciones de leche descremada en polvo en la dilución de semen porcino no tiene efecto sobre la tasa de parto y el número de lechones nacidos totales, contra un diluyente comercial.

VI. MARCO TEÓRICO

6.1 Origen del cerdo

Procede del cruce de dos especies de cerdos, una el jabalí europeo *Sus scrofa*, y otra el cerdo de las indias *Sus vittatus*. Ambos cerdos eran gregarios, formaban manadas, se alimentaban básicamente de raíces y bellotas de ciertas plantas como el Roble y la Haya, también se alimentaban de algunos forrajes. Casi no padecían de enfermedades infecciosas ni parasitarias (Espino, 2008).

6.2 Sistema de producción porcícola de Guatemala

El sector de ganado porcino está orientado a la producción de carne. La Porcicultura tecnificada en Guatemala, representa actualmente el 43% de la población de cerdos, ha cobrado relevancia en los últimos años, con la implementación de nuevas prácticas de manejo, instalaciones, mejoramiento genético, alimentación, etc. Produciendo alimento proteico de alto valor nutritivo, higiénico y versátil que la hace tener perspectivas similares a la avicultura. Lo que en general se ignora en el campo es que la carne de cerdo es un alimento nutritivo, fuente de vitaminas del complejo B y minerales. Una de sus altas virtudes es su alto contenido de potasio, lo que la convierte en ideal para las personas afectadas de hipertensión. Además, la carne de cerdo posee más grasas “deseables”, llamadas insaturadas (65%), que grasas “indeseables”, conocidas como saturadas (35%), lo que es muy apreciado en un alimento. También es rica en ácido linoleico que neutraliza los efectos negativos del ácido palmítico, que es una grasa saturada (Castillo, 2008).

Actualmente esta actividad genera 10.000 empleos directos y 60.000 empleos indirectos, aportando el 1.7% al producto interno bruto (PIB) y el 15.80% al producto interno bruto agrícola (PIBA). La función social de la porcicultura es de nutrición familiar y comunal, así como una fuente de ahorro a nivel rural en Guatemala (Espino, 2008).

6.3 Verraco

6.3.1 Tracto reproductivo del verraco

Los principales órganos internos son los testículos, el epidídimo, los conductos deferentes y las glándulas accesorias. El pene por su parte es un órgano externo, junto con el escroto que es el saco que envuelve los testículos. Los testículos producen espermatozoides y liberan a la sangre hormonas sexuales masculinas (testosterona). Un sistema de conductos que incluyen el epidídimo y los conductos deferentes almacenan los espermatozoides y los conducen al exterior a través de la uretra peniana (Torrentes et al., 2013).

6.3.2 Composición del semen de verraco

El plasma espermático sirve como vehículo para los espermatozoides, pero su importancia radica especialmente en que contiene sustancias con sales minerales (calcio, sodio, potasio, fósforo), nitrógeno, fosfatasas, albúminas, proteínas, fructosa, ácido láctico, ácido cítrico, que condicionan la actividad funcional de los espermatozoides, su maduración, respiración y su movilidad. Los espermatozoides, están compuestos por prótidos, varias sustancias minerales, algunas fosfatasas, varias enzimas intermediarias de la fructuólisis y otras enzimas, entre las cuales la hialuronidasa ataca el gel que une las células del oóforo al ovocito y por quedar así descubierta, penetra el nematosperma fecundante (Najarro, 2004).

En la tabla 1 se presenta la composición promedio del plasma seminal, que suministra los nutrientes necesarios para mantener la actividad metabólica de los espermatozoides.

Tabla 1. Composición del semen del verraco

COMPONENTE	CANTIDAD
Volumen del eyaculado (ml)	250 (150-500)
Espermatozoides (millones/ml)	100 (25-300)
pH	7.5 (7.3-7.9)
Agua (g/100ml)	95 (94-98)
Sodio (mg/100ml)	660 (290-850)
Potasio (mg/100ml)	260 (90-410)
Calcio (mg/100ml)	Inositol (mg/100ml)
Fósforo (mg/100ml)	66
Nitrógeno (mg/100ml)	615 (335-765)
Magnesio (mg/100ml)	11 (5-15)
Cloruro (mg/100ml)	330 (150-430)
Zinc (microgramos/100ml)	31.8 (7.8-78)
Fructosa (mg/100ml)	12 (2-25)
Ácido Cítrico (mg/100ml)	140 (30-330)
Ácido Láctico (mg/100ml)	30

Fuente: González A., 2008

6.3.3 Selección de verracos

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

- Tasa de crecimiento
- Tasa de conversión de alimentos
- Medida ultrasónica del espesor de la grasa dorsal
- Calidad de los aplomos
- No portadores de características genéticas indeseables (atresia anal, hernias inguinales y umbilical, libido reducida) (Torrentes et al., 2013).

Los verracos así seleccionados son entonces entrenados para montar maniqués, extraer el semen y estudiar su conducta sexual. La calidad y cantidad espermática, así como la fertilidad son criterios de selección recomendados (Torrentes et al., 2013).

6.3.4 Entrenamiento del verraco y puesta en servicio

El entrenamiento del verraco consiste en hacerlo montar un maniquí o potro y de esa manera poder extraerle semen. Cuando se inicia el entrenamiento es recomendable utilizar un potro móvil ya que los movimientos estimulan al verraco joven, posteriormente es más fácil trabajar con un potro fijo, el cual deben ser lo bastante cómodo para no dañarlo. El potro debe ser impregnado con olores que estimulen su libido como orines de cerda en celo, orines, porción gelatinosa de otro verraco, etc. El entrenamiento del verraco se inicia a partir de las 26 semanas de edad, realizándolo todos los días en sesiones de 10 a 15 minutos hasta obtener la primera colecta. Después de la primera colecta se realizan colectas más espaciadas, como mínimo cada 4 días. Es importante que todo el proceso de entrenamiento sea bajo supervisión del encargado de los verracos para que no se golpeen y adquieran miedo frente al potro. La puesta en servicio del verraco es a partir de las 30 semanas, cuando ya se ha evaluado su calidad espermática (Veliz y González, 2016).

6.4 Hembra

6.4.1 Tracto reproductivo de la hembra

El aparato reproductor de la cerda (*Sus scrofa domesticus*) presenta dos ovarios en forma de racimos de uva, que son capaces de madurar un gran número de folículos, la bolsa ovárica es bien desarrollada y encierra completamente al ovario, el oviducto se divide en tres partes y es donde se lleva a cabo la fecundación de los óvulos, el útero es bicornual, los cuernos son largos y el cuerpo es corto, el cérvix es más largo que el cuerpo del útero y los anillos cervicales tienen forma de espiral, la vagina es larga y es la que comunica al cérvix con la vulva (Torrentes et al., 2013).

6.4.2 Anatomía topográfica de la hembra

En la hembra, por su parte, sólo la vagina y el vestíbulo vaginal se alojan en la cavidad pelviana, ya que otros órganos genitales como los ovarios, las trompas uterinas y el útero, quedan topografiados en la cavidad abdominal. No obstante, la cavidad pelviana es la referencia principal del canal del parto. Los ovarios se sitúan próximos al techo de la cavidad abdominal, suspendidos por largos ligamentos a escasos centímetros de la entrada de la pelvis y un tanto desplazados lateralmente, el infundíbulo de la trompa se sitúa próximo al extremo tubárico (craneal) del ovario, y en él se aprecia un orificio abdominal relativamente amplio, el útero se localiza en el tercio caudal de la cavidad abdominal, entremezclándose los cuernos con las asas intestinales. En la cerda gestante, en cambio, el peso de los cuernos hace que lleguen a descansar sobre el suelo de la pared abdominal, quedando el intestino situado dorsalmente al útero (Torrentes et al., 2013).

6.5 Inseminación artificial

Es un método de reproducción que consiste en obtener el semen del macho e introducirlo en el aparato reproductor de la hembra, aprovechando al máximo la función reproductora (González E., 2006).

La inseminación artificial porcina fue iniciada por Ivanov en Rusia en los primeros años del siglo XX. Posteriormente, se desarrolló su uso en la década de los 30 en las granjas estatales rusas. Esta técnica fue reintroducida en el sector porcino en el Reino Unido gracias a los trabajos desarrollados por Chris Polge (1956), facilitando la mejora genética. Pero el verdadero desarrollo y la amplia aplicación a nivel comercial de la inseminación artificial porcina se produce a partir de la década de los 80, cuando se estandarizan los protocolos de inseminación. Obviamente en esta evolución de prácticamente un siglo se han desarrollado sistemas de colecta y preparación de dosis, así como los protocolos de inseminación en condiciones comerciales (Najarro, 2004).

En la actualidad la inseminación artificial es una técnica reproductiva de aplicación en todo el mundo y se estima que de los varios millones de vientres existentes más de un 25% son inseminadas, no obstante, las diferencias son importantes según el lugar en que se utiliza. En los países europeos la aplicación de la técnica es elevada superando el 80% de las reproductoras (Holanda, Francia, Noruega, Finlandia, etc.) (González E., 2006).

La inseminación artificial tiene como desventaja el requerimiento de un nivel de manejo más elevado que en la monta natural. En esta hay mayor probabilidad que existan errores humanos, ya que cuando un verraco monta a la hembra, el semen no se expone a cambios ambientales y generalmente es depositado en la hembra más de una vez durante el momento óptimo para la fertilización. Por tal motivo la inseminación debe hacerse lo más correctamente posible y en el momento óptimo para poder obtener un alto índice de fertilidad y camadas numerosas, la detección del estro debe hacerse cuidadosamente y sin fallas. Comprar el semen permite diversidad genética lo que optimiza los sistemas de cruzamiento en las granjas más pequeñas y aumenta el progreso genético. El sistema reproductivo de la cerda se presta mejor para la inseminación artificial que el de las vacas u ovejas por lo tanto con las cerdas se ahorra tiempo y mano de obra. No obstante, para obtener buenos resultados se requiere de buenas técnicas de IA y del entendimiento del sistema reproductivo de la cerda. Las fases de Inseminación Artificial en las que se divide el trabajo de un laboratorio son: colecta del semen, evaluación seminal, dilución, envasado, conservación y evaluación de las dosis (Najarro, 2004).

6.5.1 Ventajas de la inseminación artificial

- Mejora genética en un período corto de tiempo.
- Mayor uniformidad en los lotes producidos.
- Disminución en el número de verracos.
- Ahorro en instalaciones y alimentación.
- Control en la calidad espermática.

- Menor riesgo de transmisión de enfermedades por vía sexual.
- Permite utilizar animales de diferente peso en el cruce.
- Ahorro de esfuerzo y tiempo evitando la monta natural.
- Evita el estrés de animales con problemas de corazón y con cojeras (Veliz y González, 2016).

