

Evaluación de la utilización de forraje verde hidropónico como parte de la
dieta en cerdas durante la gestación y lactancia

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires,
Área Producción Animal*

Soledad Andrea Velásquez Amores
Ingeniera Agropecuaria- Escuela Politécnica del Ejército ESPE- 2009

Lugar de trabajo: Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad de Buenos Aires



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano
Facultad de Agronomía – Facultad de Ciencias Veterinarias
Universidad de Buenos Aires

COMITÉ CONSEJERO

Director de Tesis

Verónica De Luca Sarobe

Veterinaria (Universidad de Buenos Aires)

Doctora (Universidad de Buenos Aires)

Co-director de Tesis

Marcel Acerbo

Veterinario (Universidad de Buenos Aires)

Magister en Salud Animal (Universidad de Buenos Aires)

JURADO DE TESIS

JURADO

Guadalupe Álvarez

Veterinaria (Universidad de Buenos Aires)

Maestría en Salud Animal (Universidad de Buenos Aires)

JURADO

Diego Bottegal

Ingeniero Agrónomo (Universidad Nacional de Córdoba)

Doctorado en Producción Animal (Universitat de Lleida)

JURADO

Patricia Silva

Ingeniera Agrónoma (Universidad Nacional de Río Cuarto)

Magister en Salud y Producción Porcina (Universidad Nacional de Río Cuarto)

Fecha de defensa de la tesis: 06 de Abril de 2025

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi tesis principalmente a Dios, por darme la fortaleza y sabiduría necesaria para culminar esta meta.

A mi mamá, Marcia, por todo su apoyo y motivación para seguir adelante como persona y como profesional, gracias por siempre animarme y enseñarme a no darme por vencida.

A mis tíos, Delia y Galo, por brindarme su soporte y creer en mí, gracias por su apoyo y darme ánimos siempre.

A mis amigas, que estuvieron respaldándome y animándome durante este tiempo y estancia en Argentina, gracias por ser parte de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi directora de tesis Verónica De Luca, quien fue un pilar en el desarrollo de mi tesis, por su apoyo y dedicación, sin sus palabras y correcciones no hubiese podido lograr llegar a culminar esta etapa, gracias por su guía y confianza desde que llegue a la facultad y a su cátedra.

También quiero agradecer a mi codirector, Marcelo Acerbo, por brindarme la oportunidad de llevar a cabo mi idea de tesis, por su apoyo y por creer en este proyecto, gracias por abrirme las puertas en la facultad y ser parte de ella.

Son muchos los docentes que fueron parte de esta tesis, y a todos ellos les quiero agradecer por compartir sus conocimientos y tiempo para realizarla, de manera especial quiero dar mis agradecimientos a Emilio De Simone, Elizabeth Breininger, Nicolás Caggiano, Alejandra Lorenzo Smirnoff, Macarena Bao y Santiago Pillado. También quiero agradecer a la Facultad de Ciencias Veterinarias por permitirme realizar mi tesis en sus instalaciones y brindarme todos los elementos para llevarla a cabo.

Por último, quiero agradecer a mi familia quienes con su amor y esfuerzo me han permitido culminar un sueño, gracias por enseñarme a no darme por vencida y a esforzarme para llegar a la meta, su apoyo incondicional me lleva a ser mejor cada día.

A todos muchas gracias.

DECLARACIÓN

Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en esta u otra institución.

PUBLICACIÓN DERIVADA DE LA TESIS

- Amores, S. V., Breininger, E., Smirnoff, A. L., Caggiano, N., De Simone, E., Acerbo, M., & Sarobe, V. D. L. (2021). Effect of Hydroponic Green Forage Supplementation during Parturition and Lactation on Sow and Litter Performances. *Veterinarija ir Zootechnika*, 79(2), 43-49.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DECLARACIÓN	V
PUBLICACIÓN DERIVADA DE LA TESIS.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ABREVIATURAS	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Nutrición y alimentación de la cerda reproductora	1
1.2. Fibra	5
1.3. Hipótesis.....	8
1.4. Objetivo general	8
1.5. Objetivos específicos	8
2. MATERIALES Y MÉTODOS	10
2.1. Manejo de los animales.....	10
2.2. Diseño experimental.....	11
2.3. Producción de FVH.....	14

2.4.	Análisis químico de los ingredientes de las dietas	15
2.5.	Determinación de variables productivas	15
2.6.	Determinación de variables metabólicas.....	16
2.7.	Análisis estadístico.....	17
3.	RESULTADOS.....	19
3.1.	Experiencia 1: Incorporación de FVH a la dieta de cerdas durante la lactación..	19
3.1.1.	Variables productivas.....	19
3.1.1.1.	Número y peso de lechones	19
3.1.1.2.	Espesor de grasa dorsal.....	20
3.1.1.3.	Intervalo destete–celo	21
3.1.1.4.	Consumo de alimento	22
3.1.2.	Variables metabólicas	22
3.1.2.1.	Proteínas plasmáticas totales	22
3.1.2.2.	Concentración plasmática de albúmina.	23
3.1.2.3.	Concentración plasmática de globulinas.....	24
3.1.2.4.	Concentración plasmática de creatinina.	25
3.1.2.5.	Concentración plasmática de urea.	26
3.1.2.6.	Concentración plasmática de glucosa	27
3.1.2.7.	Concentración plasmática de minerales.....	28
3.2.	Experiencia 2: Incorporación de FVH a la dieta de cerdas durante la gestación y la lactación.	29
3.2.1.	Variables productivas.....	29

3.2.1.1.	Número y peso de lechones al nacimiento.....	29
3.2.1.2.	Número y peso de lechones al destete	30
3.2.1.3.	Peso de lechones a los 60 días	30
3.2.1.4.	Espesor de grasa dorsal.....	31
3.2.1.5.	Intervalo destete – celo	32
3.2.1.6.	Consumo de alimento	32
3.2.2.	Variables metabólicas	32
3.2.2.1.	Concentración plasmática de proteínas totales, albúminas y globulinas.	33
3.2.2.2.	Concentración plasmática de creatinina	35
3.2.2.3.	Concentración plasmática de urea	35
3.2.2.4.	Concentración plasmática de glucemia.....	36
3.2.3.	Calostro	37
4.	DISCUSIÓN	39
5.	CONCLUSIONES	47
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ingredientes y composición de la dieta por cada kilogramo de alimento	12
Tabla 2. Análisis químico de la mezcla de ingredientes convencionales y del forraje verde hidropónico de avena.	15
Tabla 3. Número y pesos de los lechones al nacimiento de la experiencia 1.	19
Tabla 4. Número y peso de los lechones al destete de la experiencia 1.....	20
Tabla 5. Espesor de grasa dorsal (mm) durante la lactación en cerdas, experiencia 1. ..	21
Tabla 6. Concentración plasmática de minerales durante la lactación en cerdas.....	29
Tabla 7. Número y peso de lechones al nacimiento de la experiencia 2.....	30
Tabla 8. Número y peso de lechones al destete de la experiencia 2.	30
Tabla 9. Espesor de grasa dorsal (mm) durante la gestación y lactación en cerdas.....	32
Tabla 10. Análisis de calostro de la experiencia 2.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Peso de lechones a los 60 días de vida de la experiencia 1.	20
Figura 2. Intervalo Destete – Celo de la experiencia 1.	21
Figura 3. Concentración plasmática de proteínas (g/dl) durante la lactación en cerdas.	23
Figura 4. Concentración plasmática de albúmina (g/dl) durante la lactación en cerdas.	24
Figura 5. Concentración plasmática de globulinas (g/dl) durante la lactación en cerdas.	25
Figura 6. Concentración plasmática de creatinina (mg/dl) durante la lactación en cerdas.	26
Figura 7. Concentración plasmática de urea (mg/dl) durante la lactación en cerdas.	27
Figura 8. Concentración plasmática de glucosa (mg/dl) durante la lactación en cerdas.	28
Figura 9. Peso de los lechones a los 60 días de vida de la experiencia 2.....	31
Figura 10. Concentración de proteínas plasmáticas (g/dl) durante la gestación y lactación en cerdas.....	33
Figura 11. Concentración de albúmina plasmática (g/dl) durante la gestación y lactación en cerdas.....	34
Figura 12. Concentración de globulinas plasmáticas (g/dl) durante la gestación y lactación en cerdas.....	34
Figura 13. Concentración plasmática de creatinina (mg/dl) durante la gestación y lactación en cerdas.	35
Figura 14. Concentración plasmática de urea (mg/dl) durante la gestación y lactación en cerdas.....	36
Figura 15. Glucemia (mg/dl) durante la gestación y lactación en cerdas.	37
Figura 16. Inmunoglobulinas (g/dl) presentes en el calostro de la experiencia 2.	38

ABREVIATURAS

AGCC	Ácidos grasos de cadena corta
DFT	Dorsal fat thickness
EGD	Espesor de grasa dorsal
FC	Fibra cruda
FDA	Fibra detergente ácida
FDN	Fibra detergente neutra
FVH	Forraje verde hidropónico
HGF	Hydroponic green fodder
SDS-PAGE	Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis
TGI	Tracto gastrointestinal

RESUMEN

La alimentación de un plantel porcino representa un alto costo de la producción, por lo que es inevitable buscar nuevas alternativas para reemplazar las necesidades nutricionales. La transición de la gestación a la lactación se caracteriza por cambios fisiológicos y en la alimentación del animal. Se ha comprobado que la incorporación de fibra en la dieta de gestación aumenta el consumo voluntario durante la lactación, etapa donde se requiere mayor énfasis en la nutrición. La producción de forraje verde hidropónico (FVH) constituye una tecnología de cultivo sin suelo que permite obtener un suplemento para la nutrición animal en pocos días, de excelente calidad y durante todo el año. El objetivo de esta tesis fue evaluar el impacto productivo y fisiológico que produce el consumo de FVH en cerdas durante la gestación y la lactación. El FVH se incorporó en la dieta en dos momentos de su etapa productiva: 1) solo en la lactación, y 2) durante la gestación y lactación. Se dividió a los animales en dos grupos cada vez: FVH (n=6) y control (n=6). Los parámetros productivos estudiados fueron consumo diario de alimento, EGD, intervalo destete-celo, calostro, número y pesos de los lechones al nacer, al destete, y 60 días de vida. Los parámetros metabólicos evaluados fueron glucosa, proteínas plasmáticas, albúminas, globulinas, creatinina, urea y algunos minerales. Como resultados se observó que no hubo diferencias en cuanto a número y pesos de lechones tanto al nacimiento como al destete entre ambos grupos. Pero, en los lechones de 60 días del grupo FVH se observó una mejor performance. En cuanto a las cerdas del grupo FVH se logró disminuir en el intervalo destete celo, se mantuvo el EGD al finalizar la lactación y el calostro tuvo mayor concentración de inmunoglobulinas. En cuanto a los parámetros metabólicos no hubo diferencias entre los grupos.

Palabras claves: forraje verde hidropónico, gestación, lactación, fibra, nutrición.

ABSTRACT

Feeding pig farms represents a high cost of production, so it's expected to look for new alternatives to supply nutritional needs. Physiological changes and animal feeding characterize the transition from pregnancy to lactation. It has been proven that incorporating fiber in gestation diets increases voluntary consumption during lactation, a stage where greater emphasis is required. The production of hydroponic green fodder (HGF) constitutes a soil-free cultivation technology that allows a supplement to animal nutrition in a few days, excellent quality and throughout the year. The objective of this thesis was to evaluate the productive and physiological impact of HGF consumption on sows during pregnancy and lactation. The HGF joined the diet in two moments of its productive stage: 1) only in lactation, and 2) during pregnancy and lactation. Animals were divided into two groups each time: HGF (n=6) and control (n=6). The productive parameters studied were daily consumption of feed, DFT, weaning interval, colostrum, number and weight of piglets at birth, weightiest, and 60 days of life. The metabolic parameters evaluated were glucose, plasma proteins, albumin, globulins, creatinine, urea and some minerals. As result, it was observed that there were no differences in the number and weight of piglets both at birth and weaning between both groups. However, better performance was observed in the 60 day-old piglets of the HGF group. As for the sows of the HGF group, it was reduced in the weaning interval, the DFT was maintained at the end of lactation and the colostrum had a greater concentration of immunoglobulins. As for the metabolic parameters there were no differences between the groups.

Key words: hydroponic green fodder, gestation, lactation, fiber, nutrition.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, como consecuencia del aumento de la demanda de carne porcina, se ha incrementado la búsqueda de información sobre el manejo y la nutrición porcina. A nivel mundial la carne de cerdo es la mayor fuente de proteína animal consumida, mientras que, en Argentina, ha aumentado su consumo desde 7,83 kg/habitante/año en el año 2000 a 16,66 kg/habitante/año para el año 2023 (MAGyP, 2024). Respecto a la producción porcina en Argentina, en el año 2023 el Sistema Integrado de Gestión de Sanidad Animal (SIGSA) del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) reportó un stock de 5,89 millones de cabezas con 925.196 madres en reproducción, distribuidas en 97.268 unidades productivas. El 75% de los establecimientos se distribuyen entre las provincias de Córdoba, Buenos Aires, Santa Fe, Entre Ríos y Chaco. De acuerdo con los datos de SIGSA – SENASA, el 90% de las unidades productivas tienen entre 1 a 50 cerdas, mientras que sólo el 0,1% tiene más de 500 cerdas (MAGyP, 2024).

1.1. Nutrición y alimentación de la cerda reproductora

La nutrición animal es una ciencia de relevancia en cualquier producción pecuaria, incluida la porcina y teniendo en cuenta que, el 70% de los gastos de esta producción corresponde a la alimentación, es imprescindible ajustar dicho costo sin alterar los índices productivos. Para lograr una buena nutrición y alimentación se deben tener en cuenta los aportes proteicos y de aminoácidos esenciales, energéticos, vitamínicos y minerales que cada alimento brinda en la dieta, es importante que la cantidad y la calidad de estos sean adecuadas a las distintas categorías y estados fisiológicos para lograr los objetivos productivos (Martínez & Tabaré, 2016).

Son varios los parámetros a tener en cuenta a la hora de evaluar el desempeño de la producción porcina y todos ellos en íntima relación con la nutrición y la alimentación, que tienen distintas particularidades según la fase productiva y las distintas categorías. En particular, la alimentación de las cerdas durante sus ciclos reproductivos presenta varios desafíos, tanto en la etapa de gestación como en la de lactación. La transición de la gestación a la lactación ocurre con importantes cambios fisiológicos y cada momento demanda diferentes requerimientos nutricionales con un manejo y plan nutricional apropiado para cada uno. Así, durante la gestación, se controla la oferta de alimento para evitar el excesivo engrasamiento con sus consiguientes inconvenientes de locomoción y durante el parto, mientras que, durante la lactación la oferta de alimento es máxima, *ad libitum*, para poder satisfacer la demanda láctea de los lechones y para mantener su propia condición corporal al final de la lactación en vista de la siguiente preñez. A pesar de esto, en cerdas prolíficas el consumo *ad libitum* puede ser insuficiente para cubrir todas sus demandas. Este cambio abrupto en la alimentación de la cerda es un punto crítico en la producción porcina (Murcia et al., 202; Boulot, Quesnel & Quinou, 2008).