6.5.2 Desventajas de la inseminación artificial

- Se necesita establecer un nivel elevado de manejo que puede consumir gran cantidad de tiempo si no se organiza correctamente.
- La inseminación artificial requiere que el servicio se haga correctamente y en el momento apropiado durante el estro.
- El semen fresco sin diluir debe emplearse dentro de las dos horas siguientes a la colecta.
- El semen diluido puede almacenarse solamente de 3 a 7 días.
- La higiene del equipo es esencial (González E., 2006).

6.5.3 Procedimiento de recolección de semen

a. Material de colecta

Entre el equipo mínimo para el campo requerido se encuentra:

- Potro o maniquí
- Termos de boca ancha
- Vasos de precipitado de 250 hasta de 2000 ml de boca ancha
- Gasa estéril o filtros especializados
- Hielera
- Alfombra de hule
- Guantes de látex
- Papel o toalla (Veliz y González, 2016).

De preferencia todo este equipo debe de ser desechable o que permita ser esterilizado.

b. Equipo de laboratorio

- Baño María
- Estufa
- Cámara o estufa de conservación (15^oC-18^oC)
- Microscopio
- Cristalería (Portaobjetos, cubreobjetos, Pipetas Pasteur, Cámara de Burkner)
- Agua destilada
- Termómetros
- Matraces aforados de 25 cc a 100 cc
- Diluyente de conservación
- Suero fisiológico formulado (Veliz y González, 2016).

6.5.4 Instalaciones para la colecta

El corral o sala de monta debe de ser construido con la finalidad de ser seguro para los trabajadores y para el verraco; debe tener por lo menos un área mínima de 3x3 metros, y estar rodeado de postes metálicos de 1.6 cm. de diámetro por 0.75 metros de alto, colocados a 0.3 metros de distancia de uno a otro. O bien se puede hacer una pared baja de 0.75 metros para que sean fácil de saltar para el trabajador puedan refugiarse, y así mismo al termo de recolección de semen, debe de ser un lugar cerrado para que el verraco no se distraiga y no existan corrientes de aire o luz solar directa. El potro debe de ser estable y de altura ajustable, además debe de estar perfectamente asegurado al piso al centro del corral. El piso debe de tener una superficie segura donde el verraco no se resbale (Najarro, 2004).

6.5.5 Recolección del semen

El semen es un fluido que se produce durante la eyaculación, el cual está compuesto de una fracción celular (espermatozoides) y un vehículo fluido en el que están suspendidas las células conocido como plasma seminal. Para el éxito en la colecta de semen se deben tomar en cuenta algunos factores como, preparación del material antes de entrar a la sala de colecta, preparación del

verraco, técnica a utilizar para obtener la muestra, etc. La muestra de semen se obtiene de un verraco entrenado, utilizando un maniquí con fijación manual del pene. Todo material que se utiliza debe ser estéril y a la temperatura del semen que es de 37 °C. La sala de colecta debe estar limpia antes de que, entre el verraco, dentro se encuentra el potro o maniquí, en posición fija. Antes de empezar la extracción, se debe limpiar en seco toda el área alrededor del pene y prepucio. Una vez el verraco monta el potro, se debe sostener firmemente el pene extrayéndolo en toda su longitud. El frasco de colecta deberá tener un filtro o gasa para evitar la contaminación de la muestra. La eyaculación en lo cerdos es de larga duración, de 10-15 minutos (González E, 2006).

Antes de la recolección manual de semen a un verraco es necesario estimular el lívido y preparar el prepucio. Un verraco ya entrenado generalmente no planteará ningún tipo de problema a la hora de montar sobre el potro. Sin embargo, es necesario que el potro se encuentre bien ajustado ya que no es bueno que un verraco falle en su intento. Por otro lado, el potro debe conservar un olor "que estimule" y esto se puede conseguir con semen o bien con un tejido empapado de orina de cerdas en celo. Para el prepucio, que es una fuente de contaminación, es necesario limpiarlo, masajeándolo cuidadosamente, lo que ayuda al mismo tiempo a estimular al verraco. Para evitar hacerlo con la mano se pueden utilizar 2 guantes puestos uno sobre otro, retirando el primero tras esta etapa de limpieza del prepucio para que el otro guante esté limpio durante la recogida. Utilizar sólo guantes de vinilo no empolvados (Le Coz, 2006).

6.5.6 Eyaculado

La recogida tiene una duración variable según el tipo de verraco y oscila entre los 5 a 15 minutos. Es muy importante observar bien el semen para poder definir de forma óptima las diferentes fases:

- Los primeros chorros (10 a 15 ml) corresponden a un líquido procedente de las glándulas accesorias, a menudo contaminado ya que enjuaga las vías genitales en particular en su parte terminal (pene).

- La fracción rica cuyo volumen varía entre los 50 a 150ml con un color blanco lechoso y que generalmente inicia la eyaculación.
- La fracción pobre con un volumen que puede alcanzar los 200-300 ml y que procede esencialmente de la secreción de las glándulas accesorias (próstata, vesículas seminales) (Le Coz, 2006).

El eyaculado se compone de tres fracciones:

- **Fracción pre-espermática**, es la primera emisión del eyaculado, es de origen prostática, líquido transparente con pocos espermatozoides, suele tener una carga altamente contaminante y de escaso volumen 10-15 cc aproximadamente.
- **Fracción espermática o rica en espermatozoides**, es de color blanco y muy densa, de aspecto lechoso, la cual contiene una concentración de 500.000 a 1.000.000 de espermatozoides/cc) y un volumen cercano a los 100 cc esta es la fracción que más nos interesa recolectar para la inseminación artificial.
- **Fracción post-espermática** está constituida por secreciones de las glándulas accesorias y con escasos espermatozoides, es de color blanquecino transparente, con grumos gelatinosos a lo largo de su emisión, con un volumen aproximado de 200cc cuya concentración espermática disminuye hasta 100.000 espermatozoides/cc.

Durante toda la eyaculación, sobre todo en la primera y tercera fase se expulsan unos grumos gelatinosos conocidos como tapioca, procedentes de las glándulas de Cowper que actúan como tapón para el cérvix de la cerda en condiciones de monta natural. Este gel o tapioca no interesa recoger ya que provoca la gelificación del líquido seminal (Torrentes et al., 2013).

6.5.7 Evaluación del semen

La evaluación del semen es fundamental para detectar problemas de subfertilidad e infertilidad en el verraco, consecuencia de distintos factores

que influyen sobre la calidad seminal, como los factores medioambientales, el estado nutricional, condiciones sanitarias, etcétera (Torrentes et al., 2013).

La evaluación del semen o espermiograma incluye un examen macroscópico y un microscópico.

a. Evaluación microscópica

Para poder evaluar el semen del verraco, es necesario conocer previamente los valores normales, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Características del semen de verraco

DESCRIPCION	VALOR
Volumen (ml)	50 a más
PH	6.4 - 7.6
Concentración(millones/milímetro cúbico)	0.3 - 0.4 - 0.5
Movimiento individual (%)	80-90
Anormalidades (%)	20
Aglutinaciones (+)	1-5 (+)
	5-10 (++)
	10-15 (+++)
	15-a más (++++)

Fuente: Najarro, 2004

- **Motilidad**

Para observar la motilidad se coloca una gota del eyaculado sobre un portaobjetos poniéndole encima un cubreobjetos. Tanto el porta como el cubre deben estar atemperados a 37° C.

Las muestras se observan bajo el microscopio con los objetivos 10X y 20X, evaluando dos tipos de movimiento:

Movimiento General: mediante el cálculo del porcentaje aproximado de espermatozoides que se mueven (70%, 80%, 90%...).

Movimiento Individual: de los espermatozoides que se mueven, qué tipo de movimiento predomina (0, 1, 2, 3...) (Veliz y González, 2016).

- **Aglutinaciones**

Al evaluar la motilidad espermática a veces se observan cúmulos de células más o menos grandes. Estos cúmulos se conocen como aglutinaciones espermáticas y se evalúan con cruces de la siguiente manera:

+	1-5 aglutinaciones
++	6-10 aglutinaciones
+++	11-15 aglutinaciones
++++	16-20 aglutinaciones

- **Concentración**

Es fundamental su cálculo, ya que en función de la concentración y del volumen del eyaculado, se podrá calcular el número de dosis a preparar, consiste en la determinación del número de espermatozoides por unidad de volumen. Esta determinación se puede realizar por diferentes métodos, siendo los más usuales: cámaras de recuento celular (Bürker, Neubauer, Thomas), colorimetría, sistema integrado de conteo de espermatozoides mediante microscopía de fluorescencia (Nucleocounter), sistemas automáticos de análisis de imágenes CASA (Computer Assisted Semen Analysis) (Torrentes et al., 2013).

Para el conteo se utiliza una solución espermaticida con la que se matan los espermatozoides de la muestra de semen. La solución espermaticida utilizada es:

- Cloruro de Sodio 9 gr.
- Formaldehído (al 40%) 3ml

- Agua Destilada 1000 ml

Entonces se toman 99 ml de la solución formulada y 1 ml de semen puro y se colocan en un Erlen Meyer de 100 ml. La cámara de Burker se limpia con un pedazo de gasa y se coloca un cubreobjetos limpio. Con una pipeta pasteur, se toma una muestra de la solución preparada (solución formulada combinada con semen) se coloca una gota en cada una de las cámaras, de tal forma que las dos superficies planas bajo el cubreobjetos queden completamente llenas y sin exceso de solución. La cámara se deja reposar durante un minuto antes de hacer el conteo en el microscopio. Entonces se cuentan 40 cuadros y se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Total} = (A) \times (V)$$

Dónde: A: es el número de espermatozoides contados en 40 cuadros

V: es el volumen total del eyaculado en ml.

Esta fórmula nos dará el total de espermatozoides en todo el eyaculado.

b. Evaluación macroscópica

Se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- Temperatura
- Volumen
- Consistencia, color y olor
- Impurezas

• Temperatura

Se mide la temperatura del semen en el recipiente de colecta antes de situarlo dentro del Baño María a 37°C. Comprobar que la diferencia de temperatura entre ambos no sea superior a 2° C. Si esto ocurre, se ajusta siempre la temperatura del Baño María a la temperatura del semen, nunca al revés. No mantener el eyaculado por más de 15 minutos en el Baño María para evitar daños en la membrana espermática (Veliz y González, 2016).

- **Volumen**

Se cuantifica en cc o ml. La medida se realiza con una probeta graduada estéril o con una balanza, asumiendo que 1.0 gr. de semen corresponde a 1.0 cc. Pesar antes el recipiente de colecta para restarlo del peso total.