La restricción alimentaria en la cerda gestante promueve que las mismas estén siempre hambrientas, situación que estaría en oposición a los principios de bienestar animal. En la Unión Europea, la legislación sobre bienestar animal (Consejo Europeo, 2001) impone el suministro de voluminosos o dietas ricas en fibra en cerdas gestantes para mejorar su bienestar. Es así que en vistas de aumentar el volumen de ingestión sin aumentar la ingesta de energía se ha promovido la utilización de fibra en la etapa preparto buscando saciedad. De esta manera, no solo se alivia la frustración provocada por la restricción nutricional, sino que además se prepara a las cerdas para la entrega *ad libitum* de alimentos que ocurrirá luego durante la lactación, momento en que sus requerimientos son elevados para

poder producir los 7 a 12 kg de leche por día necesarios para lograr una eficaz tasa de crecimiento de sus lechones. Cualquier restricción en su alimentación durante la lactación puede generar inconvenientes en la producción de leche y rendimiento productivo posterior (Jarrett & Anshworth, 2018; Quesnel et al., 2009; Gerrits & Verstegen, 2006; Meunier-Salaün, Edwards & Robert, 2001; Dourmad, Etienne & Noblet, 1996).

Entonces, la inclusión de fibra en cerdas gestantes, al aumentar la sensación de saciedad posprandial ayuda a restringir el consumo energético previniendo problemas de sobrealimentación y mejorando el confort gastrointestinal como consecuencia del llenado intestinal y la disminución del tiempo de vaciado gástrico. También la inclusión de fibra en la dieta actúa sobre la fermentación bacteriana en el colon, desde el punto de vista nutricional, los ácidos grasos volátiles producidos en el intestino grueso por la fermentación de la hemicelulosa y de la celulosa son una fuente de energía de disponibilidad inmediata en el proceso de lactosíntesis. La energía que se origina de la fermentación de la fibra en el intestino posterior estará disponible por más tiempo post-ingesta, pero en cantidades menores respecto a un concentrado energético, al aumentar el consumo de fibra aumenta la energía disponible originada de su fermentación (Serena et al., 2009). Por otro lado, la incorporación de fibra en la dieta de cerdas gestantes promueve una disminución en el comportamiento estereotipado asociado con el nivel de alimentación restringida durante la preñez e incrementa el consumo voluntario durante la lactancia. Además, se ha observado que la alimentación con fibra previo el apareamiento tiene efectos en la supervivencia prenatal, en la preñez posterior y en el tamaño de la camada (Sun et al., 2015; FEDNA, 2013; Ashworth, Toma & Hunter, 2009; Buxadé, Granell & López, 2007; Courboulay & Gaudre, 2002; Meunier-Salaün, Edwards & Robert, 2001).

Distintos autores evaluaron los efectos de alimentar a cerdas durante la preñez con diferentes porcentajes de inclusión de fibra y observaron que no hubo efectos de la dieta sobre el tamaño de la camada o sobre el peso al nacimiento, sin embargo, al destete la ganancia de peso de los lechones provenientes de madres que consumieron dietas ricas en fibra fue superior respecto a los nacidos de madres que consumían menor cantidad o que no consumían fibra durante la preñez (Oliviero et al., 2009; Quesnel et al., 2009; Guillemet et al., 2007), por otro lado, son pocos los estudios que han evaluado el consumo de fibra en cerdas durante la lactación y sus consecuencias sobre los lechones. Posiblemente esta escasez de estudios se deba a que los ingredientes fibrosos pueden reducir el consumo y por ello son excluidos de las dietas de lactancia. Se ha reportado que el consumo de pasturas por parte de la cerda tiene un efecto favorable sobre la producción de leche y que alimentar a las cerdas durante la lactancia con una dieta alta en fibra incrementa la tasa de crecimiento de la camada y el peso de los lechones al destete, sin embargo, también se ha asociado a esta práctica con una mayor pérdida de peso corporal de la cerda durante esta etapa (Bauza, 2005; Renaudeau, Anais & Noblet, 2003). El sistema digestivo del cerdo no es tan eficiente para descomponer la fibra como el de los rumiantes, debido a la ausencia de la enzima celulasa que rompe las cadenas de celulosa de las plantas, sin embargo, los cerdos pueden digerir parte de la fibra en su intestino grueso mediante la acción de las bacterias que fermentan los carbohidratos no digeribles, produciendo ácidos grasos volátiles (AGV) que el cerdo puede utilizar como fuente de energía. Además, la inclusión de fibras solubles de baja lignina puede mejorar la digestión y la producción de energía (Gao et al., 2015).

1.2. Fibra

Se denomina fibra dietaria o total a la parte comestible de las plantas e incluye a un rango diverso de carbohidratos compuestos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso (AACC Internacional, 2001). Varias fracciones forman parte de la fibra dietaria como celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina, betaglucanos, fructanos, mucílagos y gomas; la celulosa y la hemicelulosa representan los mayores porcentajes en la constitución de la fibra, seguidas por la lignina y las pectinas. Todas estas fracciones, polisacáridos no amiláceos y lignina, en conjunto, se denominan fibra dietaria a diferencia de la fibra cruda (FC) que es la fracción formada por la celulosa casi exclusivamente. Para cuantificar el contenido de fibra se pueden utilizar distintos métodos como el análisis fraccional de los alimentos de Wendee para determinar FC o el análisis de Van Soest mediante el cual se puede determinar la fracción fibra detergente neutro (FDN), compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, y la fracción fibra detergente ácido (FDA) compuesta por celulosa y lignina, pero no hemicelulosa (Van Soest et al., 1991).

Nutricionalmente la fibra representa a la porción orgánica de los alimentos indigestible o de lenta digestión y de disponibilidad parcial que ocupa espacio en el tubo gastrointestinal. Entre sus funciones se encuentra colaborar en la defecación y en el mantenimiento de la microflora del colon, prevenir el estreñimiento, generar saciedad y colaborar en la salud de las porciones distales del tracto gastrointestinal (Mertens, 1988; Segura et al., 2007).

Según sus propiedades fisicoquímicas la fibra dietaria se divide en soluble e insoluble. Las fibras solubles (pectinas, betaglucanos, fructanos, mucílagos, gomas) son aquellas

que forman una solución viscosa en contacto con el agua y su consumo por parte de los animales monogástricos afecta al tiempo de vaciado gástrico y de tránsito aumentando el tiempo de retención en el estómago, causando saciedad temprana debido a la distensión de la pared gástrica. Las fibras solubles escapan a la digestión del estómago y del intestino delgado pero la mayoría son fermentables en grado moderado a alto en el intestino grueso. Por otro lado, las fracciones, celulosa, hemicelulosa y lignina forman en conjunto la llamada fibra insoluble la cual retiene algo de agua dentro de su matriz estructural, pero sin formar soluciones viscosas. Por lo general estas fibras no son digeridas ni en el estómago ni en el intestino delgado y son mucho menos fermentables por las bacterias en el intestino grueso, disminuyen el tiempo de tránsito intestinal y aumentan el volumen fecal (Flores, 2019).

Son varios los trabajos que han evaluado el uso de fibra en la dieta de cerdos. La energía generada a partir de la fermentación en el intestino grueso del cerdo varía dependiendo del contenido de carbohidratos que posea la dieta mientras que la contribución de la fibra a la energía requerida depende de la madurez del cerdo (Jarrett & Anshworth, 2018). La producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) en el intestino grueso de cerdos está relacionada con el tipo y nivel de fibra en la dieta. La concentración de estos ácidos grasos en el intestino grueso aumenta linealmente con el incremento de la fracción FDN. Los AGCC producidos en el TGI se metabolizan en la mucosa, éstos son transportados eficientemente y cantidades considerables pueden llegar a sangre para su metabolización posterior. Se considera que el aporte de los AGCC es de 25-30 % para los requerimientos energéticos del mantenimiento en el cerdo (Savón, 2002). La digestión de la fibra es eficiente gracias a la flora bacteriana, se ha observado que la mayor parte de la fibra soluble del trigo atraviesa el íleon sin haber sido digerida representando un buen sustrato

para los microorganismos distales (Wenk, 2001). De todas formas, la eficacia de transformación de AGCC en energía mediante la fermentación de la fibra es menor que la eficacia de aprovechamiento de los carbohidratos solubles como la glucosa en el proceso de digestión enzimática. En los cerdos la primera representa el 75 % de la segunda (Savón, 2002). También se ha evaluado la utilización de fibra en la dieta de cerdas gestantes donde, además de prevenir problemas de estreñimiento durante el parto, se observó la alteración de la microbiota intestinal de los lechones a las 2 semanas de vida y la posterior estabilidad en su composición después de los 28 días de vida (Oliviero et al, 2009).

Como fuente de fibra puede utilizarse forraje verde hidropónico (FVH), este es un forraje producido mediante un método de cultivo que no requiere el uso del suelo y que en condiciones ambientales controladas permite obtener forraje de alta calidad y buena palatabilidad en pocos días. Los sistemas hidropónicos son una fuente alternativa de forraje verde para la producción animal (Akbağ et al., 2014). Es una tecnología muy versátil que puede ser adaptada a distintos sistemas productivos, con ella el FVH es producido a partir de semillas que germinan y crecen durante un corto período de tiempo en espacios adaptados para tal fin (Sneath & McIntosh, 2003). El FVH es palatable y las semillas germinadas incrustadas en el sistema radicular también se consumen junto con los brotes de las plantas sin desperdiciar ningún nutriente (Pandey & Pathak, 1991). Aunque estas dietas no siempre maximizan la performance de la cerda, proporcionan un uso efectivo y económico de alimentos cultivados localmente, por lo tanto, contribuyen con una producción sustentable (Jarrett & Anshworth, 2018).

1.3. Hipótesis

La incorporación de FVH en la dieta de cerdas durante la gestación y la lactación mejora la performance productiva.

1.4. Objetivo general

- Evaluar el impacto productivo y fisiológico que produce el consumo de FVH en cerdas durante la gestación y la lactación.

1.5. Objetivos específicos

A. Analizar en la cerda, durante la gestación y la lactación, los siguientes parámetros productivos:

- Consumo diario de alimentos.
- Espesor de grasa dorsal (EGD).
- Número y peso de lechones.
- Intervalo destete-celo.
- Calidad proteica del calostro.

B. Analizar en la cerda, durante la gestación y la lactación, los siguientes parámetros metabólicos en plasma:

- Glucosa.
- Proteínas plasmáticas totales.
- Albúminas.
- Globulinas.
- Creatinina.
- Urea.

- Calcio, fósforo y magnesio.
- C. Analizar en la camada la performance post destete.
- Peso de los lechones a los 60 días.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Manejo de los animales

Para este estudio se utilizaron cerdas de cruce Landrace x Yorkshire de 150 kg de peso vivo aproximadamente, de primer parto, vacunadas y desparasitadas. El plan sanitario consistió de: a) dos dosis de vacuna contra parvovirus-leptospira-erisipela a los 185 y 200 días de vida, dos dosis de vacuna contra micoplasma-circovirus a los 160 y 185 días de vida, y una tercera dosis a los 80 días de preñez, c) una dosis de antiparasitario 20 días antes del parto. Se realizaron bandas de parición de dos cerdas por banda. Al momento del celo fueron servidas con monta natural, realizado con un macho de raza Landrace y se confirmó la preñez por ausencia de celo al día 21 post servicio. Las cerdas permanecieron en el galpón de la Unidad Productiva Porcina de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UBA, el galpón cuenta con pisos y paredes de cemento, ventanales para una buena ventilación, luminaria apropiada y áreas separadas para cada etapa. Una vez preñadas las cerdas se ubicaron en el área de gestación, en espacios individuales de 0,60 x 2,50 m, con un comedero en la parte frontal y un bebedero automático, la temperatura en esta área permaneció entre 18 y 20°C. El día 103 de gestación fueron trasladadas al área de maternidad con capacidad para 4 parideras de 2,5 x 2,5 m cada una, con un comedero, un bebedero para la madre y un bebedero en la parte inferior para los lechones. Tienen piso plastificado y loza radiante para los lechones en un costado de la paridera, la temperatura promedio de la sala permaneció entre 20 y 22°C. Las cerdas y sus lechones permanecieron en esta área hasta el día 28 posparto, momento en que se realizó el destete. Los lechones fueron llevados al área de recría, donde el corral tiene piso plastificado y paredes de cemento de 6 m de largo por 4 m de ancho, cuenta con tres bebedores cada uno a 25 cm de distancia y a 15 cm del suelo, los comederos son tolvas grandes, una cada

10 lechones. Las cerdas fueron llevadas al área de posdestete para controlar su retorno al celo.

Los lechones al nacimiento fueron asistidos con las técnicas de manejo tradicional con secado y fricción, corte de cordón umbilical y desinfección. Se los colocó cerca de una fuente de calor para su termorregulación. Se aseguró en cada uno el correcto calostro y la administración de hierro férrico. Los machos fueron castrados. A partir del día 14 de vida, se colocaron comederos para los lechones dentro de las parideras con alimento de iniciación y se destetaron el día 28 momento en el cual se les ofrece alimento *ad libitum* hasta el día 60 de vida. Se tomaron al azar 6 lechones por cada grupo y camada, se registró diariamente el peso de cada uno desde el parto hasta el destete para la determinación del aumento diario de peso, y al día 60 de vida. Desde el destete y hasta el día 60 de vida los lechones de ambos grupos permanecieron en el mismo espacio y consumieron el mismo alimento.

Este estudio fue realizado en acuerdo con las directivas del Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Experimentación, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires.

2.2. Diseño experimental

Para lograr los objetivos propuestos se incorporó el FVH en la dieta de las cerdas en dos momentos de su etapa productiva: experiencia 1) solo durante la lactación y experiencia 2) durante la gestación y la lactación.

Para cada experiencia se utilizaron cerdas Landrace x Yorkshire las cuales fueron divididas al azar en dos grupos: control (C) (n=6) y forraje verde hidropónico (FVH) (n=6), según la dieta correspondiente.

Ambas dietas utilizadas fueron isoenergéticas y porcentualmente la dieta del grupo C estuvo compuesta por 68% de maíz molido, 28,9% de pellet de soja y 3,1% de núcleo vitamínico mineral y, la dieta del grupo FVH por 54,1% de grano de maíz, 23% de pellet de soja, 20% de FVH y 2,8% de núcleo vitamínico mineral (Tabla 1). Durante toda la experiencia los animales tuvieron acceso al agua *ad libitum*.

Tabla 1. Ingredientes y composición de la dieta por cada kilogramo de alimento

Ingredientes	Control			FVH		
	%	g	Mcal EM	%	g	Mcal EM
Maíz	68	680	2.40	54.1	605	2.13
Pellet de soja	28.9	289	1.07	23	257	0.94
Núcleo vitamínico mineral	3.1	31	-	2.8	31	-
FVH	-	-	-	20.1	225	0,35
Total	100	1000	3.47	100	1118	3.42

FVH: forraje verde hidropónico. EM: energía metabolizable.

El FVH utilizado fue de avena de entre 14 y 16 días. Las dietas fueron formuladas según los requerimientos nutricionales de la National Research Council, NRC (de la National Academy of Sciences de los E.U.A.) de 1998.