El volumen normal de la fracción rica del eyaculado oscila entre 50-125 cc aproximadamente. Varía según la edad, tamaño testicular, raza y estado fisiológico del verraco (Veliz y González, 2016).

- **Consistencia, color y olor**

Se observa si el color blanquecino del semen es nítido, o está enturbiado con otros tonos, como marrón, rojizo o amarillento. La aparición de colores u olores anómalos puede ocurrir por alteraciones patológicas del aparato genital o por la mezcla del semen con orina durante la eyaculación (Torrentes et al., 2013).

- **Impurezas**

Dependiendo de las condiciones de la sala de colecta y el estado de salud del verraco podemos encontrar los siguientes contaminantes:

- Pelo
- Tierra
- Estiércol
- Células
- Lubricante
- Sangre
- Concentrado
- Orina
- Pus (Veliz y González, 2016)

6.6. Preparación de dosis seminales

6.6.1 Cálculo de dosis y su preparación

Una vez que la calidad de semen ha sido evaluada y se ha considerado apta para la I.A., conociendo su concentración por mm^3 , se calcula el número de dosis que se puede obtener de ese eyaculado. Se considera que la dosis mínima recomendada tiene una concentración de 3×10^9 espermatozoides, sin embargo, la de uso más corriente es de 5×10^9 espermatozoides para semen de buena calidad espermática (Veliz y González, 2016).

Entonces para el cálculo de las dosis se usa la siguiente fórmula:

$$N = \frac{(A) \times (V)}{300}$$

Donde:

N: es el número de dosis de 100 ml cada una

A: Espermatozoides contados en 40 cuadrados

V: Volumen del eyaculado en ml.

6.6.2 Dilución del semen

Después de la colección, el eyaculado debe diluirse dentro de aproximadamente 10 minutos, debido a que posteriormente su viabilidad decrece. Durante el lapso requerido para la evaluación de la concentración, motilidad y el cálculo de las dosis, el eyaculado y el diluyente deben ser mantenidos a igual temperatura, preferentemente entre 32°C y 35°C , en un baño María o en gabinete temperado. Los cambios de temperatura pueden afectar la calidad del semen, es decir, su longevidad y la fertilidad de la dosis de inseminación. La dilución debe efectuarse en forma lenta y gradual, pero cuidadosa, pues de otro modo puede afectar a las células espermáticas. Algunos minutos tras la dilución debiera efectuarse una evaluación final de la motilidad, para descartarse eyaculados con tasas de motilidad menores a 70%. La utilización de tales

dosis de semen de baja motilidad aumentaría las fallas de fertilidad (Torrentes et al, 2013).

- **Preparación del diluyente**

1. Medir 1,000 cc de agua destilada a 38-40° C con una probeta o beaker.
2. Añadir un sobre de diluyente.
3. Mezclar de forma manual o con un agitador electromagnético durante 5 minutos (Veliz y González, 2016).

6.6.3 Diluyentes seminales

El diluyente o extensor de semen no es más que una solución acuosa que permite aumentar el volumen del eyaculado y preservar la viabilidad de los espermatozoides por más tiempo, ya que un semen sin diluir tiene una viabilidad entre 2 y 24 horas después de la eyaculación, pero mediante la adición de los diluyentes esas cifras se pueden elevar considerablemente (González E., 2006).

Las peculiares particularidades que presenta el espermatozoide porcino hacen que sea muy sensible al shock por frío, produciendo una alteración en la viabilidad espermática. En concreto la composición lipídica de sus membranas parece ser la responsable de esta situación. Así, cuando se reduce la temperatura los movimientos laterales de los fosfolípidos que componen la membrana se ven reducidos y se producen separaciones de fases lipídicas, situación asociada a alteraciones irreversibles de las proteínas de las membranas. Todo hace que se altere la funcionalidad de la membrana espermática y la viabilidad celular se vea comprometida. Esta susceptibilidad al choque por frío supone en la práctica que las muestras seminales deban ser conservadas a 15-18°C, ya que una reducción en la temperatura de almacenamiento limita la viabilidad de las muestras seminales. La conservación a estas temperaturas

moderadamente reducidas limita la capacidad de almacenamiento de las muestras ya que no puede reducirse el metabolismo celular y no pueden controlarse las condiciones microbiológicas con la misma efectividad de temperaturas inferiores (5°C). Por otro lado, el efecto de dilución lleva a que determinados compuestos presentes en el plasma seminal estén en muy bajas concentraciones en el semen diluidos y alteren la viabilidad espermática, como por ejemplo la reducción de la concentración de K⁺ o de proteínas plasmáticas. Estas pérdidas deben compensarse con la adecuada formulación del diluyente, así por ejemplo la adición de albúmina sérica bovina (BSA), ya que se ha demostrado que esta adición estimula la motilidad y mejora las tasas de fertilidad del semen conservado (Najarro, 2004).

6.6.4 Tipos de diluyentes más utilizados

Los diluyentes han sido clasificados, dependiendo del tiempo de conservación:

- Diluyentes de corta duración: conservan la calidad del semen durante 1-3 días (BTS)
- Diluyentes de larga duración: son más complejos en su composición y preservan el semen hasta por 6 días (MR-A).

Algunos de los factores a considerar en la elección del diluyente es el precio y la calidad, la época del año y el tiempo de transporte del semen, así como el tiempo que pasa entre la colecta del semen y la inseminación, aunque la vida media del semen también se ve afectada por factores como la calidad de semen, frecuencia de la colecta, tasa de dilución y qué fracciones del semen se colectan (González E., 2006).

a. Diluyente Beltsville Thawing Solution (BTS)

Este es uno de los diluyentes más utilizados actualmente y su composición se describe en la tabla 3.

Tabla 3. Composición del diluyente Beltsville Thawing Solution (BTS)

DESCRIPCIÓN	CONCENTRACIÓN
Glucosa g/L	37
Citrato Sódico g/L	6.0
EDTA g/L	1.25
Bicarbonato sódico g/L	1.25
Cloruro potásico g/L	0.75
pH	7.2
Penicilina Sódica g/L	0.60
Estreptomicina sulfatada g/L	1.00

Fuente: Najarro, 2004

Este medio se caracteriza por añadir una pequeña cantidad de potasio, que permite mantener la actividad de la bomba sodio-potasio y evita la reducción de potasio intracelular que está asociada a la disminución de la motilidad. Para la preparación del diluyente, se disuelve el contenido del sobre (50 gramos) en un litro de agua destilada estéril a 30-40 °C. La solución de este diluyente puede ser almacenada por más de dos días a una temperatura de 5 °C, antes de su utilización. El polvo debe ser almacenado en una bolsa fuertemente sellada a una temperatura de 5 a 10 °C en un ambiente oscuro y seco. Para la dilución, la temperatura del diluyente debe ser ajustada a la temperatura exacta del semen y luego, se prepara el semen del verraco recién recolectado fresco a una dilución de 1:3 a 1:10 dependiendo de la cantidad y densidad del eyaculado. Se preparan las dosis de inseminación de 85 a 100 ml. El semen extendido debe ser almacenado y/o transportado a una temperatura de 16 a 18 °C (Najarro, 2004).

b. Diluyente MR-A

Este es otro de los diluyentes más utilizados actualmente y está compuesto por glucosa, EDTA, Citrato sódico, acetato potásico, aminoglucósidos y excipiente tampón. Dentro de las características de este diluyente encontramos:

- Conservación seminal de 6-7 días.
- Mantenimiento de parámetros fisicoquímicos.
- Menor degradación espermática.
- Mayor control sobre problemas de aglutinaciones del plasma seminal.
- Regulador de metabolismo celular.
- Óptima correlación entre motilidad y capacidad fecundante.
- Protector de la actividad del miometrio.
- Control microbiológico.
- Mejor transporte espermático e implantación embrionaria.
- Control de viabilidad por lote preparado (Najarro, 2004).

Para la preparación, se diluye en menos de 15 minutos post-colecta con la fracción rica del eyaculado en un rango de 1:10 a 1:25 y a una temperatura de 37°C luego se desciende paulatinamente la temperatura (3 a 5 horas) a 15°C. Después, debe conservarse en anaerobiosis a 15°C y rotarse el semen conservado cada 12 horas. Para la preparación del semen dializado con MR-A, coleccionar exclusivamente la fracción rica del eyaculado, la cual se introduce dentro de un tubo de diálisis con poros de 2 nm de diámetro. Luego se dializa en MR-A durante treinta minutos desde los 37°C hasta la temperatura ambiental. Después, se desciende desde la temperatura ambiental hasta los 15°C se diluye el semen a una proporción de 1:5 para almacenarlo a 15°C y se dosifica a concentraciones de 6×10^9 espermatozoides por ml (Najarro, 2004).

c. Características de la leche descremada en polvo.

La siguiente tabla describe las cantidades de nutrientes que aporta la leche descremada en polvo de la marca dos pinos por cada 100 gramos de la misma.

Tabla 4. Características nutricionales de 100 g de leche descremada en polvo

Descripción	Concentración de Leche descremada en polvo	
	Por 23 g	Por 100 g
Energía kJ (kcal)	364.00 (87.00)	1582.61 (378.36)
Grasa total (g)	0.30	1.30
<i>Grasa saturada</i>	0.14	0.61
<i>Grasa monosaturada</i>	0.10	0.43
<i>Grasa poliinsaturada</i>	0.06	0.26
<i>Colesterol</i>	5.00	21.74
Carbohidratos totales (g)	13.00	56.52
Sodio (mg)	131.00	569.57
Vitamina A (µg)	180.00	782.61
Vitamina D (µg)	2.50	10.87
Calcio (mg)	315.00	1369.57
Hierro (mg)	1.40	6.09
Ácido fólico (µg)	40.00	173.91

Fuente: Dos Pinos, s.f.

6.6.5 Envasado del semen diluido

Antes de envasar el semen en las botellas de inseminación artificial debe observarse una muestra al microscopio, para verificar que la dilución se llevó a cabo correctamente y que el semen está en perfecto estado. El semen se vierte suavemente dentro de las botellas, las cuales deben taparse después de desalojar el aire dentro de las mismas para evitar la presencia de oxígeno. Cada botella se identifica con el número del

verraco, la fecha y la hora de la recolección. Al inicio de la técnica de I.A. el semen se empacaba en botellas de plástico desechables. Luego de los efectos de mecanizar el condicionamiento del semen nacieron los tubos de plástico desechables; en 1994 comenzaron a realizarse las primeras inseminaciones artificiales de campo con bolsas de plástico (Najarro, 2004).

6.6.6 Almacenamiento y conservación del semen diluido

Las dosis de semen deben permanecer aproximadamente 90 minutos a temperatura de 20°C, luego deben almacenarse en una caja de aire acondicionado. El rango ideal de temperatura de almacenamiento se sitúa entre 16°C y 18°C. A esta temperatura, el metabolismo espermático y el consumo de nutrientes se reduce, conservar en anaerobiosis; por lo no se debe dejar en las botellas un espacio de aire superior al 20% de su volumen. El semen almacenado debe ser mezclado suavemente cada 12 horas, para mantener los espermatozoides en suspensión en el diluyente; las dosis seminales almacenadas previamente deben ser observadas en el microscopio (motilidad) para comprobar si guardan la suficiente viabilidad para ser utilizadas (Torrentes et al., 2013).

6.6.7 Transporte del semen diluido

El buen estado de las dosis debe de ser verificado al microscopio antes de transferirlas al campo para ser aplicadas. A cortas distancias se transportan en hieleras de duroport o plástico. Para el transporte a distancias lejanas puede manejarse este mismo tipo de hieleras conteniendo hielo gelificado, el cual deberá de estar aislado de las dosis seminales (Najarro, 2004).

El monitoreo de variaciones en la temperatura durante el transporte es de vital importancia. Para esto puede utilizarse un termómetro de máximas y mínimas o loggers los cuáles monitorean la temperatura constantemente, registrando hasta las más mínimas variaciones, aunque estos son más

caros y requieren de un programa de computación especial para coleccionar los datos. Sin embargo, el uso de un logger es de mucha ayuda para detectar los puntos de la ruta donde la temperatura es un problema. Algunos puntos que ayudan a mantener el semen fresco y viable durante el transporte incluyen:

- Minimizar el estrés físico del semen.
- Utilizar diluyentes de larga duración.
- Comercializar semen de machos de alta calidad.
- Mantener una temperatura estable en el empaque.
- Empacar suficientes refrigerantes.
- Usar doble caja (Najarro, 2004).

6.7 Detección del celo e inseminación artificial de la hembra

Actualmente la detección del celo en las explotaciones modernas se basa desde luego en el reflejo de inmovilidad pero que no se definiría como una inmovilidad ante el hombre o el verraco. El esquema clásico es tener una cerda alojada desde destete de forma individual y situada frente a un pasillo en el que tendremos a un verraco de recela que circulará de forma más o menos rápida. En el momento de la detección el cuidador se colocará detrás de la cerda apoyándose sobre el lomo de la cerda mientras el verraco se encuentra en contacto nasal con la cerda. La cerda en celo habrá intentado con anterioridad montar sobre otras cerdas para acabar encontrando al verraco, el cual iniciará un cortejo nupcial: gruñidos, golpes con el hocico para estimular primero y verificar después la inmovilidad, simulacros de salto, para finalmente realizar la monta natural (Le Coz, 2007).

Este comportamiento con sus diferentes fases se puede observar en la detección de celo en primerizas en libertad.

Para optimizar la detección del celo en cerdas alojadas en sistemas convencionales se necesitan locales adaptados, animales con buena salud y un método (Le Coz, 2007).

La manera más utilizada y efectiva para realizar la detección de celos es la visualización de los animales dos veces por día, detallando las características físicas de los genitales externos y los cambios en el comportamiento habitual.

Algunas características del celo son:

- Tumefacción y coloración intensa de la vulva
- Presencia de mucosidad en la vulva nerviosismo y pérdida de apetito
- Abundante salivación
- Gruñido característico montan y se dejan montar por otras cerdas
- Reflejo de inmovilidad (Torrentes et al., 2013).

El macho generalmente gruñirá, salivará e intentará montar a la mayoría de las hembras. En las nulíparas, el estro puede durar solamente uno o dos días, pero en las cerdas adultas el ciclo es más largo. Algunos productores recomiendan trasladar tanto a las cerdas como al macho a un corral nuevo optimizando así la detección del estro (Torrentes et al., 2013).

6.7.1 Etapas del celo de la hembra

El celo se divide en tres tiempos:

a. Tiempo antes del celo

- Vulva agrandada y enrojecida
- Nerviosismo
- Gruñidos
- Poco moco en la mucosa vaginal
- Muerde las jaulas y los comederos
- Monta otras cerdas
- Busca al verraco

- Prueba de presión dorsal negativa, solo presenta reflejo de inmovilidad al verraco

b. Tiempo de celo verdadero

- Vulva moderadamente enrojecida e hinchada
- Mucosa vaginal con moco
- Pierde apetito, a veces salivación
- Orejas paradas
- Lomo arqueado
- Ojos vidriosos
- Cola erguida y en movimiento
- Gruñido característico
- Se deja montar por otras cerdas
- Reflejo de inmovilidad presente (Prueba de presión dorsal positiva)

c. Tiempo después del celo

- Ya no existe hinchazón ni enrojecimiento de la vulva
- Reflejo de inmovilidad ya no existe (Veliz y González, 2016).

6.7.2 Momento adecuado para realizar la inseminación

Para poder realizar la cubrición de la cerda en el momento más adecuado se deben de ajustar los tiempos en que se produce la ovulación y el momento en que se inicia el celo. El mayor porcentaje de fertilidad se alcanza cuando la cerda es cubierta diez a doce horas antes de la ovulación, lo cual ocurre en promedio 24 horas después de iniciado el celo (Veliz y González, 2016).

Si se realizan dos detecciones de celo al día, podemos retrasar la primera cubrición a la mañana o tarde siguiente de la detección de celo y sucesivas cubriciones cada doce horas. (Cuando detecte celo, utilice un verraco maduro) (Veliz y González, 2016).

6.7.3 Preparación de la cerda para la inseminación artificial

La introducción de la dosis varía según el sistema escogido (inseminación clásica, post-cervical, intrauterina, auto inseminación...). En todos los casos se necesita poner atención, observar a la cerda (irritación, rechazo...) y tener paciencia, la cerda no es una máquina (Le Coz et al., 2007).

Los pasos para llevar a cabo la inseminación artificial son:

- Asegúrese de que la cerda lleva en celo por lo menos doce horas.
- Limpie la vulva con una toalla de papel.
- Coloque lubricante no espermicida, a una pulgada de la punta de la varilla o catéter de inseminar.
- Inserte la varilla, dirigiéndola en un ángulo de 45° hacia arriba, para prevenir la entrada de la uretra, siga el mismo ángulo de inclinación de la cadera de la cerda.
- Inserte la varilla con presión uniforme, si utiliza varilla de rosca gírela a la izquierda. Después que la varilla pasa dos de los cuellos cervicales encontrará mayor resistencia a la penetración. Si utiliza varilla con punta de goma no la gire, sólo inserte y luego hale de ella ligeramente para ver si la cerda lo retiene.
- Conecte la botellita del semen a la varilla y levántelo en posición invertida. Presiónela suavemente para eliminar el aire que quedó en la varilla.
- Deje fluir el semen con poca o ninguna presión sobre la botellita. La cerda debería dejar pasar el semen a su propia velocidad.
- Estimule la cerda durante la inseminación, aplíquele presión sobre el lomo, frótlela por debajo de los flancos.
- Tenga paciencia, la puesta del semen debe de llevar entre 4 a 5 minutos (Veliz y González, 2016).

6.7.4 Manejo de la hembra después de la inseminación artificial

- Anotar todo lo sucedido en una ficha control de cubriciones.
- No movilizar o mezclar a la cerda cubierta durante la fase de implantación del embrión o inmediatamente después.
- Reducir el estrés al mínimo desde el día 8 post-servicio hasta que se encuentre libre de riesgos alrededor del día 25 post-servicio.
- Las hembras cubiertas deberán observarse para verificar repeticiones, exponiéndolas a un verraco entre los 18 y 23 días post-cubrición.
- Verificar la preñez de las cerdas a partir del día 25 post-cubrición, realizando una segunda verificación 15 días después. (Veliz y González, 2016).

VII. MARCO METODOLÓGICO

7.1 Localización

El presente estudio se llevó a cabo en la granja porcina “Agropecuaria Orellana Velásquez, S.A.” de nombre comercial ORVE, S.A., localizada en el kilómetro 150.5 de la carretera CA-9 que conduce de Guatemala a Izabal, en jurisdicción de la aldea El Rosario, municipio de Río Hondo, Zacapa, en latitud 15° 05´11.6” N y longitud 89° 27´58.6 O.

La empresa tuvo sus orígenes alrededor del año 1993, como persona individual, con el nombre comercial de Porkylandia, fundada por el señor Byron Francisco Orellana Urzúa, en respuesta a la necesidad de crear fuentes de ingresos que mejorara la calidad de vida de su familia y que pudiera proporcionar empleo y desarrollo de la localidad. Sin embargo, debido a la demanda creciente de alimentos y a la necesidad de crear una empresa competitiva, el señor Orellana decidió ampliarse y crear formalmente las áreas de gestación, maternidad, destete y engorde para cambiar el enfoque de su producto y ofrecerlo como cerdo de engorde en pie, que en la actualidad compran mayoristas, los cuales acuden a las instalaciones de la empresa.

En respuesta a este crecimiento, el señor Orellana convirtió en el año 2000 su explotación en una sociedad anónima, enfocada en la producción pecuaria, que amplió la gama de productos agropecuarios que ofrece en la actualidad al mercado. Esta granja cuenta en la actualidad con 500 vientres de la línea genética Dalland.

7.2 Zona de vida

Según la clasificación de zonas de vida efectuada por De la Cruz, 1982; la unidad productiva se encuentra localizada en la zona de vida definida como Bosque Seco Subtropical, La temporada de lluvia dura 11 meses, del 24 de

marzo al 23 de febrero, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 17 de septiembre, con una acumulación total promedio de 133 milímetros. El periodo del año sin lluvia dura 1 mes, del 23 de febrero al 24 de marzo. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 14 de marzo, con una acumulación total promedio de 11 milímetros. La temporada calurosa dura 2.2 meses, del 21 de marzo al 29 de mayo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 33°C. El día más caluroso del año es el 17 de abril, con una temperatura máxima promedio de 34°C y una temperatura mínima promedio de 22°C. La temporada fresca dura 3.0 meses, del 3 de noviembre al 4 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 29 °C. El día más frío del año es el 15 de enero, con una temperatura mínima promedio de 19 °C y máxima promedio de 28 °C. (Weather Spark, s.f.)

7.3 Tipo de investigación

La investigación tiene el objetivo superior de generar conocimiento que permita el avance científico en cualquiera de las áreas en que esta se desarrolle. Por tanto, de acuerdo con el enfoque de la presente investigación, esta se enmarcó en el tipo de investigación aplicada, tecnológica y cuantitativa, que persigue generar conocimientos que se puedan poner en práctica en el sector productivo porcino nacional, con el objeto de impulsar un impacto positivo en la práctica cotidiana reproductiva.