En la experiencia 1) realizada durante la lactación se comenzó con la administración del alimento de la siguiente manera:

- Grupo C: a partir de 7 días previos a la fecha de parto se comenzó con el suministro de una ración diaria de 2 kg de la dieta correspondiente la cual se corresponde con una ingesta de 6,94 Mcal ED/día. La misma se dividió en dos tomas, una por la mañana y otra por la tarde. A partir del parto la cantidad de alimento fue aumentando paulatinamente hasta llegar al día 8 de lactancia con un consumo máximo por cerda de 2 kg más 0,5 kg (1,7 Mcal ED/día) por lechón, no superando 8 kg/día y manteniéndose hasta el destete.
- Grupo FVH: a partir de 7 días previos a la fecha de parto se comenzó con el suministro de una ración diaria isoenergética respecto al grupo C que incluía el 20% del total de materia seca (MS) de FVH. Se administró 2,2 kg divididos en 2 tomas que se corresponde con 6,84 Mcal ED/día. A partir del parto la ración fue aumentando de manera similar al grupo C manteniendo la inclusión del 20% de FVH.

En la experiencia 2), realizada durante la gestación y la lactación, se siguió el mismo protocolo para la administración del alimento, pero comenzando con su oferta al momento del servicio.

Respecto a la alimentación de los lechones, con el fin de que su sistema digestivo se vaya acostumbrando al alimento sólido y disminuir el estrés post destete por cambio brusco de dieta, las camadas de ambos grupos recibieron alimento sólido estándar para lechones etapa inicial a partir del día 14 de vida. Este alimento ofrecido es un micropelleteado comercial para lechones fase inicial que en su fórmula contiene maíz, expeler de soja, sustituto lácteo y núcleo vitamínico mineral; después en el área de cría se va cambiando

progresivamente a un balanceado comercial para etapa de recría que en su composición tiene maíz, expeler de soja y núcleo vitamínico mineral.

2.3. Producción de FVH

La producción de FVH se realizó en el invernadero ubicado dentro de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires, adoptando las indicaciones descriptas en el Manual Técnico de la FAO (FAO, 2001). Se seleccionaron semillas de avena con un porcentaje mínimo de germinación no menor al 70%. Se pesó 1kg de semilla en seco, estas fueron sumergidas en abundante agua con hipoclorito de sodio 1% durante no más de 3 min y no menos de 30 s, pasado este tiempo se enjuagaron con abundante agua limpia.

Luego del lavado se procedió a dejar las semillas en remojo durante 24 h dentro de un balde con suficiente agua limpia para que las cubra, antes de proceder a la siembra. Para ello, las semillas del balde fueron escurridas y distribuidas homogéneamente en una bandeja de plástico de 45 cm de ancho, 70 cm de largo y 15 cm de alto, el colchón de semillas así logrado no debe superar 1,5 cm de espesor. Para favorecer la germinación las semillas se cubren con papel mojado y plástico negro para lograr un ambiente húmedo y oscuro y se dejan dentro del invernadero, con temperatura entre los 20 y 25 °C y una humedad aproximada del 70%. Permanecen así aproximadamente por 48 h o hasta que comienzan a brotar las semillas momento en el cual son destapadas y puestas en las repisas. Se inicia el riego automatizado por aspersion cada 3 h durante un minuto cada vez. Entre 12 y 14 días después las bandejas son retiradas del riego dejando que el FVH se oreo por 24 h antes de ser ofrecido como alimento a los animales.

2.4. Análisis químico de los ingredientes de las dietas

En la Tabla 2 se puede observar el análisis centesimal realizado a los ingredientes ofrecidos en las dietas los cuales fueron determinados mediante análisis proximal de Wendee y Van Soest. Los mismos se desarrollaron en el Laboratorio de la Cátedra de Nutrición de la FCV-UBA. La composición de los distintos alimentos suministrados fue determinada mediante el protocolo de la Guía de procedimientos analíticos (Promefa-CISNA) (Jaurena y Wawrzkievicz, 2009).

Tabla 2. Análisis químico de la mezcla de ingredientes convencionales y del forraje verde hidropónico de avena.

Análisis en base seca	Ingredientes convencionales	FVH
<i>Materia seca (%)</i>	86,3	22,8
<i>Cenizas (%)</i>	5,6	5,1
<i>Proteína bruta (%)</i>	17,2	16,2
<i>Extracto etéreo (%)</i>	3,6	5,9
<i>Fibra cruda (%)</i>	5,0	17,0
<i>FDN (%)</i>	-	54,7

FVH: forraje verde hidropónico. FDN: fibra detergente neutra.

2.5. Determinación de variables productivas

- Consumo de alimento: se pesó cada día durante la gestación y la lactación la cantidad de alimento ofrecido y la cantidad de alimento sobrante de cada cerda en este estudio.
- Espesor de grasa dorsal (EGD): en la experiencia 1) se determinó al momento del parto y el día 28 posparto y, en la experiencia 2), previo al servicio, a mitad de gestación, al parto y el día 28 posparto. Para su determinación se utilizó un ecógrafo Sonoscape A5 con transductor lineal de 5 a 12 Mhz. El lugar de medición fue en el punto P2, que se encuentra a 6,5 cm lateral a la columna vertebral y entre la penúltima

y última costilla (Loisel et al., 2013; Quesnel et al., 2009), las mediciones se realizaron en el lado derecho de la columna.

- Número y peso de lechones: Se pesaron y contabilizaron al nacimiento, al destete y a los 60 días a todos los lechones seleccionados para el estudio.
- Intervalo destete – celo: se estima el tiempo que tarda la cerda en manifestar un nuevo celo post destete. En ambas experiencias se determinó el celo diariamente luego del destete mediante la prueba de presión en el lomo y mediante la presencia del macho, en la cual la cerda se queda quieta y permite que el evaluador pueda sentarse encima del lomo de la cerda.
- Calostro: se recolectó durante el parto, en recipientes apropiados, 40 ml de calostro y se conservó a -20°C hasta su análisis. Para el análisis del calostro se determinó mediante análisis fraccional materia seca, cenizas y proteína bruta por el método de Kejdhal. Además, se determinó la concentración de proteínas totales con Proti 2 (Wiener lab). Mediante SDS-PAGE y SDS-PAGE reducido se analizó qué concentración (g/dl) de las proteínas del calostro correspondían a inmunoglobulinas.

2.6. Determinación de variables metabólicas

Para la determinación del perfil metabólico se extrajeron 10 ml de sangre a cada cerda mediante punción de la vena yugular en los siguientes momentos: servicio y mitad de gestación (día 60) para la experiencia 2, y para ambas experiencias en parto (día 103 de gestación) y días 7, 14, 21 y 28 posparto. Las muestras se centrifugaron a 2500-3000 rpm durante 20 min y se conservó el plasma obtenido a -20°C hasta su análisis.

- Glucemia: se determinó mediante un ensayo espectrofotométrico basado en la oxidación del azúcar por glucosa oxidasa y la subsiguiente determinación del peróxido de hidrogeno formado.
- Proteínas totales plasmáticas y albúminas plasmáticas: se determinaron mediante el método colorimétrico de Biuret.
- Globulinas plasmáticas: se calculó por diferencia entre las proteínas totales plasmáticas y las albúminas plasmáticas.
- Creatinina plasmática: se realizó tras la reacción con el picrato alcalino (reacción de Jaffe) produciendo un cromógeno rojo que puede ser cuantificado mediante una lectura fotométrica
- Urea plasmática: se midió con el ensayo de ureasa, en la cual se descompone urea produciendo dióxido de carbono y amoníaco, este último reacciona con fenol e hipoclorito en medio alcalino, produciendo azul de indofenol, que se mide colorimétricamente.
- Fósforo inorgánico: se analizó mediante método colorimétrico (Baginski et al., 1967)

Todas las determinaciones se realizaron con kits del laboratorio Wiener de acuerdo con las instrucciones del fabricante y se utilizó un espectrofotómetro Shimadzu UV-VIS, modelo UV-1900i para su lectura. Para la determinación de magnesio y calcio se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica (Shimadzu AA 646).

2.7. Análisis estadístico

Los resultados se presentan como media \pm error estándar de la media (SEM). Los datos cuantitativos recolectados fueron analizados para el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de

Levene. Los valores de los parámetros productivos se analizaron mediante la prueba de t de Student, excepto para la variable de espesor de grasa dorsal (EGD) que se evaluó mediante la prueba de t de Student pareada. El peso de los lechones, los parámetros metabólicos y el calostro se analizaron mediante ANOVA de dos vías (grupo, días y sus interacciones) según un modelo de medias repetidas. Para la comparación entre medias se utilizó la prueba de comparación de Bonferroni. Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$. Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el programa estadístico InfoStat (Universidad de Córdoba – Argentina, <http://www.infostat.com.ar/>).

3. RESULTADOS

3.1. Experiencia 1: Incorporación de FVH a la dieta de cerdas durante la lactación.

3.1.1. Variables productivas

3.1.1.1. Número y peso de lechones

En la tabla 3 se puede observar el número y peso de las camadas de los grupos C y FVH determinados al nacimiento. Se realizó el análisis estadístico con un t de Student y no se observó diferencias significativas entre los grupos, la variable tiene una distribución normal.

A los 28 días se realizó el destete y tampoco hubo diferencias entre los grupos FVH y C respecto al peso por lechón y número de lechones destetados (tabla 4). Sin embargo, a los 60 días de vida el peso vivo de los lechones provenientes de madres que consumieron FVH durante la lactación fue mayor respecto al de los lechones provenientes de madres del grupo C: $16,1 \pm 0,5$ vs $13,6 \pm 0,5$ kg respectivamente, $p < 0,05$ (figura 1.), ambos análisis se realizaron con un t de Student ya que poseen una distribución normal.

Tabla 3. Número y pesos de los lechones al nacimiento de la experiencia 1.

Número de lechones	FVH	Control
<i>Nacidos vivos</i>	$13,5 \pm 0,8^a$	$13,2 \pm 0,6^a$
<i>Nacidos muertos</i>	$1,7 \pm 0,7^a$	$1,8 \pm 0,6^a$
<i>Total</i>	$15,5 \pm 3,6^a$	$14,8 \pm 3,5^a$
Pesos de los lechones (kg)		
<i>Promedio lechón</i>	$1,5 \pm 0,2^a$	$1,2 \pm 0,3^a$
<i>Promedio camada</i>	$17,1 \pm 4,7^a$	$15,3 \pm 4,6^a$

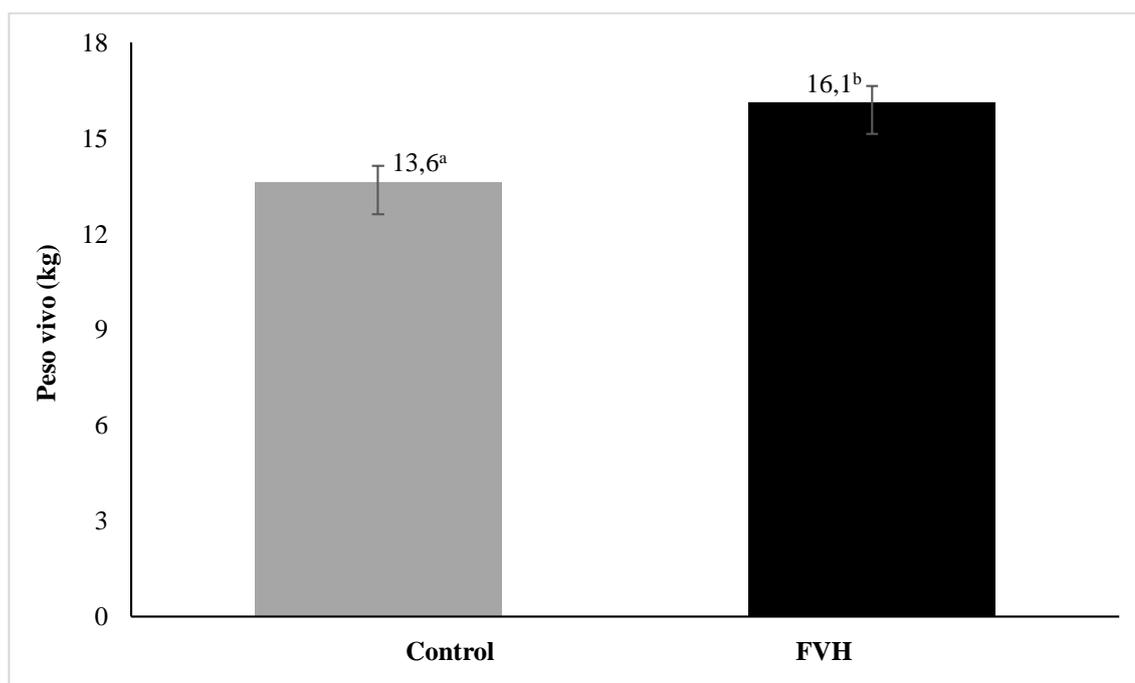
Valores expresados como promedio (media \pm SEM). Columnas con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Tabla 4. Número y peso de los lechones al destete de la experiencia 1.

	FVH	CONTROL
<i>Número de lechones destetados</i>	10,6 ± 0,7 ^a	10,5 ± 0,6 ^a
<i>Peso de lechón al destete (kg)</i>	8,0 ± 0,1 ^a	7,6 ± 0,3 ^a
<i>Peso total de los lechones al destete (kg)</i>	85,5 ± 3,0 ^a	85,5 ± 3,0 ^a

Valores expresados como promedio (media±SEM). Columnas con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Figura 1. Peso de lechones a los 60 días de vida de la experiencia 1.



Letras diferentes indica diferencias significativas entre grupos ($p < 0,05$).

3.1.1.2. Espesor de grasa dorsal

Como puede observarse en la tabla 5 no se observan diferencias significativas entre los grupos en el EGD de las cerdas madres entre el día 0, momento del parto y el día 28, día en que se realiza el destete. Los resultados fueron analizados mediante t de Student ya que poseen una distribución normal. Respecto al análisis intragrupo, se puede observar que al día 28 se produce una disminución del EGD en ambos grupos, siendo dicha disminución del 23% en el grupo C y del 17% en el grupo FVH, $p < 0,05$.

Tabla 5. Espesor de grasa dorsal (mm) durante la lactación en cerdas, experiencia 1.