La investigación científica aplicada tiene además, fines predictivos, pues a través de ella se puede medir ciertas variables que puedan ser útiles al sector y que de acuerdo a su nivel de profundización cuantitativa, interioriza en los fenómenos a través de la recopilación de datos; el uso de herramientas estadísticas e informáticas para medir los mismos, permite formular conclusiones generalizadas que pueden ser proyectadas en el tiempo, todo esto dentro del marco del enfoque cuantitativo que representa.

7.4 Población y muestra

La población, para la cual fueron válidas las observaciones obtenidas de la presente investigación, está constituida por todas las hembras porcinas en edad reproductiva, aptas para ser inseminadas; de cuyo universo se obtuvo la muestra que está conformada por 24 cerdas de la línea genética Dalland, en edad reproductiva entre el segundo y tercer parto, con un peso promedio de 185 kg más menos (\pm) 10 kilogramos; con una condición corporal valorada en 2.5 a 3 donde la pelvis y los huesos de la columna vertebral no son visibles y se aprecian con dificultad mediante la palpación.

7.5 Materiales

- **Recursos biológicos**

- Verracos

- **Equipo de laboratorio y de campo**

- Microscopio
- Láminas porta objetos
- Láminas cubre objetos
- Baño María
- Cámara de conservación
- Contador cámara de Burkner
- Toallas de papel desechable
- Botellas de inseminación artificial porcina de 100 ml de capacidad
- Termómetro
- Agua destilada
- Cloruro de sodio
- Leche descremada en polvo
- Termo colector
- Hielera
- Gasa
- Potro

- Alfombra de hule
- Guantes libres de talco

7.6 Técnicas de observación

7.6.1 Pruebas de laboratorio y campo

La metodología para la ejecución de la presente investigación parte de las observaciones generadas en la investigación llevada a cabo por M.V. Eddy Estuardo González Cojulún (2006), quien al evaluar la leche descremada en polvo como extensor del semen determinó que en los intervalos que utilizó, la concentración de 75 y 100 gramos de leche por litro de agua fueron la concentraciones de mejor respuesta; en tal sentido se han elegido las concentraciones de 75, 125 y 175 gramos de leche descremada por tratamiento y actuando como testigo la dilución comercial conocida Androstar Plus de la empresa Minitube.

La fase preliminar se desarrolló a nivel de laboratorio, donde el experimento se orientó a elaborar las tres diluciones de semen de 75, 125, 175 gramos de leche descremada en polvo, comparadas contra las dosis seminales del tratamiento testigo.

La prueba de campo se efectuó *in vivo*, en donde mediante inseminación artificial se cubrieron 24 cerdas de entre segundo y tercer parto, las cuales fueron inseminadas con las dosis seminales de los tratamientos y cuyo efecto fue evaluado mediante el número de lechones neonatos por tratamiento.

7.7 Manejo del experimento

7.7.1 Colecta del semen

La colecta se hizo llevando el verraco al corral de extracción donde este montó el maniquí simulando a la hembra. Cuando el verraco inició a desenvainar el pene, se sostuvo él mismo y se le aplicó presión cuidadosamente con los dedos y posteriormente el eyaculado fue depositado en un termo colector limpio, estéril, con su respectivo filtro para evitar obtener partes del eyaculado no deseado. El eyaculado obtenido se transportó al laboratorio donde se midió el volumen, se tomó la temperatura de este para así graduar el baño maría a la misma temperatura para depositarlo en este (temperatura que oscila entre los 38°C a 38.5°C), posteriormente se hicieron las evaluaciones de las variables de viabilidad correspondientes, que incluye principalmente, movimiento, anormalidades y aglutinaciones.

Luego que se determinó la viabilidad del semen con los parámetros mencionados, se procedió al conteo espermático. Para el conteo se utilizó una solución espermaticida. La solución espermaticida a utilizada es:

- Cloruro de Sodio 9 gr.
- Formaldehído (al 40%) 3ml
- Agua destilada 1000 ml

Entonces se tomaron 99 ml de la solución espermaticida y 1 ml de semen puro y se colocaron en un Erlen Meyer de 100 ml. La cámara de Burker se limpió con un pedazo de gasa y se colocó un cubreobjetos limpio. Con una pipeta Pasteur, se tomó una muestra de la solución preparada (solución espermaticida combinada con semen), se colocó una gota en cada una de las cámaras, de tal forma que las dos superficies planas bajo el cubreobjetos quedaron completamente llenas y sin exceso de solución. La cámara se dejó reposar durante un minuto antes de hacer el conteo en el

microscopio. Entonces se contaron 40 cuadros y se aplicará la siguiente fórmula:

$$N = \frac{(A) \times (V)}{500}$$

Donde: N: es el número de dosis de 100ml

A: es el número de espermatozoides a contar en 40 cuadros

V: es el volumen total del eyaculado en ml.

500: es la concentración de cinco mil millones de espermas por dosis

Esta fórmula nos dará el total de dosis en todo el eyaculado.

7.7.2 Preparación de las dosis seminales

Se procedió a la preparación de las dosis seminales de acuerdo con los resultados del conteo espermático, se dividió la muestra de semen en 4 porciones iguales. Se pesaron 75, 125 y 175gr. de leche descremada en polvo, los cuales se diluyeron cada uno en un litro de agua desmineralizada, respectivamente; a esa solución se añadió 300 mg de amoxicilina como antibiótico para prevenir cualquier infección.

Así también, se preparó el diluyente comercial Androstar plus de la empresa Minitube, el cual pesa 47gr para un litro de agua desmineralizada. Fue necesario que se descartara una porción de los diluyentes ya diluidos para que las dosis seminales fueran divididas en cuatro porciones iguales de acuerdo con el conteo establecido.

Se elevó la temperatura de la leche descremada y el diluyente comercial a la temperatura del semen para que la mezcla fuera isotérmica, la cual fue alrededor de los 38°C a 38.5°C.

En un Becker, se procedió a homogenizar el eyaculado del verraco con cada diluyente, la dilución se hizo lo más rápido posible (antes de cumplir 15 minutos después de la recolección del semen).

Se llenaron las dosis en botellas (de 100 ml) y se dejaron en el laboratorio a temperatura ambiente durante 2 a 3 horas para que la temperatura bajara lentamente y luego fueron llevadas a la cámara de conservación de semen donde estuvieron de 15-18° C para las posteriores inseminaciones (3 I.A. por cerda).

7.7.3 Preparación de la hembra a inseminar

Las hembras que se utilizaron para el experimento se mantuvieron siempre bajo las mismas condiciones climáticas, alimentación, alojamiento y cuidados. Las hembras fueron estimuladas por un verraco señalador antes de la inseminación, se ejerció presión en la zona lumbar de la cerda y si esta demostró un reflejo de inmovilidad ese fue el signo más preciso de que la hembra se encontraba en celo. Se hicieron dos detecciones del celo al día, pudiendo así retrasar la primera cubrición. Si el celo se manifestó en la mañana, se inseminó en la tarde y si el celo se manifestó en la tarde, se inseminaron en la mañana del día siguiente y así sucesivas cubriciones cada doce horas hasta hacer tres cubriciones por cerda, teniendo en cuenta que la cerda estuvo en su punto adecuado para la cubrición.

7.7.4 Procedimiento de inseminación

Se acomodó a la hembra en celo en el tramo donde recibió las inseminaciones artificiales, ya que así se evitó movimientos innecesarios para mejorar la fijación de embriones. El semen diluido que se encontraba en la cámara de conservación a 15°C a 18°C se elevó la temperatura antes de introducirlo al aparato reproductor de la cerda para evitar un shock térmico de los espermatozoides, para esto se llevaron las dosis a ocupar a un baño maría a una temperatura de 38°C a 38.5°C, posteriormente, ya que se elevó la temperatura, se guardaron en una hielera para llevarlas al área de inseminación. Se procedió a la limpieza de la vulva con una toalla de papel, se insertó el catéter, dirigiéndolo en un ángulo de 45° hacia arriba,

para prevenir la entrada a la uretra; con presión uniforme y con giros levemente a la izquierda. Después de que el catéter pasó dos de los anillos cervicales hubo mayor resistencia a la penetración, lo cual nos indicó que el catéter se fijó. Se conectó la botella del semen diluido al catéter y se levantó en posición invertida, presionando levemente para eliminar el aire que quedó en el catéter, dejando fluir el semen con poca o ninguna presión sobre la botella, la cerda dejó pasar el semen a su propia velocidad.

Se estimuló a la cerda durante la inseminación, aplicándole presión sobre el lomo, frotándola por debajo de los flancos, así se logró mejor calor. La aplicación del semen duró alrededor de 4-5 minutos por cerda, haciendo un total de tres inseminaciones por cada hembra, con una diferencia de doce horas entre cada una.

7.7.5 Manejo de la cerda post inseminación

La cerda permaneció en el tramo donde fue inseminada para mejorar la fijación de embriones, ahí se le proporcionó el alimento a razón de dos libras de concentrado de gestación por la mañana y dos libras por la tarde, agua abundante, fresca y libre en bebedero de chupón. En un lapso de dos semanas después de la inseminación artificial, no se pasó el verraco detector frente a las hembras, ya que esto podría haber desencadenado un estrés y afectar la preñez. La detección de celo se reanudó a partir de la tercera semana para determinar que esta no repitió el mismo y la inseminación fue un éxito.

7.7.6 Traslado de hembra al área de maternidad

El traslado se realizó una semana antes del parto, o sea, en el día 107 después de la primera inseminación. Al entrar a esta área se le realizó un lavado y desinfección general, enfocándose principalmente en el área de pezones y vulva. Cada hembra entró en una jaula especial para el parto

que ayuda a evitar muerte de lechones por aplastamiento. Ya en la jaula se desparasitó cada hembra con Ivermectina, aplicando esta de forma inyectada subcutánea.

7.7.7 Parto de la hembra

El momento de parto se controló mediante registro, desde el momento de la monta este es alrededor del día 114 +/- 2 días. Al expulsar los lechones, estos se limpiaron con ayuda de una toalla de papel. Se amarró, cortó y desinfectó el ombligo de cada lechón y se procedió al pesado. Los datos que se tomaron al momento del parto son hora de nacimiento, peso y sexo de este.

7.8 Técnicas de recolección y análisis de datos

7.8.1 Tamaño de las unidades experimentales

A nivel de campo, la unidad de observación será una cerda y las respectivas unidades experimentales estuvieron constituidas por 24 cerdas debidamente inseminadas que representó la unidad experimental de cada tratamiento el cual estuvo constituido de 6 réplicas.