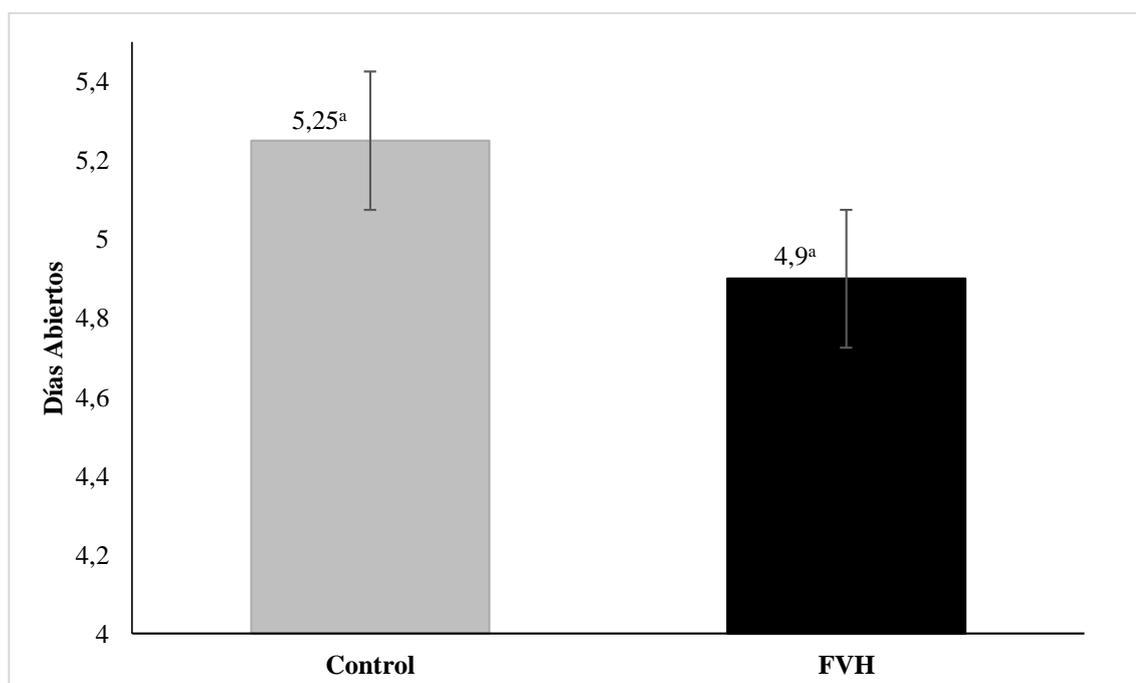
	FVH	CONTROL
<i>Día 0</i>	23,4 ± 0,7 a*	22,9 ± 0,8 a*
<i>Día 28</i>	19,9 ± 0,9 a*	18,6 ± 1,1 a*

Valores expresados como promedio (media±SEM). Letras distintas indican diferencias significativas entre grupos. * indica diferencia significativa dentro del mismo grupo (p<0.05).

3.1.1.3. Intervalo destete–celo

La variable de intervalo destete–celo, tenía una distribución normal y luego de realizar un análisis estadístico de t de Student no mostró diferencias significativas entre grupos. El celo en el grupo C apareció a los 5,25 ± 0,22 días y en el grupo FVH a los 4,93 ± 0,16 días (p<0,05). Analizando individualmente los datos se observa que el 56% de las cerdas del grupo C entraron en celo después del día 5, mientras que, para el grupo que consumió FVH el porcentaje de cerdas que ese día entró en celo fue del 67%.

Figura 2. Intervalo Destete – Celo de la experiencia 1.



Letras diferentes indica diferencias significativas entre grupos (p<0,05).

3.1.1.4. Consumo de alimento

Las cerdas durante la lactancia consumieron en su totalidad el alimento ofrecido, tanto para el grupo C como para el grupo FVH, por lo que no se encontraron diferencias significativas en esta variable.

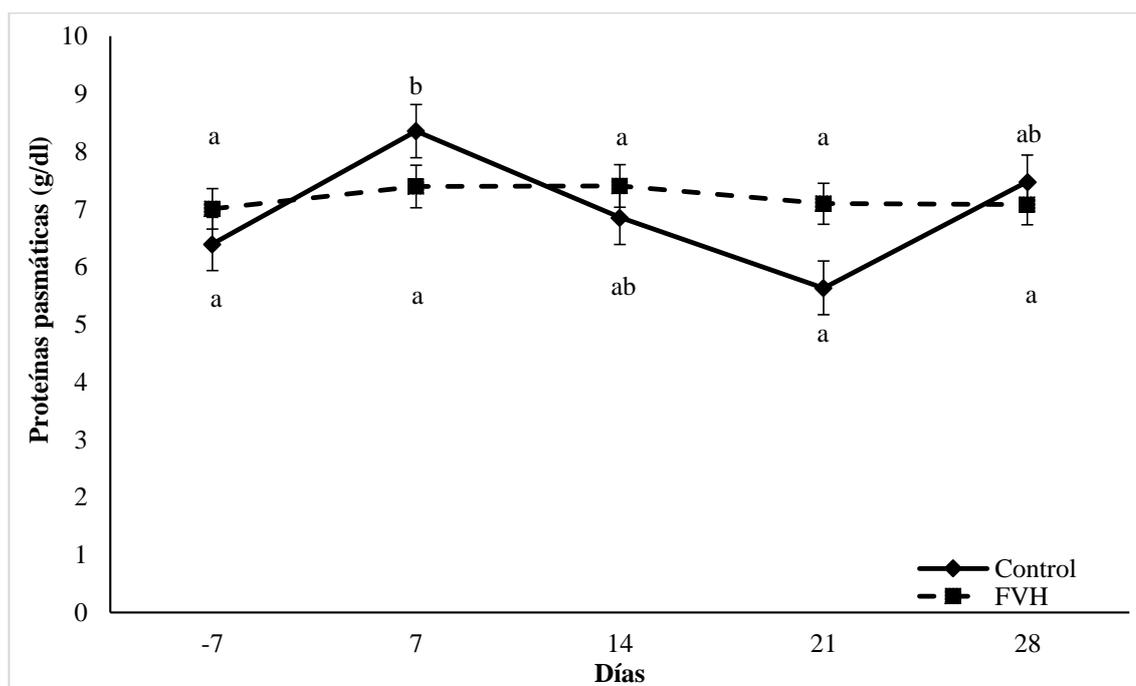
3.1.2. Variables metabólicas

Los resultados de las variables metabólicas poseen una distribución normal, se analizaron mediante t de Student y ANOVA de dos vías grupo, días y sus interacciones con medias repetidas y comparación con test de Bonferroni, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos FVH y C ($p < 0,05$).

3.1.2.1. Proteínas plasmáticas totales

Como se observa en la figura 2, no se encontraron diferencias significativas en la concentración de proteínas plasmáticas totales entre grupos. Intragrupo, este parámetro aumentó hasta el día 7 posparto y luego retornó a niveles preparto pero solo en el grupo C ($p < 0,05$), en cuanto al grupo FVH no se observaron diferencias durante los días de lactancia.

Figura 3. Concentración plasmática de proteínas (g/dl) durante la lactación en cerdas.

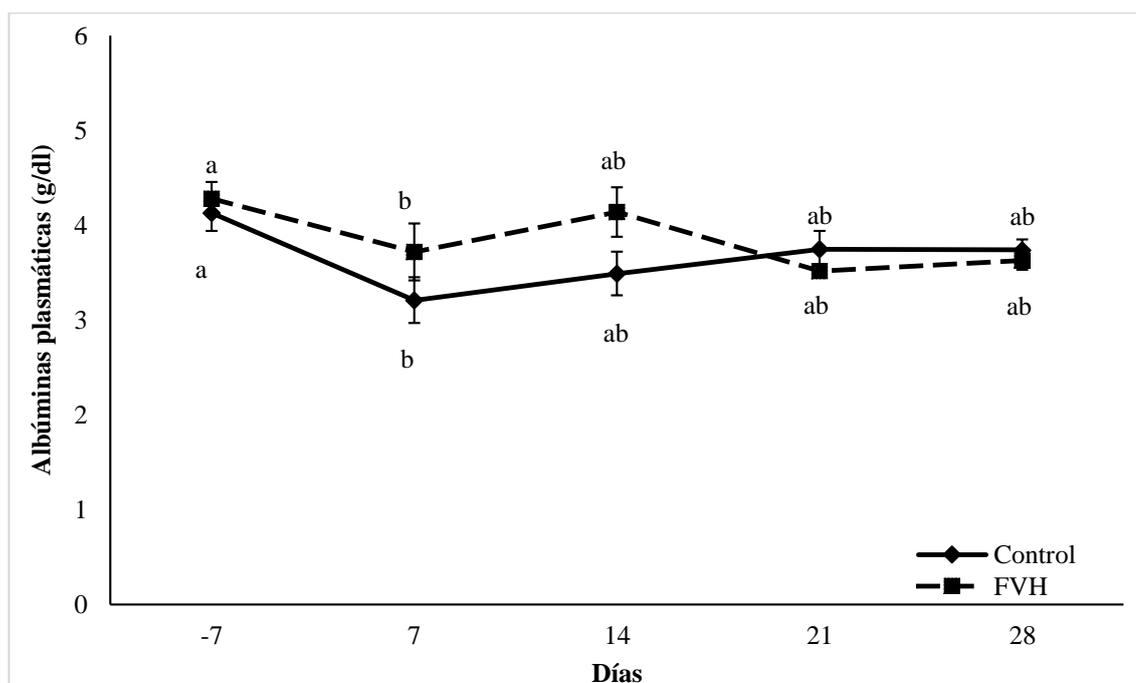


Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de la concentración plasmática de proteínas en grupos C y FVH. Diferentes letras indican significancia entre días dentro de un mismo grupo ($p < 0,05$).

3.1.2.2. Concentración plasmática de albúmina.

La concentración plasmática de albúmina no fue afectada por la incorporación de FVH a la dieta. Como se observa en la figura 3, el día 7 posparto su valor disminuyó, para luego retornar a los niveles previos al parto en ambos grupos.

Figura 4. Concentración plasmática de albúmina (g/dl) durante la lactación en cerdas.



Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de la concentración de albúminas plasmáticas en grupos C y FVH. Diferentes letras indica significancia entre días del mismo grupo ($p < 0,05$).

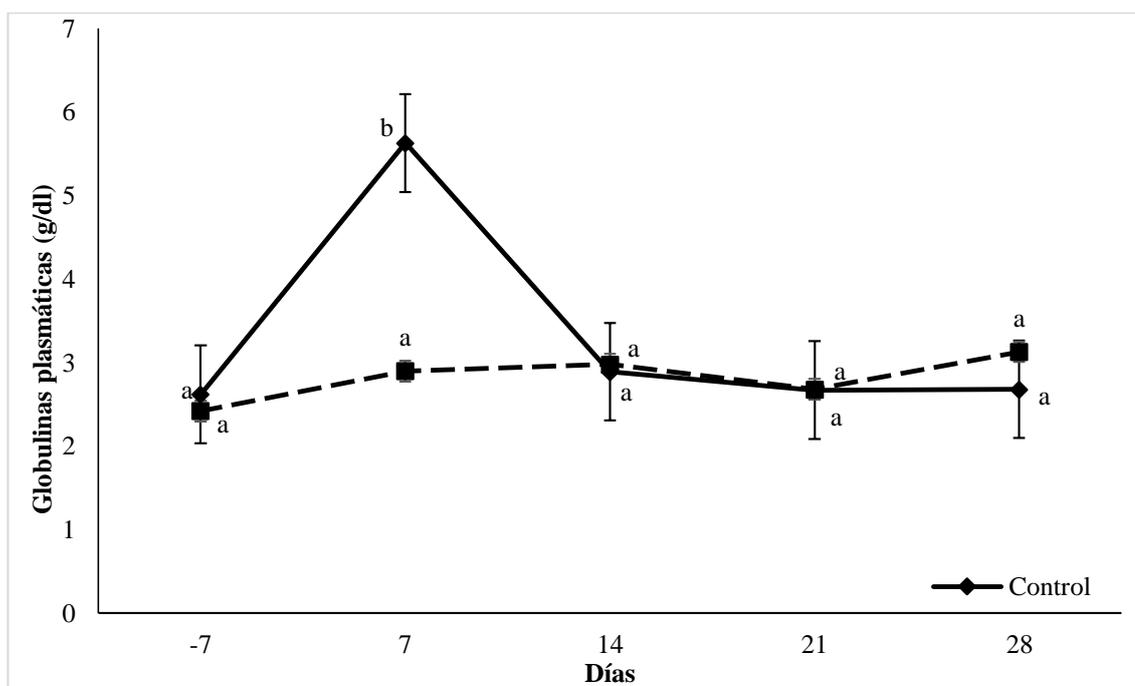
3.1.2.3. Concentración plasmática de globulinas.

Como se observa en la figura 4, no se encontraron diferencias significativas entre grupos.

Dentro del grupo C, se evidenció un incremento en el día 7 posparto ($p < 0,05$) que luego retorna a los niveles del preparto, resultado que se relaciona con los observados en la concentración plasmática de proteínas plasmáticas y albúminas descrito anteriormente.

En el grupo FVH no se observaron diferencias durante los días de lactancia.

Figura 5. Concentración plasmática de globulinas (g/dl) durante la lactación en cerdas.

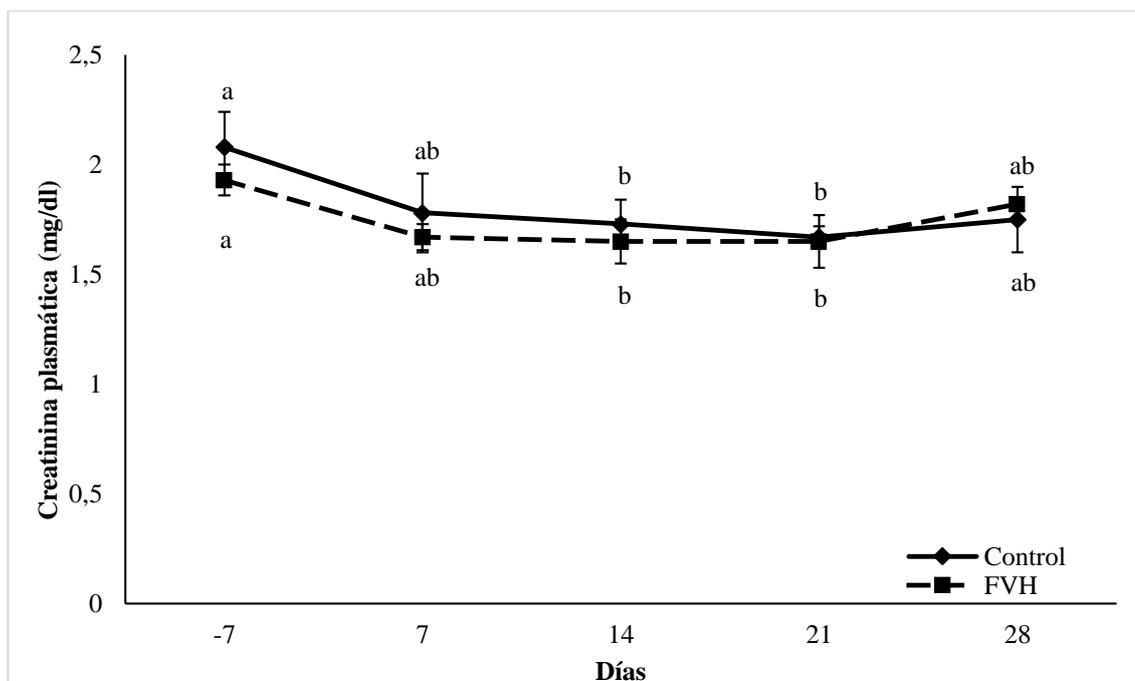


Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de la concentración plasmática de globulinas en grupos C y FVH. Diferentes letras indican significancia entre días dentro del mismo grupo ($p < 0,05$).

3.1.2.4. Concentración plasmática de creatinina.

La creatinina no fue afectada por la incorporación de FVH. En ambos grupos disminuyó hasta el día 21 ($p < 0,05$) para luego retornar el día 28 a los niveles del parto, como se muestra en la figura 5.

Figura 6. Concentración plasmática de creatinina (mg/dl) durante la lactación en cerdas.

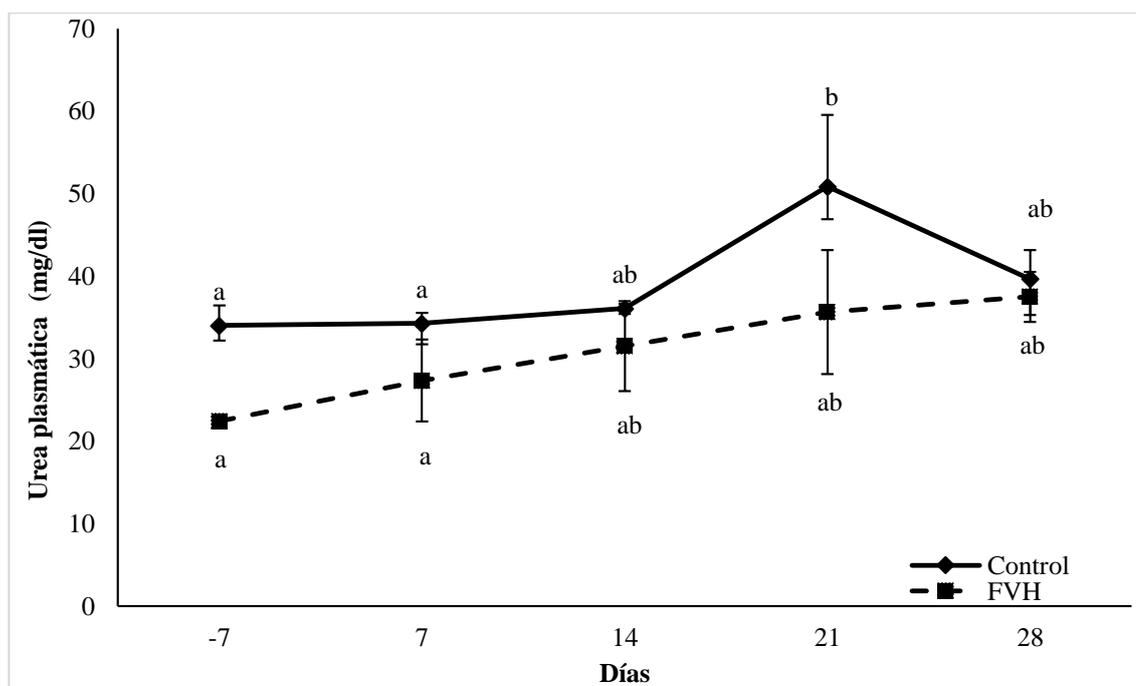


Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de la concentración plasmática de creatinina en grupos C y FVH. Diferentes letras indican diferencia significativa entre días ($p < 0,05$).

3.1.2.5. Concentración plasmática de urea.

Como resultado se observó el día 21 posparto en el grupo C un aumento en la concentración plasmática de urea, valor que luego disminuyó el día 28 a niveles de preparto. En el grupo FVH se observó, a lo largo de la lactancia, un leve aumento no significativo respecto a los valores preparto. No hubo diferencias significativas entre grupos, figura 6.

Figura 7. Concentración plasmática de urea (mg/dl) durante la lactación en cerdas.

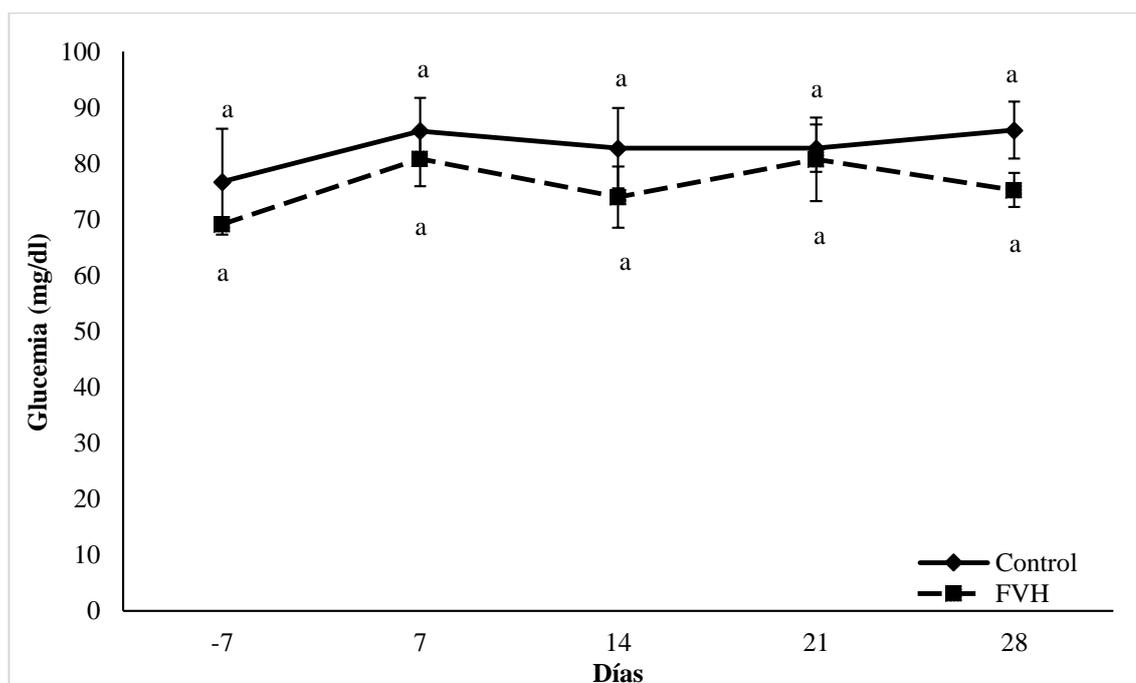


Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de la urea plasmática. Diferentes letras indican diferencia significativa entre días ($p < 0,05$).

3.1.2.6. Concentración plasmática de glucosa

Como resultado se pudo observar que no existían diferencias significativas entre ambos grupos FVH y C, al igual que no hubo diferencias entre los días de lactación, como se muestra en la figura 7.

Figura 8. Concentración plasmática de glucosa (mg/dl) durante la lactación en cerdas.



Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de glucosa plasmática en grupos C y FVH. Valores con diferentes letras indican diferencia significativa entre días ($p < 0,05$).

3.1.2.7. Concentración plasmática de minerales.

Como resultado se puede mencionar que la suplementación con FVH en cerdas durante la lactación no afectó ningún valor mineral y no hubo ninguna diferencia significativa entre los grupos FVH y C, de igual forma no se evidenció diferencias significativas dentro de cada grupo durante la lactación ($p < 0,05$). Estos valores se pueden observar en la tabla 6.

Tabla 6. Concentración plasmática de minerales durante la lactación en cerdas.

Minerales (mg/dl)	Días				
	-7	7	14	21	28
Calcio					
<i>Control</i>	8,86±1,4 ^a	10,54±1,2 ^a	8,33±1,0 ^a	10,68±3,3 ^a	10,98±2,4 ^a
<i>FVH</i>	9,58±1,3 ^a	10,43±1,2 ^a	11,61±1,3 ^a	10,59±0,5 ^a	10,25±0,8 ^a
Fósforo					
<i>Control</i>	8,08±2,1 ^a	6,73±2,5 ^a	7,47±0,8 ^a	5,60±1,1 ^a	8,05±1,6 ^a
<i>FVH</i>	7,86±1,6 ^a	5,56±0,6 ^a	6,62±2,2 ^a	6,37±0,9 ^a	6,09±1,5 ^a
Magnesio					
<i>Control</i>	2,08±0,1 ^a	2,08±0,3 ^a	1,87±0,3 ^a	1,90±0,1 ^a	2,1±0,3 ^a
<i>FVH</i>	1,80±0,1 ^a	1,85±0,2 ^a	2,00±0,2 ^a	1,90±0,1 ^a	1,79±0,1 ^a

Valores expresados como promedio (media±SEM) de la concentración plasmática de minerales en grupos C y FVH. Valores con diferentes letras indican diferencia significativa entre días ($p<0,05$).

3.2. Experiencia 2: Incorporación de FVH a la dieta de cerdas durante la gestación y la lactación.

3.2.1. Variables productivas

3.2.1.1. Número y peso de lechones al nacimiento

En la tabla 7 se puede observar el número y peso de las camadas de los grupos C y FVH determinados al nacimiento. Para los análisis estadísticos de las variables que tenían una distribución normal se realizó una prueba t de Student y no se evidenciaron diferencias significativas entre los grupos ($p<0,05$).

Tabla 7. Número y peso de lechones al nacimiento de la experiencia 2.

Número de lechones	FVH	Control
<i>Nacidos vivos</i>	13,5 ± 3,4 ^a	13,3 ± 2,6 ^a
<i>Nacidos muertos</i>	2,0 ± 2,1 ^a	1,5 ± 1,9 ^a
<i>Total</i>	15,5 ± 3,6	14,8 ± 3,5
Pesos de los lechones (kg)		
<i>Promedio lechón</i>	1,3 ± 0,2 ^a	1,2 ± 0,2 ^a
<i>Promedio camada</i>	17,1 ± 4,9 ^a	15,4 ± 4,6 ^a

Valores expresados como promedio (media±SEM). Columnas con diferentes letras indican diferencias significativas ($p<0,05$).

3.2.1.2. Número y peso de lechones al destete

En la tabla 8 se puede observar el número y peso de los lechones de los grupos C y FVH determinados el día 28 cuando se produjo el destete. Los análisis estadísticos de las variables, que tenían una distribución normal, se realizó con una prueba t de Student, y no se evidenciaron diferencias significativas entre los grupos ($p<0,05$).

Tabla 8. Número y peso de lechones al destete de la experiencia 2.

	FVH	CONTROL
<i>Número de lechones destetados</i>	11,8 ± 3,2 ^a	11,7 ± 1,9 ^a
<i>Peso de lechón al destete (kg)</i>	8,2 ± 0,4 ^a	8,2 ± 1,0 ^a
<i>Peso total de los lechones al destete (kg)</i>	94,8 ± 22,0 ^a	92,5 ± 13,9 ^a

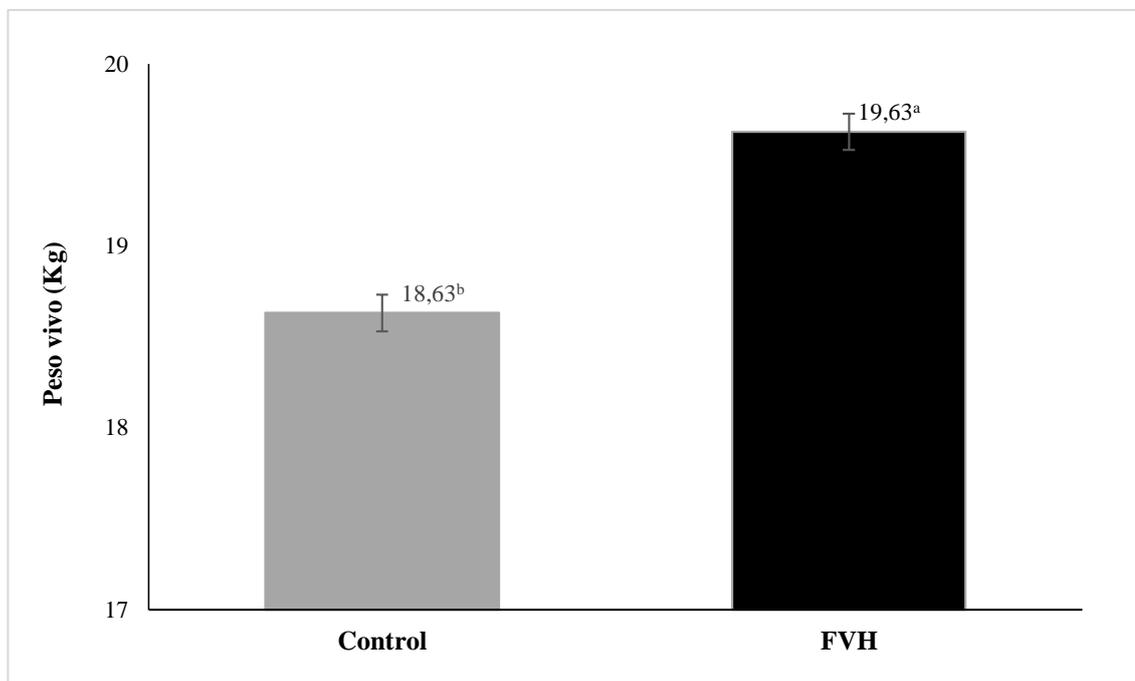
Valores expresados como promedio (media ± SEM). Columnas con diferentes letras indican diferencias significativas ($p<0,05$).

3.2.1.3. Peso de lechones a los 60 días

Los lechones provenientes de ambos grupos fueron llevados, luego del destete al área de recría y permanecieron juntos consumiendo el mismo alimento y agua *ad libitum* hasta el día 60 de vida, momento en el que fueron pesados. Los resultados presentan una distribución normal y se analizaron mediante la prueba t de Student. Se observó mayor

peso en los lechones del grupo FVH respecto a los del grupo C: $19,63 \pm 0,23$ vs $18,63 \pm 0,17$ kg/lechón respectivamente ($p < 0,01$).

Figura 9. Peso de los lechones a los 60 días de vida de la experiencia 2.



Letras diferentes indica diferencias significativas entre grupos ($p < 0,01$).

3.2.1.4. Espesor de grasa dorsal.

Como se puede observar en la tabla 9 las cerdas del grupo FVH llegan al destete con mayor EGD respecto al grupo C ($p < 0,05$). Además, durante la lactancia se observa en el grupo C una disminución significativa del EGD ($p < 0,05$) situación que no ocurre en el grupo FVH. Para el análisis estadístico se realizó una prueba t de Student, los resultados mostraron una diferencia significativa entre los grupos, para corroborar esta diferencia se realizó un ANOVA de dos vías con medias repetidas y comparación con test de Bonferroni.

Tabla 9. Espesor de grasa dorsal (mm) durante la gestación y lactación en cerdas.

	FVH	CONTROL
<i>Servicio</i>	19,3 ± 3,4 ^a	18,6 ± 3,0 ^a
<i>Mitad de gestación</i>	20,7 ± 2,9 ^a	18,6 ± 3,0 ^a
<i>Parto</i>	21,0 ± 2,8 ^a	20,5 ± 3,1 ^{a*}
<i>Destete</i>	18,7 ± 3,6 ^a	15,5 ± 2,4 ^{b*}

Valores expresados como promedio (media ± SEM). Columnas con letras distintas indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$). * Indica diferencia significativa dentro del mismo grupo ($p < 0.05$).

3.2.1.5. Intervalo destete – celo

Si bien la aparición del celo posdestete se observó levemente antes en el grupo FVH esta diferencia no fue estadísticamente significativa: día $5,00 \pm 0,63$ respecto al grupo C: día $5,67 \pm 0,52$. El 70% de las cerdas del grupo FVH entraron en celo el día 5 posdestete, mientras que, el 60% de las cerdas del grupo C lo hicieron el día 6.

3.2.1.6. Consumo de alimento

Durante la gestación, a cada cerda del grupo C se le suministraron 2 kg de alimento/día sin dejar nada cada día. Durante la lactación las raciones iban en aumento a medida que avanzaban los días, hasta que el día 8 cada cerda ingería 8 kg de alimento/día sin dejar restos cada día. Algo similar ocurrió con el grupo FVH, la cerda consumió todo lo ofrecido y no sobró alimento.