7.8.2 Variables medidas

- Conteo espermático del semen para la dilución de este, a razón de cinco mil millones de esperma por dosis seminal.
- Detección de celo o calor mediante exposición a verraco detector mañana y tarde con un intervalo de 12 horas
- Inseminación a cerdas en presencia de verraco detector mañana y tarde con intervalos de 12 horas entre cada una para un total de tres inseminaciones.

7.8.3 Variables evaluadas

- Número de concepciones

- Número de lechones nacidos totales (vivos, muertos, momias y descartes)

7.8.4 Tratamientos

Dado que la única fuente de variación que se utilizó está constituida por los tratamientos extensores, se usó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos correspondientes a cada una de las tres concentraciones de los extensores, más el tratamiento testigo, con seis repeticiones.

- T1. Efecto del tratamiento testigo.
- T2. Efecto del extensor de leche descremada en concentración de 75 gr/l.
- T3. Efecto del extensor de leche descremada en concentración de 125 gr/l.
- T4. Efecto del extensor de leche descremada en concentración de 175 gr/l.

7.8.5 Modelo experimental

El modelo experimental se representa a continuación

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Variable respuesta

μ = Efecto de la media general.

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto del error experimental en la unidad j del tratamiento i.

7.8.6 Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados se utilizó una prueba de análisis de varianza ANDEVA, y de existir diferencias estadísticas se analizarán mediante una comparación de medias, mediante la prueba de Tukey con significancia igual a $\alpha = 0.05$.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para las variables productivas, número de concepciones y número de lechones nacidos totales (vivos, muertos, momias, descartes); se sometieron a un análisis de varianza ($P \leq 0.05$) y éstos se describen en la siguiente tabla.

Tabla 5. Efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022

Variable	Tratamiento (g de Leche descremada en polvo)				C.V.	F
	T1 Diluyente	T2 75 g	T3 125 g	T4 175 g		
Número de concepciones	6	6	6	6		
Lechones nacidos totales (vivos, muertos, momias, descartes)	13.33	12.83	13.67	12.67	14.34	0.36
Lechones nacidos vivos	11.33	10.67	11.00	10.67	12.95	0.31
Lechones nacidos muertos	0.67	0.67	0.00	0.50	36.08	1.00
Lechones nacidos momias	0.33	0.33	1.00	0.83	53.67	0.49
Lechones nacidos descartes	1.00	1.17	1.67	0.67	44.37	1.73

Fuente: elaboración propia, 2022.

De acuerdo con los resultados de la tabla 5, las variables: número de concepciones, lechones nacidos totales (vivos, muertos, momias, descartes), lechones nacidos vivos, lechones nacidos muertos, lechones nacidos momias y lechones nacidos descartes no se ven influenciadas por el uso de diferentes concentraciones de leche descremada en polvo

8.1 Número de concepciones

Para esta variable, número de concepciones, no hubo diferencia significativa $P \leq 0.05$ entre tratamientos, según se muestra en la tabla 5, todas las hembras empleadas en el experimento resultaron gestantes.

La figura 1A muestra una simetría en los resultados de las concepciones en los distintos tratamientos, comprobándose que el uso de leche descremada en polvo, bajo las condiciones del presente experimento, no ejerce ningún efecto sobre la concepción en las hembras porcinas.

Estos valores son semejantes a los obtenidos por Najarro (2004), quien no tuvo diferencias significativas en los grupos de hembras inseminadas usando leche descremada UHT y el grupo control con usando BTS.

Castro y Giler (2016) obtuvieron un 75% de preñez en una investigación realizada en Ecuador, en la cual probaron el uso de leche descremada fluida UTH como extensor de semen refrigerado de porcino, añadiendo 2 ml o 4 ml de leche a cada frasco de 100 ml de semen con diluyente comercial; datos que son inferiores a la presente investigación, misma que obtuvo un 100% de preñez en todos sus tratamientos.

8.2 Lechones nacidos totales

Para la mejor interpretación de la presente variable fue necesario hacer una subdivisión de la misma, a efecto de hacer una mejor discusión.

8.2.1 Vivos, muertos, momias, descartes

Con relación a la variable lechones nacidos totales (vivos, muertos, momias, descartes), se determinó que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$), su coeficiente de variación es de 14.34. Siendo la media general de 13.13 nacidos totales, en donde la media inferior fue de 12.67 lechones nacidos totales y la media superior fue de

13.67 lechones nacidos totales, que corresponden a los tratamientos T4 (175 g de leche descremada en polvo) y T3 (125 g de leche descremada en polvo), respectivamente, (tabla 5, tabla 2A y Figura 2A).

La figura 2A muestra que el tratamiento T3 (125 g de leche descremada en polvo) fue quien tuvo la tasa de nacimientos más alta con 13.67 lechones/hembra, seguido de T1 (testigo) con una media de 13.33 lechones/hembra, siendo ambos, los únicos tratamientos que superan los 13 lechones/hembra.

Los valores obtenidos en la presente investigación son superiores a los obtenidos por Najarro (2004), quien obtuvo un promedio de lechones nacidos totales de 11.41 usando leche descremada fluida UHT y 11.33 lechones nacidos totales para el grupo de trabajo con BTS, no habiendo encontrado diferencias significativas mediante el uso de la prueba “t” de Student.

a. Vivos

Para el caso de los lechones nacidos vivos, tampoco hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre tratamientos con un coeficiente de variación de 12.95; la media general fue 10.92 lechones/camada, mientras que la media superior fue de 11.33 lechones/camada para el tratamiento T1 (testigo) y la inferior fue de 10.67 lechones/camada, para los tratamientos T2 y T4 (75 y 175 g de leche descremada en polvo, respectivamente), (tabla 5, tabla 3A y figura 3A).

Aunque la figura 3A muestra que el tratamiento T1 fue ligeramente superior, no le fue suficiente para marcar una diferencia estadística, siendo muy similar al tratamiento T3 (125 g de leche descremada en polvo).

El tamaño de la camada está en dependencia del nivel de ovulación fertilidad y mortalidad intrauterina, factores que guardan relación con la raza, nutrición, edad y efecto del semental. De acuerdo con Fuentes *et al.* (2006), la adecuada nutrición de cerdas es obviamente importante; el nivel de ovulación es influenciado por la nutrición antes del celo y se ha sugerido que el nivel de nutrición en el período entre el destete y la monta o servicio puede influir sobre el tamaño de la camada.

b. Muertos

Con relación a la variable lechones nacidos muertos, no hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$), la media general es de 0.46 lechones nacidos muertos/camada, la media superior corresponde a 0.67 lechones nacidos muertos/camada (T1 y T2) y la media inferior es de 0.00 para el tratamiento T3 (tabla 5, tabla 4A y figura 4A).

La figura 4A muestra una tendencia similar entre los tratamientos T1, T2 y T4, mientras que T3 es inferior pero no reconocible por el ANDEVA, estos valores son similares a los obtenidos por García, Herradora y Martínez (2011), quienes evaluaron el efecto del número de la cerda, la caseta de parición, el tamaño de la camada y el peso al nacer en las principales causas de mortalidad en lechones, en dicha investigación establecen que las cerdas de segundo y tercer parto tienen una media de lechones nacidos muertos de 0.47 y 0.60, respectivamente.

c. Momias

Con respecto a la variable lechones nacidos momias, se determinó que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$), el coeficiente de variación de es de 53.67. La media general de los tratamientos es de 0.63, donde la más baja corresponde a 0.33 (T1 y T2), la mayor a 1.00 para el tratamiento T3, (tabla 5, tabla 5A, figura 5A).

La figura 5A muestra una tendencia creciente en la presencia de momias para los tratamientos T4 y T3 respectivamente, aunque al igual que las variables anteriores tampoco fue reconocible por el ANDEVA. Los porcentajes de momias corresponde a 2.50, 2.60 7.32 y 6.58% para los tratamientos T1 al T4 respectivamente; estos resultados concuerdan con Machuca *et al.* (1999), quienes establecen que los mortinatos ante parto (momias) representan entre el 10 y el 30% de las muertes de lechones en el parto. Para el presente estudio no se estableció la causa de las momificaciones.

d. Descartes

Con relación a la variable lechones nacidos descartes, se determinó que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$), su coeficiente de variación es de 44.37. Siendo la media general de 1.13 nacidos descartes, en donde la media inferior fue de 0.67 lechones nacidos descartes y la media superior fue de 1.67 lechones nacidos descartes, que corresponden a los tratamientos T4 (175 g de leche descremada en polvo) y T3 (125 g de leche descremada en polvo), respectivamente (tabla 5, tabla 6A y Figura 6A).

En los cerdos, se ha identificado que el retraso en el crecimiento fetal puede ocurrir en etapas tan tempranas como los 30 días de gestación, esto debido principalmente a una insuficiencia placentaria, sin embargo, en las cerdas altamente prolíficas, la mayor prevalencia de lechones de bajo peso está asociada principalmente a la “sobrepoblación” de embriones en los cuernos uterinos, debido a su alta tasa de ovulación. Antes de los 35 días de gestación, el espacio intrauterino en sí no es una limitante primaria que restrinja el crecimiento fetal, ya que los embriones se encuentran uniformemente distribuidos a lo largo de los cuernos uterinos, sin embargo, después de los 35 días de gestación, el espacio uterino se transforma en la principal limitante para el desarrollo fetal y la

“sobrepoblación” de fetos, hace que haya una reducción tanto en su peso como en su tamaño. En estudios realizados en fetos donde se comparan los fetos de bajo peso con los fetos normales de una misma camada, han encontrado que existe una menor cantidad de aminoácidos esenciales circulantes y un estado endócrino alterado en los fetos de bajo peso, al compararlos con los fetos de peso normal (Martínez, s.f.).

IX. CONCLUSIONES

1. El uso de tres concentraciones de leche descremada en polvo (75, 125 y 175 g) como extensor de semen porcino, no produjo ningún efecto significativo, sobre la tasa de partos en cerdas inseminadas, al ser comparadas con un diluyente comercial.
2. La mayor tasa de nacimientos se mostró en el T3 (125 g de leche descremada en polvo), con una media de 13.67 lechones/hembra; ante los 13.33, 12.83 y 12.67 lechones/hembra para el T1 (testigo), T2 (75 g de leche descremada en polvo) y T4 (175 g de leche descremada en polvo), respectivamente, sin embargo, estadísticamente no existió diferencia significativa entre ellos.

X. RECOMENDACIONES

1. Estadísticamente, la variable número de nacidos totales (vivos y muertos) no presenta diferencia significativa entre tratamientos ($P \leq 0.05$); en las condiciones de este experimento, es viable utilizar el tratamiento T3 (125 g de leche descremada en polvo), porque presenta la mayor tasa de nacimientos con una media de 13.67 lechones/hembra.
2. Continuar con las investigaciones en respuesta animal, utilizando leche descremada en polvo a partir de concentraciones de 125gr por litro de agua desmineralizada.