3.2.2. Variables metabólicas

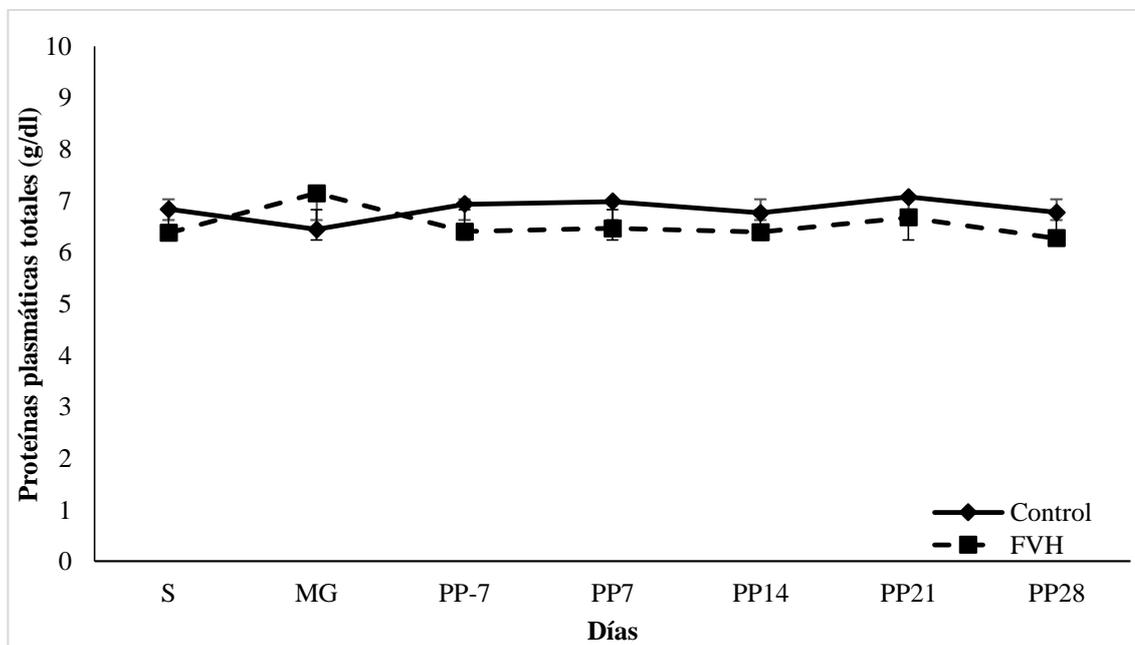
Los resultados de las variables metabólicas de la experiencia 2 poseen una distribución normal, se analizaron mediante la prueba t de Student y ANOVA de dos vías grupo, días y sus interacciones con medias repetidas y comparación con test de Bonferroni, no se

encontraron diferencias significativas entre los grupos FVH y C ($p < 0,05$).

3.2.2.1. Concentración plasmática de proteínas totales, albúminas y globulinas.

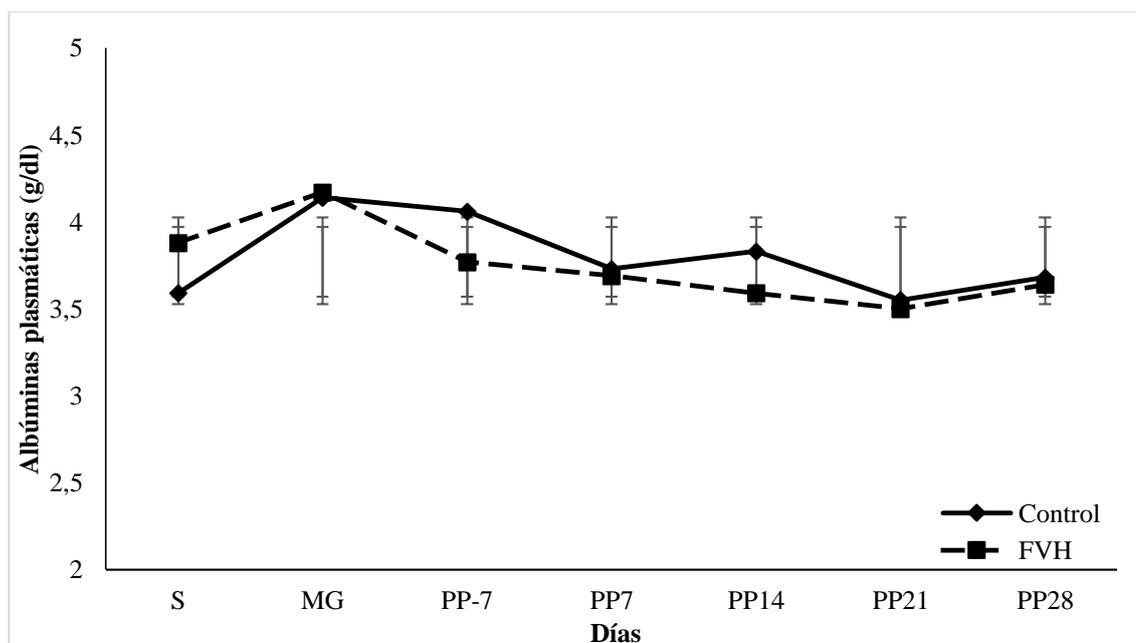
Como puede observarse en las figuras 8, 9 y 10 no se observan diferencias significativas entre grupos en la concentración plasmática de: proteínas totales, albúmina y globulinas respectivamente. Tampoco hubo diferencias dentro de cada grupo en distintos días.

Figura 10. Concentración de proteínas plasmáticas (g/dl) durante la gestación y lactación en cerdas.



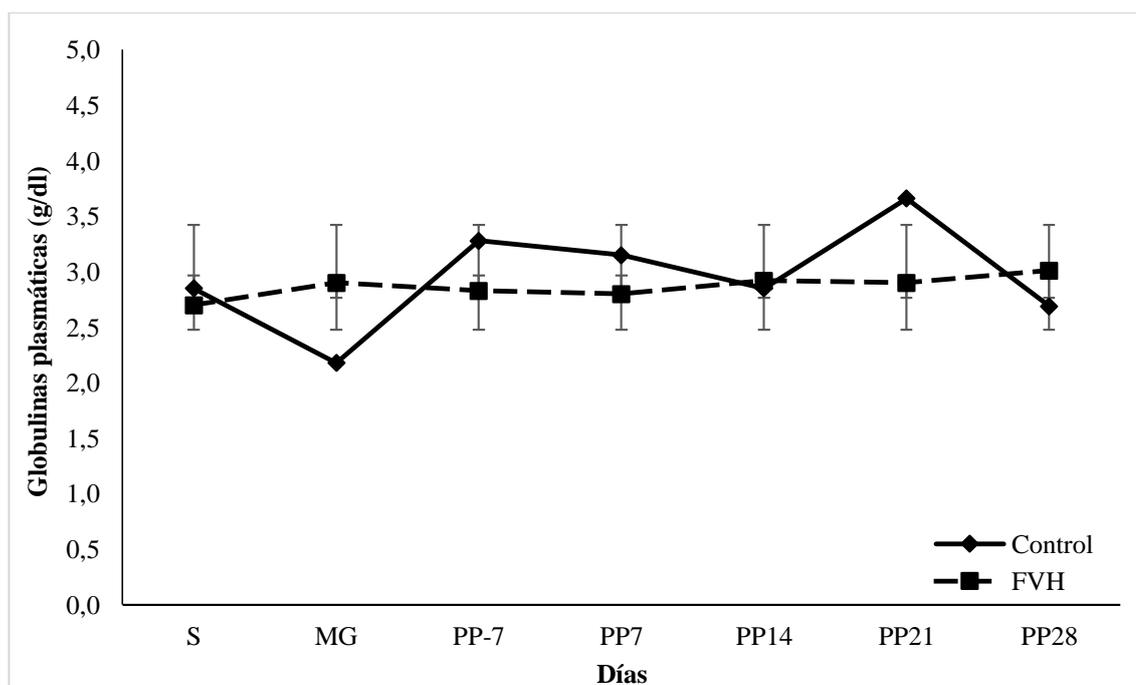
Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de proteínas plasmáticas totales en grupos C y FVH. No se observaron diferencias entre grupos ni entre días ($p < 0,05$). S: servicio. MG: día 60 de gestación. PP-7: día 103 de gestación. PP7, PP14, PP21, PP28: días 7, 14, 21 y 28 posparto.

Figura 11. Concentración de albúmina plasmática (g/dl) durante la gestación y lactación en cerdas.



Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de albúminas plasmáticas en grupos C y FVH. No se observaron diferencias entre grupos ni entre días ($p < 0,05$). S: servicio. MG: día 60 de gestación. PP-7: día 103 de gestación. PP7, PP14, PP21, PP28: días 7, 14, 21 y 28 posparto.

Figura 12. Concentración de globulinas plasmáticas (g/dl) durante la gestación y lactación en cerdas.

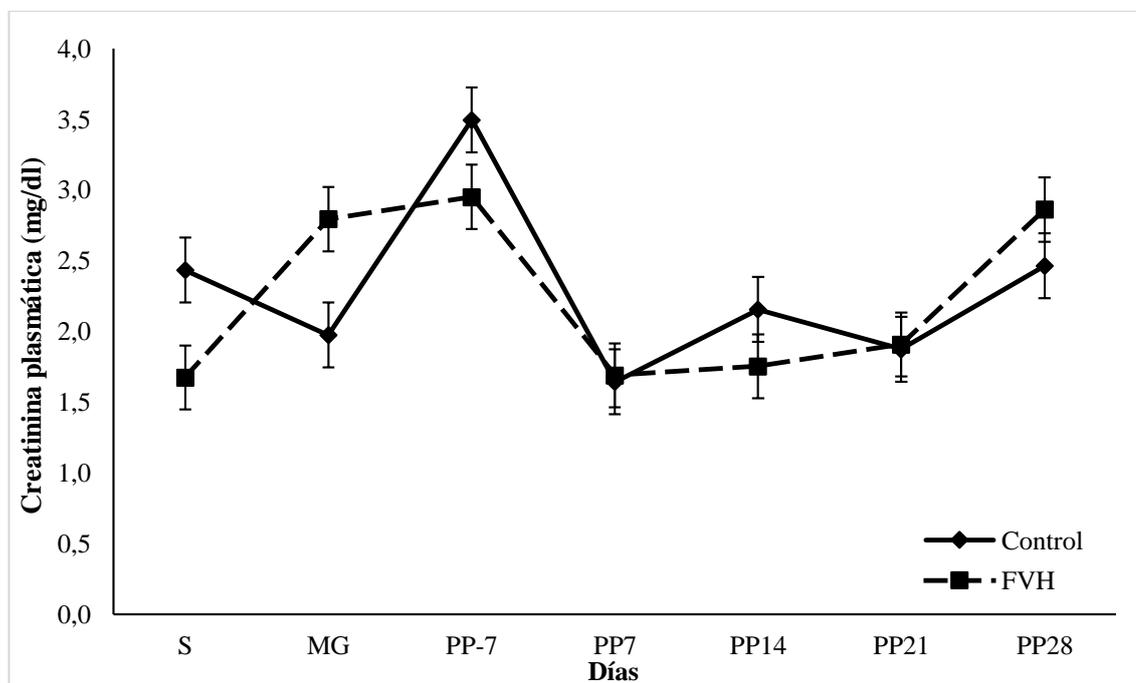


Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de globulinas plasmáticas. No se observaron diferencias entre grupos ni entre días ($p < 0,05$). S: servicio. MG: día 60 de gestación. PP-7: día 103 de gestación. PP7, PP14, PP21, PP28: días 7, 14, 21 y 28 posparto.

3.2.2.2. Concentración plasmática de creatinina

La determinación plasmática de creatinina no mostró diferencias significativas entre los grupos C y FVH, ni intragrupo en distintos días, como se muestra en la figura 11.

Figura 13. Concentración plasmática de creatinina (mg/dl) durante la gestación y lactación en cerdas.

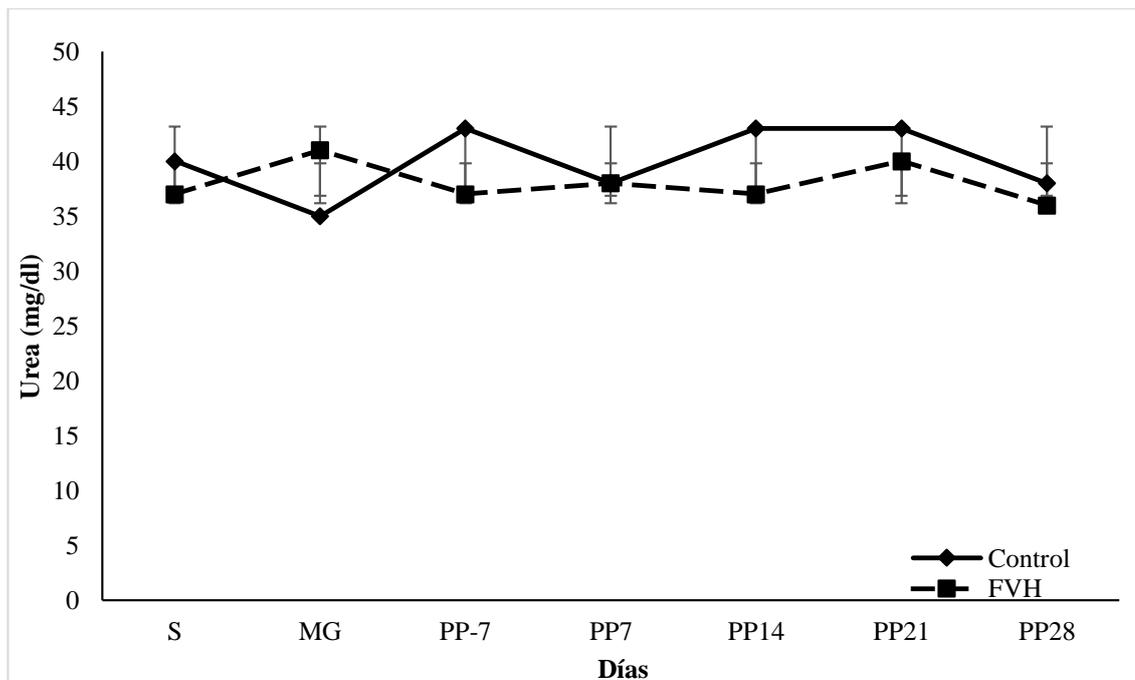


Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de creatinina plasmática en grupos C y FVH. No se observaron diferencias entre grupos ni entre días ($p < 0,05$). S: servicio. MG: día 60 de gestación. PP-7: día 103 de gestación. PP7, PP14, PP21, PP28: días 7, 14, 21 y 28 posparto.

3.2.2.3. Concentración plasmática de urea

La determinación plasmática de urea no mostró diferencias significativas entre los grupos C y FVH, ni dentro de los grupos en distintos días, como se observa en la figura 12.

Figura 14. Concentración plasmática de urea (mg/dl) durante la gestación y lactación en cerdas.