XI. REFERENCIAS

Castillo Cordón, C. R. (2008). *Caracterización de los subsistemas de producción de cerdos de patio en los municipios de Zacapa, Usumatlán, Huite, Cabañas y San Diego del departamento de Zacapa* [Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia]. Repositorio del Sistema Bibliotecario de la Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3410/1/Tesis%20Lic%20Zoot%20Carlos%20Castillo%20Cordon.pdf>

Castro Rodríguez, Y. B. y Giler Cedeño, R. G. (2016). *Evaluación del uso de leche descremada fluida UHT como extensor de semen refrigerado en la ESPAM MFL* [Tesis de Licenciatura, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio Digital Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/602/1/TMV102.7.pdf>



Dos Pinos. (c2019-2020). *Leche descremada 0% grasa polvo*. Edición del autor. <https://nutriciondospinos.com/producto/leche-en-polvo-in-line-0-grasa/>

Espino Rodríguez, R. D. (2008). *Caracterización de los subsistemas de producción de cerdos de traspatio en los municipios de La Unión, Río Hondo, Estanzuela y Teculután del departamento de Zacapa* [Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia]. Repositorio del Sistema Bibliotecario de la Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7437/1/Tesis%20Med%20Vet%20Ronnie%20Danilo%20Espino%20Rodriguez.pdf>

Fuentes Cintra, M., Pérez García, L., Suárez Hernández, Y. y Soca Pérez, M. (2006). Características reproductivas de la cerda: influencia de algunos factores ambientales y nutricionales. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 7(1), 1-36. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612648012>

García González, J; Herradora Lozano, M; Martínez Gamba, R. (2011). Efecto del número del parto de la cerda, la caseta de parición, el tamaño de la camada y peso al nacer en las principales causas de mortalidad de lechones. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2(4), 403-414. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000400005&lng=es&nrm=iso

González Cojulún, E. E. (2006). *Uso de leche descremada en polvo a diferentes concentraciones como extensor de semen porcino* [Tesis de Licenciatura Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia]. Repositorio del Sistema Bibliotecario de la Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6232/1/Tesis%20MedVetEddyGonzalez.pdf>



González Solares, A. N. (2008). *Efecto del uso de leche entera fluida de bovino sometida al proceso UHT como extensor de semen porcino para inseminación artificial* [Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia]. Repositorio del Sistema Bibliotecario de la Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3407/1/Tesis%20Lic%20Zoot%20Alvaro%20Nery%20Gonzalez%20Solares.pdf>

Le Coz, P. (1 de agosto 2006). *La recolección del semen*. 3res3. https://www.3tres3.com/articulos/la-recoleccion-del-semen_4027/

Le Coz, P. (16 de febrero 2007). *La inseminación de la cerda*. 3res3. https://www.3tres3.com/articulos/la-inseminacion-de-la-cerda_4033/

Machuca, M. A., Armocida, A. D., Idiart, J. R., Venturini, M. C., Sanguinetti, M. C., Massone, A. R., Di Lorenzo, C., Salas, L., Echeverría, M. G., Bacigalupe, D. y Perfumo, C. J. (1999). Mortinatos porcinos: caracterización anatomopatológica y estudios inmunoserológicos en tres criaderos intensivos. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 31(2), 243-248. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X1999000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Martínez, H. (s.f.). *¿Cuál es el origen de los lechones débiles y con bajo peso al nacimiento?* Razas Porcinas. <https://razasporcinas.com/cual-es-el-origen-de-los-lechones-debiles-y-con-bajo-peso-al-nacimiento/>

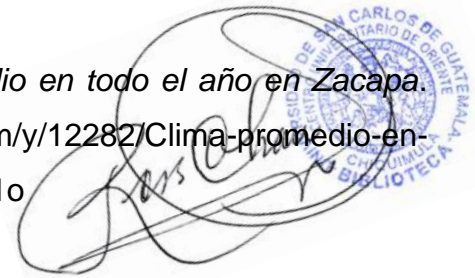


Najarro García, J. F. (2004). *Evaluación del uso de leche descremada fluida UHT como extensor de semen porcino sobre la fertilidad y número de nacidos totales en cerdas inseminadas* [Tesis de Licenciatura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia]. Repositorio del Sistema Bibliotecario de la Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7323/1/Tesis%20Med%20Vet%20Juan%20Francisco%20Najarro%20Garc%C3%ADa.pdf>

Torrentes Midence, R. A., Torres Quiroz, K. R., Vanegas, D., López Flores, J. y Guevara Moya, L. (2013). *Manual de inseminación artificial porcina*. Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria de la Universidad Nacional Agraria. <https://cenida.una.edu.ni/textos/NL10U58.pdf>

Veliz Porras, Y. y González Q., L. A. (2016). *Manual de inseminación artificial en porcinos*. [Documento en PDF]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Instituto de Reproducción Animal e I.A.

Weather Spark. (s.f). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Zacapa*. Edición del autor. <https://es.weatherspark.com/y/12282/Clima-promedio-en-Zacapa-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>



XII. APÉNDICES

Tabla 1A. Análisis de varianza para la variable Número de concepciones, del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022

<i>Fuente de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad P≤0.05</i>
Tratamientos	3	0	0	65535	
Error	20	0	0		
Total	23	0			

Tabla 2A. Análisis de varianza para la variable Nacidos totales (vivos, muertos, momias, descartes), del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022

<i>Fuente de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad P≤0.05</i>
Tratamientos	3	3.791666667	1.263888889	0.36	0.78
Error	20	70.83333333	3.541666667		
Total	23	74.625			

C.V. = 14.34

Tabla 3A. Análisis de varianza para la variable Nacidos totales (vivos), del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022

<i>Fuente de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad P≤0.05</i>
Tratamientos	3	1.83	0.61	0.31	0.82
Error	20	40.00	2.00		
Total	23	41.83			

C.V. = 12.95

Tabla 4A. Análisis de varianza para la variable Nacidos totales (muertos), del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022

<i>Fuente de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad P≤0.05</i>
Tratamientos	2	0.39	0.19	1.00	0.42
Error	6	1.17	0.19		
Total	8	1.56			

C.V. = 36.08

Tabla 5A. Análisis de varianza para la variable Nacidos totales (momias), del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022

<i>Fuente de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad P≤0.05</i>
Tratamientos	3	0.80	0.27	0.49	0.70
Error	7	3.75	0.54		
Total	10	4.55			

C.V. = 53.67

Tabla 6A. Análisis de varianza para la Nacidos totales (descartes), del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022

<i>Fuente de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad P≤0.05</i>
Tratamientos	3	2.30	0.77	1.73	0.21
Error	14	6.20	0.44		
Total	17	8.50			

C.V. = 44.37

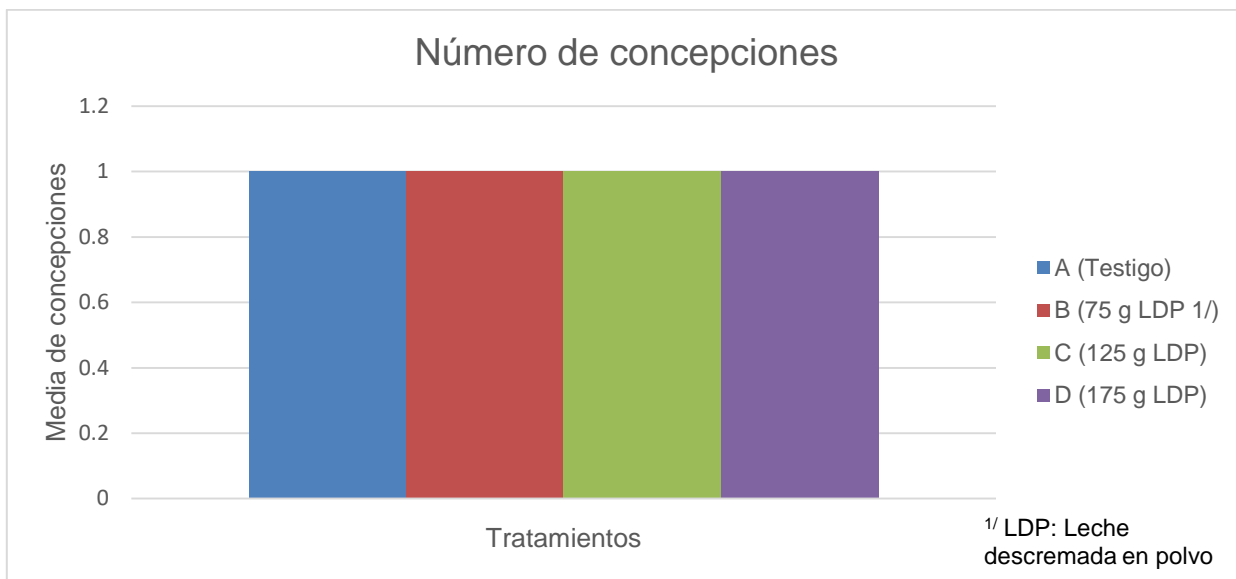


Figura 1A. Número de concepciones por tratamiento del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo, como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022

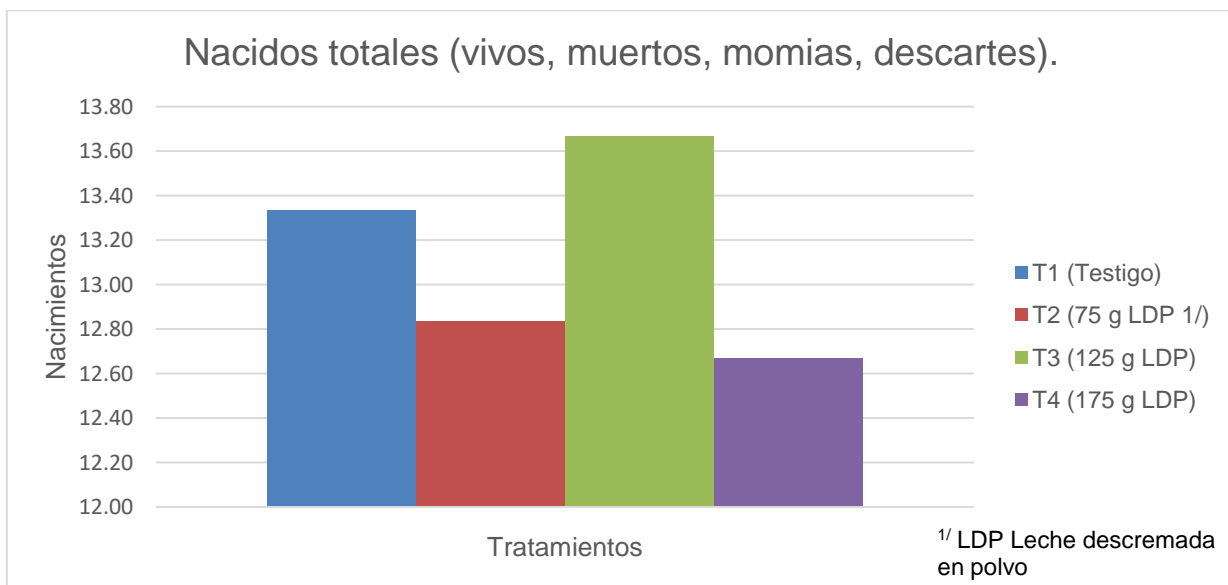


Figura 2A. Nacidos totales (vivos, muertos, momias, descartes), por tratamiento del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo, como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022