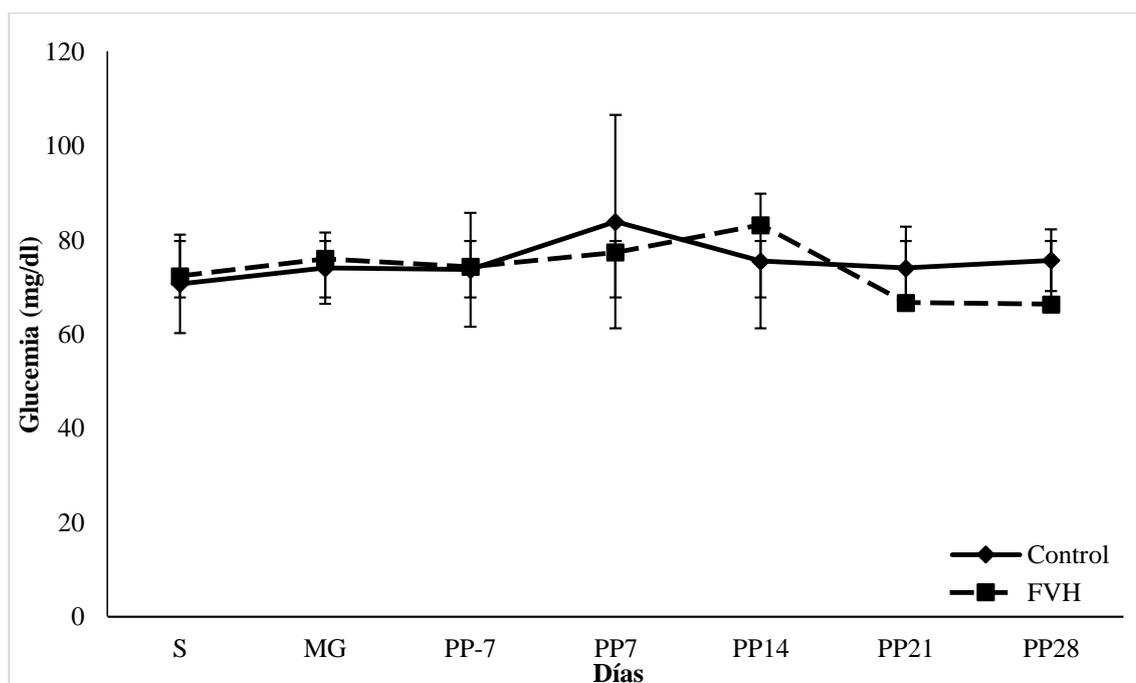


Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de la urea en los grupos C y FVH. No se observaron diferencias entre grupos ni entre días ($p < 0,05$). S: servicio. MG: día 60 de gestación. PP-7: día 103 de gestación. PP7, PP14, PP21, PP28: días 7, 14, 21 y 28 posparto.

3.2.2.4. Concentración plasmática de glucemia

Como puede observarse en la figura 13 no se observan diferencias significativas entre grupos en la concentración plasmática de glucosa y tampoco dentro del mismo grupo en las distintas determinaciones.

Figura 15. Glucemia (mg/dl) durante la gestación y lactación en cerdas.



Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de glucemia en los grupos C y FVH. No se observaron diferencias entre grupos ni entre días ($p < 0,05$). S: servicio. MG: día 60 de gestación. PP-7: día 103 de gestación. PP7, PP14, PP21, PP28: días 7, 14, 21 y 28 posparto.

3.2.3. Calostro

Los resultados se analizaron con la prueba t de Student y ANOVA de dos vías con comparación de Bonferroni ($p < 0,05$), como puede observarse en la tabla 10 no hubo diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las variables analizadas, si bien el grupo FVH presentó una media levemente superior en el en la concentración de proteínas totales y mayor proporción de PB en el análisis fraccional del calostro.

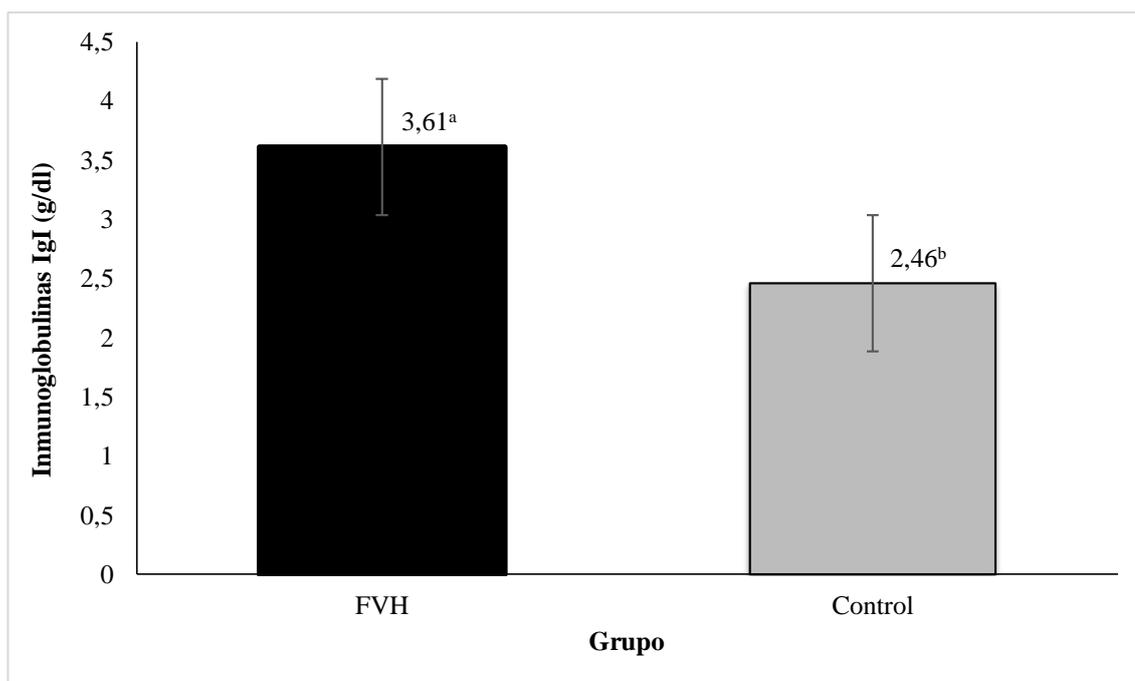
Tabla 10. Análisis de calostro de la experiencia 2.

	FVH	CONTROL
Materia seca (%)	25,4 \pm 3,8 ^a	22,0 \pm 5,0 ^a
Cenizas (%)	2,6 \pm 0,3 ^a	3,1 \pm 0,8 ^a
PB (%)	12,7 \pm 2,1 ^{a*}	10,2 \pm 2,6 ^{a*}
Proteínas totales (g/dl)	13,3 \pm 3,7 ^{a*}	10,1 \pm 2,2 ^{a*}

Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de calostro. Letras diferentes indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0,05$). * indica tendencia entre grupos.

Mediante SDS-PAGE y SDS-PAGE reducido se analizó cuánto de la concentración (g/dl) de las proteínas del calostro correspondían a inmunoglobulinas, se realiza una prueba t de Student y se confirma con un ANOVA de dos vías con comparación de Bonferroni ($p < 0,05$), se observa mayor concentración de inmunoglobulinas en el grupo FVH respecto al grupo C: $3,61 \pm 1,1$ vs $2,46 \pm 0,5$ respectivamente (figura 14).

Figura 16. Inmunoglobulinas (g/dl) presentes en el calostro de la experiencia 2.



Valores expresados como promedio (media \pm SEM) de concentración de inmunoglobulinas en calostro. Letras diferentes indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0,05$).

4. DISCUSIÓN

La mirada en conjunto de distintos parámetros nos muestra el desempeño de la cerda y cómo la nutrición los puede afectar, así, el análisis productivo y metabólico nos ofrece herramientas para controlar las modificaciones realizadas en la nutrición.

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) constituye un método de cultivo sin suelo, en condiciones ambientales controladas, con el cual se permite obtener un suplemento alimentario de calidad en pocos días para ser utilizado en la alimentación de las distintas producciones pecuarias (FAO, 2001). La utilización de FVH puede ser una alternativa para aplicar en la producción porcina. En líneas generales, en este trabajo, la inclusión de FVH como suplemento en la dieta de la cerda durante la gestación y la lactación no afectó a los parámetros metabólicos, pero sí mejoró algunos parámetros productivos. En otras especies esta inclusión ha mostrado resultados semejantes, como lo observado en ovejas donde el uso de forraje verde hidropónico de avena no modificó los parámetros bioquímicos y hematológicos y produjo una mejora en el bienestar animal y producción de leche (Micera et al., 2009). Respecto al bienestar animal, consideramos que el FVH permitió lograr en la cerda una mayor saciedad al colaborar con la ingesta del suplemento de fibra dietaria en el llenado gastrointestinal, lo que también indica una saciedad postprandial prolongada, reduciendo la actividad física (De Leeuw, et al., 2008). Como han observado otros autores la adición de dietas fibrosas durante la gestación incrementa la capacidad del tracto digestivo y provee saciedad sin afectar los parámetros metabólicos en esta etapa (Li, et al., 2021; Jarret & Ashworth, 2018; Quesnel et al., 2009). Los valores bioquímicos encontrados en este trabajo de tesis estuvieron de acuerdo con los valores de referencia (Friendship et al., 1984). Estos parámetros son de gran valor para las interpretaciones clínica y productiva, y necesarios para resolver los cambios que

se puedan observar. La concentración plasmática de albúmina fue similar en ambos grupos, lo que sugiere que la disponibilidad de proteínas en el grupo FVH es adecuada. La producción de albúmina se produce en el hígado y la disminución de sus concentraciones es indicativa de deficiencia de proteínas para su síntesis (Jahhor et al., 1996). Por otra parte, la disponibilidad de proteínas medida por la albúmina se ha correlacionado positivamente con la tasa de ovulación y negativamente con el intervalo destete-estro (Rempel et al., 2018), lo que propone un efecto favorable de la disponibilidad de proteínas sobre el rendimiento reproductivo. En nuestro caso hemos observado que las cerdas que consumen FVH presentan un nivel más estable durante todo el periodo de lactancia tanto en la experiencia 1 y 2 en cuanto a proteínas y albuminas. El análisis de la concentración plasmática de urea y creatinina nos muestra en parte el metabolismo de las proteínas, la creatinina plasmática es el indicador más eficiente del catabolismo muscular ya que es un producto directo del metabolismo de la creatina (Mitchell y Scholz, 2000). La mayor circulación de urea durante la lactancia está relacionada con el aumento de la ingesta proteica o el mayor catabolismo de la proteína endógena (Quesnel et al., 2009), la producción de leche tiene un gran impacto en el metabolismo proteico (Strathe et al., 2017). El consumo de FVH no afectaría la absorción intestinal de proteína desde que no se observa movilización proteica desde los músculos de la cerda dado que estos indicadores indirectos del catabolismo muscular, creatinina principalmente, no se vieron alterados, estos valores permiten evaluar también la función renal ya que los valores de urea se encontraron estables. Durante la lactancia, el aumento del consumo de alimento por parte de la cerda puede verse dificultado y, a medida que la producción de leche aumenta, muchas cerdas podrían volverse catabólicas en este período (Hansen et al., 2012). El aporte proteico otorgado por el FVH en reemplazo de una parte del aporte de la dieta convencional es suficiente para la fisiología normal de la cerda en

estas etapas productivas. Analizando el metabolismo energético, algunos estudios demostraron que las dietas ricas en fibra presentan niveles más bajos de factor de crecimiento similar a la insulina-1, leptina y concentraciones plasmáticas más bajas de β -hidroxibutirato, glucosa, insulina y urea (Jégou et al., 2016; Weaver et al., 2013). Por el contrario, otros estudios no han encontrado ningún efecto claro de la fibra dietética o de las respuestas generales de la glucosa y la insulina. Además, la dieta rica en fibra dio lugar a un aumento de los ácidos grasos de cadena corta y de los ácidos grasos no esterificados en plasma (Yde et al., 2011), metabolitos no determinados en este estudio. Respecto a la glucemia, nuestros resultados muestran que sus valores no fueron afectados por la suplementación con FVH.

La insuficiente ingesta diaria de alimento durante la lactancia es uno de los principales problemas que limitan el rendimiento reproductivo y afectan directamente a la salud de los lechones (Costermans, 2020). La ingesta de FVH durante la preñez no solo adecua el volumen de llenado intestinal a la mayor ingesta que se produce durante la lactación, sino que también tiene efecto directo sobre la microbiota de la cerda cuyos cambios pueden estar involucrados en los procesos metabólicos de la hembra preñada (Sun, 2023), pueden ayudar en la motilidad intestinal y en la composición de la microbiota y pueden adaptarse para manejar un mayor volumen de fibra, además de contar con un intestino saludable que contribuye a una mayor absorción de nutrientes y producción de leche. Además, a través de la microbiota materna se observan efectos en la siguiente generación al mejorar la microbiota de las crías y las respuestas inmune (Wang et al., 2022; Dominguez-Bello, 2019). Estudios en humanos y animales indican que la dieta materna durante la gestación y la lactancia influyen en el desarrollo intestinal y la salud de la descendencia. La microbiota intestinal contribuye significativamente al desarrollo inmunológico y la salud

metabólica (Cox et al, 2014). De Greeff et al (2020) han mostrado que puede ser posible dirigir el desarrollo intestinal de las crías mediante intervenciones alimentarias maternas. Estos hallazgos demuestran que el manejo de la microbiota durante la gestación y la lactación puede introducir efectos de larga duración, incluso transgeneracionales en el desarrollo del intestino y su microbiota. En este sentido, hemos observado mayor ganancia de peso y mayor concentración plasmática de inmunoglobulinas en los lechones provenientes de madres que consumen FVH. Distintos autores han observado que el alimentar a las cerdas durante la gestación con dietas que presentan alto contenido de fibra respecto a cerdas con consumo de dieta convencional, no afecta a la producción de leche ni de calostro (Li et al., 2021; Liu et al., 2020; Loisel et al., 2013). El adecuado consumo de leche aumenta en la cría el desarrollo del tracto gastrointestinal y estimula la síntesis proteica en músculo esquelético y vísceras (Burrin, 1992). En el presente trabajo no hemos podido analizar la composición de la leche, sin embargo, al igual que los autores mencionados, no hemos encontrado en el calostro diferencias en el contenido de proteína bruta determinada por el método de Kjeldahl ni en la concentración de proteínas totales determinado por método enzimático. Sin embargo, cuando analizamos cuánto de las proteínas del calostro corresponden a inmunoglobulinas hemos observado que el calostro proveniente de hembras que consumieron FVH durante toda la gestación contiene mayor concentración de inmunoglobulinas respecto a las cerdas que consumieron dieta convencional, esto puede ser ya que el FVH es una fuente de vitaminas como la A y E que están directamente relacionadas con la síntesis de anticuerpos (Morales & Muñoz, 2018). El calostro es la principal fuente de anticuerpos para los lechones permitiéndoles el desarrollo de inmunidad pasiva, su ingesta les permite modificar la microbiota intestinal tornándolos más resistentes a patógenos externos o toxinas y mejorando su crecimiento en las siguientes fases del desarrollo (Shang et al., 2019). Nuestros resultados

pueden ser comparables a los observados por Shang et al. (2019) quienes con dietas a base de pulpa de remolacha ofrecidas en la última etapa de la gestación obtuvieron mayor porcentaje de Ig A y citoquinas en la mucosa intestinal asociadas a la inmunidad pasiva. Por otra parte, el aumento del crecimiento gastrointestinal se ha demostrado en animales neonatales alimentados con calostro o a los que se les permitió mamar, pero no en aquellos alimentados con fórmulas artificiales (Burrin, 1992). Estos resultados han llevado a la conclusión de que algún componente del calostro estimula el crecimiento gastrointestinal. Investigaciones posteriores han identificado la presencia de una serie de factores de crecimiento en las secreciones mamarias, incluido el factor de crecimiento epidérmico y el factor de crecimiento similar a la insulina I (IGF-I), que inducen la proliferación celular. Estos factores de crecimiento están presentes en concentraciones mucho más altas en el calostro que en la leche madura o en las fórmulas (Burrin, 1992). Respecto al tamaño de la camada o sobre el peso al nacimiento, diferentes autores evaluaron las consecuencias de alimentar a cerdas durante la preñez con diferentes porcentajes de inclusión de fibra y observaron que no hubo efectos de la dieta sobre estos parámetros, al igual que ellos, no hemos encontrado ningún efecto sobre el tamaño de la camada cuando las cerdas fueron alimentadas con suplementación de FVH dado que ni el número de lechones vivos ni el peso al nacimiento presentaron diferencias significativas respecto al grupo control. Sin embargo, al destete, estos autores, a diferencia nuestra, mostraron que la ganancia de peso de los lechones provenientes de madres que consumieron dietas ricas en fibra fue superior respecto a los nacidos de madres que consumían menor cantidad o que no consumían fibra durante la preñez (Oliviero et al., 2009; Quesnel et al., 2009; Guillemet et al., 2007). En nuestro caso coincidimos en que la ganancia de peso de los lechones es mayor, pero observamos que el aumento de peso se ve un poco más allá del destete, lo observamos a los 60 días de

vida. Este resultado lo hemos registrado en las dos experiencias, cuando el consumo de FVH se realiza solo durante la lactación y cuando el consumo de FVH se realiza durante la gestación y la lactación.