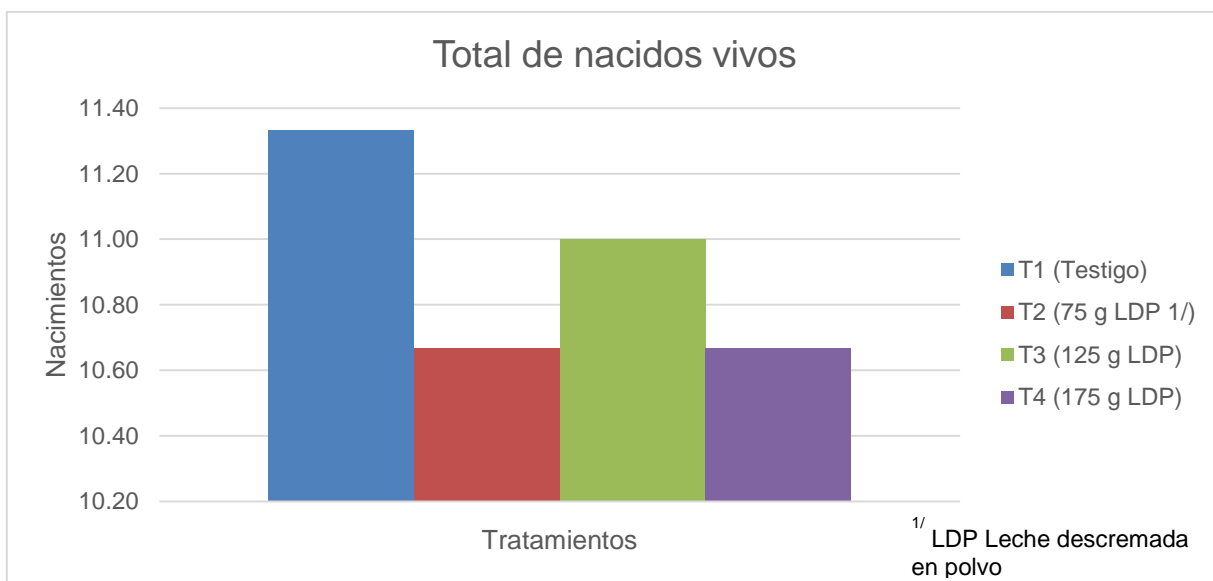


Figura 3A. Nacidos totales (vivos), por tratamiento del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo, como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022

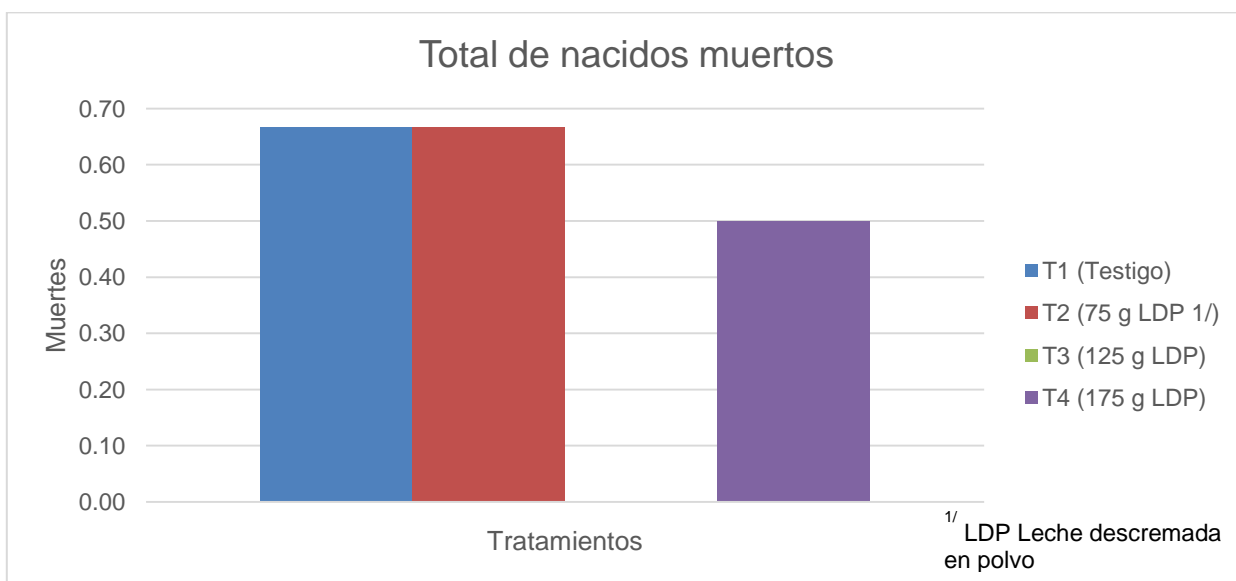


Figura 4A. Nacidos totales (muertos), por tratamiento del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo, como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022

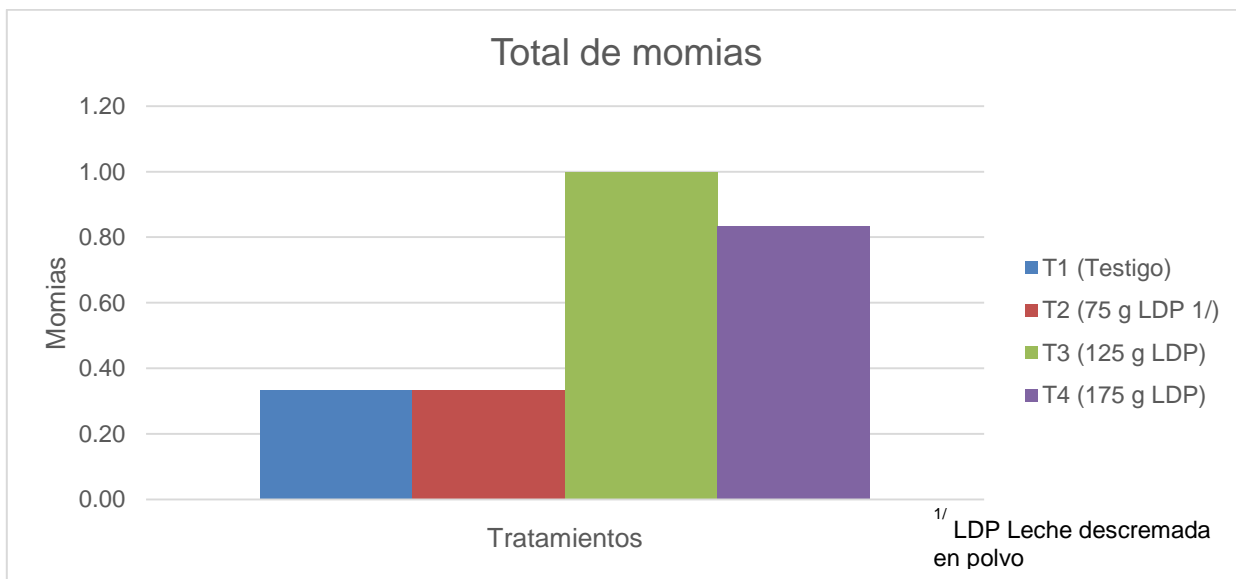


Figura 5A. Nacidos totales (momias), por tratamiento del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo, como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022

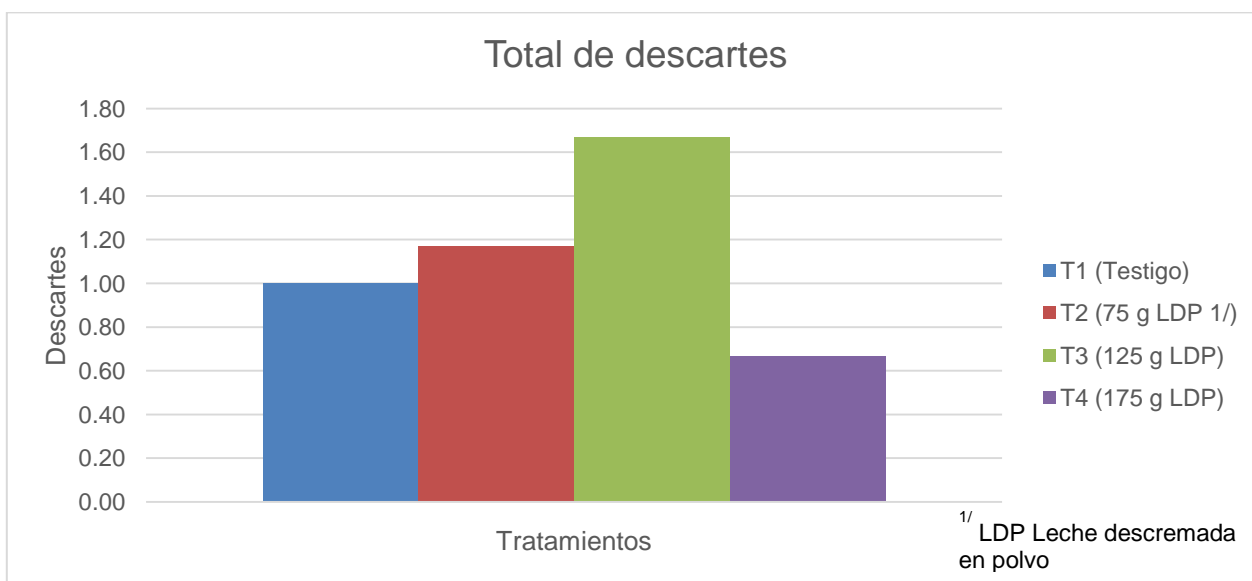


Figura 6A. Nacidos totales (descartes), por tratamiento del efecto de tres concentraciones de leche descremada en polvo, como extensor de semen porcino y su resultado en los parámetros reproductivos, Zacapa, Guatemala, 2022