Excesos o deficiencias nutricionales en la madre, durante o después de la preñez pueden impactar de manera significativa en el desarrollo de la camada (Zhang, 2019). Son varios los estudios que evaluaron el impacto de las dietas con contenido variable de fibra dietética en la fertilidad y en todas las etapas de ciclo reproductivo. La fibra contiene sustancias como la celulosa que no son fácilmente digestibles por los animales no rumiantes. Sin embargo, en los cerdos algo de digestión de la fibra tiene lugar en el ciego y en el colon gracias a la acción de bacterias celulolíticas. El metabolismo de estas sustancias produce ácidos grasos volátiles los cuales pueden proveer hasta un 28% del balance energético de las cerdas (Noblet & Le Goff, 2001). Se sabe que la alimentación con una dieta alta en fibra antes del apareamiento influye sobre el desarrollo embrionario temprano (Jarret & Ashworth, 2018), también que una ingesta adecuada durante la lactación mejora el estado metabólico y corporal de la hembra al destete, con la consiguiente mejora de su función ovárica y posterior fertilidad (Cassar et al., 2008; Tian et al., 2020). Nuestros resultados muestran que las cerdas que consumieron FVH, tanto durante la lactación como durante la gestación y lactación, presentan una tendencia a disminuir el intervalo destete-celo, ya que el FVH es rico en nutrientes como proteínas, fibra, vitamina y minerales que favorecen la condición corporal, lo cual puede facilitar un retorno más rápido al celo (González et al., 2012), sumado al mejor estado corporal como se verá más adelante, lo que nos lleva a afirmar que la inclusión de FVH ayuda a que las cerdas presenten un celo más temprano y con una mayor fertilidad para la siguiente preñez. Además, desde el punto de vista productivo la presentación temprana del celo

equivale a más lechones por cerda por año, es decir, mayor productividad del plantel porcino. En las últimas etapas de la gestación, las cerdas dejan de depositar grasa y movilizan la grasa y la energía almacenadas hacia la glándula mamaria para la síntesis de leche y, generalmente resultan en una pérdida de peso corporal al destete (Strathe et al., 2017). Sin embargo, se ha demostrado que mantener el espesor de la grasa dorsal y la condición corporal de las cerdas durante la última etapa de la gestación y la lactación es uno de los factores más importantes que determinan el rendimiento reproductivo posterior (Li, 2021).

Se ha reportado que el consumo de pasturas por parte de la cerda tiene un efecto favorable sobre la producción de leche y que alimentar a las cerdas durante la lactación con una dieta alta en fibra incrementa la tasa de crecimiento de la camada y el peso de los lechones al destete, sin embargo, también se ha asociado a esta práctica con una mayor pérdida de peso corporal de la cerda durante esta etapa (Bauza, 2005; Renaudeau, Anais y Noblet, 2003). A diferencia de estos autores no encontramos deterioro de la condición corporal desde que, durante la lactación, el EGD disminuyó en menor grado respecto al grupo control. No hemos encontrado diferencias significativas entre los grupos respecto al EGD desde el servicio y hasta el parto, resultados similares a los observados por Quesnel et al. (2019) quienes incluyeron fibra dietaria durante la gestación y por Shang et al. (2021) quienes observaron una menor pérdida de peso durante la lactancia en cerdas alimentadas con una dieta rica en fibra en comparación con aquellas alimentadas con la dieta de control. Analizando el grupo FVH en esta etapa observamos un aumento paulatino del EGD desde el servicio y hasta el parto de 1,7 mm, valor semejante al reportado por Guillemet et al. (2007) de 1,6 mm. En la experiencia 1, cuando ofrecemos FVH durante la lactación hemos observado, al igual que Oliviero et al. (2009) que el EGD disminuye

de manera similar en ambos grupos sin diferencias significativas entre grupos, pero sí de manera significativa dentro del mismo grupo, esta disminución comenzó desde el parto alcanzando el nivel más bajo al destete. Sin embargo, en la experiencia 2, cuando ofrecemos el FVH desde el servicio y hasta el destete, hemos observado que el grupo FVH presenta un mayor EGD respecto al grupo C y que el descenso pronunciado observado desde el parto hasta el destete en la experiencia 1, se ve en esta oportunidad solo en el grupo C, resultados también observados por Loisel et al. (2013), es decir que el grupo FVH conserva de mejor manera su EGD. Esta diferencia entre grupos el día del destete no se observa cuando el FVH se ofrece a las cerdas solo durante la lactación por lo que hemos logrado mejorar el EGD con el consumo de FVH a lo largo de la gestación y la lactación. En general las cerdas antes de la lactación tienen una dieta restringida y con un aporte de energía limitado, esta energía puede ser tomada del EGD ya que para la cerda es muy difícil reponer este gasto mientras está en lactación, debido a que toda la energía que ingresa mediante la alimentación es destinada para producir leche y mantener a su camada (Tokach et al., 2019). Feyera et al. (2018) observaron que durante la última parte de la gestación el útero satisface parcialmente su demanda de energía utilizando acetato y butirato a partir de dietas con inclusión de fibra dietaria, por lo que podemos suponer que las cerdas del grupo FVH recurrieron a estos componentes provenientes del forraje para utilizarlos como energía y así no usar sus reservas.

5. CONCLUSIONES

Ofrecer FVH en la dieta de las cerdas es una alternativa posible de utilizar en distintos momentos del ciclo reproductivo con respuestas satisfactorias. Con nuestros resultados hemos logrado mostrar que disminuye en la cerda el intervalo destete-celo, que se conserva el EGD al finalizar la lactación y que el calostro producido por estas madres contiene mayor concentración de inmunoglobulinas, evidenciando todas estas consecuencias una mejora en la performance productiva que impacta en la camada, al observar que en los lechones a los 60 días de vida se promueve la ganancia de peso vivo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- **Akbağ, H. İ., Türkmen, O. S., Baytekin, H., & Yurtman, İ. Y.** (2014). Effects of Harvesting Time on Nutritional Value of Hydroponic Barley Production. *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(Özel Sayı-2), 1761-1765.
- **American Association of Cereal Chemists International** (2001). Definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, 46(3), 112-125.
- **Ashworth, C. J., Toma, L. M., & Hunter, M. G.** (2009). Nutritional effects on oocyte and embryo development in mammals: implications for reproductive efficiency and environmental sustainability. *Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1534), 3351-3361.
- **Baginski, E. S., Foa, P. P., & Zak, B.** (1967). Determination of phosphate: study of labile organic phosphate interference. *Clin. Chim. Acta*, 15(1), 155-158.
- **Bauza, R.** (2005). Utilización de pasturas en la alimentación de reproductores. Taller “Utilización de pasturas en la alimentación de cerdos”. Uruguay. *Facultad de Agronomía, Universidad de la República*, 5-14.
- **Boulot, S., Quesnel, H., & Quinou, N.** (2008). Management of high prolificacy in French herds: can we alleviate side effects on piglet survival?. *In Advances in Pork Production*, 19, 213-220.
- **Burrin, D. G., Shulman, R. J., Reeds, P. J., Davis, T. A., & Gravitt, K. R.** (1992). Porcine colostrum and milk stimulate visceral organ and skeletal muscle protein synthesis in neonatal piglets. *The Journal of Nutrition*, 122(6), 1205–1213.
- **Buxadé, C. C., Granell, E. M., & López, D. M.** (2007). La cerda reproductora: claves de su optimización productiva. Ediciones Euroganadería.

- **Cassar, G., Kirkwood, R., Seguin, M., Widowski, T., Farzan, A., Zanella, A. J., & Friendship, R. M.** (2008). Influence of stage of gestation at grouping and presence of boars on farrowing rate and litter size of group-housed sows. *Journal of Swine Health and Production*, 16(2), 81-85.
- **Consejo Europeo 2001.** Commission Directive of 9 November 20012 amending Directive 91/630/EEC laying down minimum standards for the protection of pigs. Directive 2001/88/EC. EC. *Official Journal*, L 316, 01/12/2001, 36-38.
- **Costermans, N. G., Soede, N. M., Middelkoop, A., Laurensen, B. F., Koopmanschap, R. E., Zak, L. J., ... & Kemp, B.** (2020). Influence of the metabolic state during lactation on milk production in modern sows. *Animal*, 14(12), 2543–2553.
- **Courboulay, V., & Gaudre, D.** (2002). Is it necessary to give fibrous diets to group-housed sows? *Journées Recherche Porcine*, 34, 225-232.
- **Cox, L. M., Yamanishi, S., Sohn, J., Alekseyenko, A. V., Leung, J. M., Cho, I., ... & Blaser, M.J.** (2014). Altering the intestinal microbiota during a critical developmental window has lasting metabolic consequences. *Cell*, 158(4), 705-721.
- **De Greeff, A., Schokker, D., Roubos-van den Hil, P., Ramaekers, P., Vastenhouw, S. A., Harders, F., ... & Rebel, J. M.** (2020). The effect of maternal antibiotic use in sows on intestinal development in offspring. *Journal of Animal Science*, 98(6), 1-13.
- **De Leeuw, J., Bolhuis, J., Bosch, G., Gerrits, W.** (2008). Effects of dietary fibre on behavior and satiety in pigs: symposium on ‘Behavioural nutrition and energy balance in the young’. *Proceedings of the Nutrition Society*, 67(4), 334-342.
- **Dominguez-Bello, M. G., Godoy-Vitorino, F., Knight, R., & Blaser, M. J.** (2019). Role of the microbiome in human development. *Gut*, 68(6), 1108–1114.

- **Dourmad, J. Y., Ettiène, M., & Noblet, J.** (1996). Reconstitution of body reserves in multiparous sows during pregnancy: Effect of energy intake during pregnancy and mobilization during the previous lactation. *Journal of Animal Science*, 74(9), 2211-2219.
- **FAO.** (2001). Manual técnico forraje verde hidropónico. Recuperado de http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/pdf/1.pdf
- **FEDNA.** (2013). Necesidades nutricionales para ganado porcino normas FEDNA 2ª edición. Madrid: Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal.
- **Feyera, T., Pedersen, T., Krogh, U., Foldager, L., & Theil, P. K.** (2018). Impact of sow energy status during farrowing on farrowing kinetics, frequency of stillborn piglets and farrowing assistance. *Journal of Animal Science*, 96(6), 2320-2331.
- **Flores, R. V.** (2019). Fibra dietaria: una alternativa para la alimentación. *Ingeniería Industrial*, 37, 229-242.
- **Friendship, R., Lumsden, J., McMillan, I., & Wilson, M. R.** (1984). Hematology and biochemistry reference values for Ontario swine. *Canadian Journal of Comparative Medicine*. 48(4), 390-393.
- **Gao, L., Chen, L., Huang, Q., Meng, L., Zhong, R., Liu, C., Tang, X., Zhang, H.** (2015). Effect of dietary fiber type on intestinal nutrient digestibility and hindgut fermentation of diets fed to finishing pigs. *Livestock Science*. 174, 53-58.
- **Gerrits, W. J., & Verstegen, M. W.** (2006). El papel de la fibra dietética en la alimentación porcina. *FEDNA*, 22, 19-35.
- **González, A. L., García, S. L., & Martínez, J. L.** (2012). Efectos del consumo de forraje verde hidropónico en la producción de cerdas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 33(4), 123-134.

- **Guillemet, R., Hamard, A., Quesnel, H., Père, M. C., Etienne, M., Dourmad, J. & Meunier-Salaün, M. C.** (2007). Dietary fibre for gestating sows: effects on parturition progress, behavior, litter and sow performance. *Animal*, 1(6), 872–880.
- **Hansen, A.V., Lauridsen, C., Sørensen, M. T., Bach Knudsen, K. E., & Theil P. K.** (2012). Effects of nutrient supply, plasma metabolites, and nutritional status of sows during transition on performance in the next lactation. *Journal of Animal Science*, 90(2), 466-480.
- **Jahoor, F., Bhattiprolu, S., Del Rosario, M., Burrin, D., Wykes, L., & Frazer, M.** (1996). Chronic protein deficiency differentially affects the kinetics of plasma proteins in young pigs. *The Journal of Nutrition*. 126(5), 1489-1495.
- **Jarret, S., & Ashworth, C. J.** (2018). The role of dietary fibre in pig production, with a particular emphasis on reproduction. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9(1), 1-11.
- **Jaurena, G., Wawrzekiewicz, M.** (2009). Guía de procedimientos analíticos Año 2009. Ph.D Thesis, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- **Jégou, M., Gondret, F., Lalande-Martin, J., Tea, I., Baéza, E., & Louveau, I.** (2016). NMR-based metabolomics highlights differences in plasma metabolites in pigs exhibiting diet-induced differences in adiposity. *European Journal of Nutrition*, 55, 1189-1199.
- **Li, H., Yin, J., Tan, B., Chen, J., Zhang, H., Li, Z., & Ma, X.** (2021). Physiological function and application of dietary fiber in pig nutrition: *A review*. *Animal Nutrition*, (2), 259–267.
- **Li, Y., He, J., Zhang, L., Liu, H., Cao, M., Lin, Y., ... & Wu, D.** (2021). Effects of dietary fiber supplementation in gestation diets on sow performance, physiology

and milk composition for successive three parities. *Animal Feed Science and Technology*, 276, 114945.

- **Liu, Y., Chen, N., Li, D., Li, H., Fang, Z., Lin, Y., ... & Che, L.** (2020). Effects of dietary soluble or insoluble fiber intake in late gestation on litter performance, milk composition, immune function, and redox status of sows around parturition. *Journal of Animal Science*, 98 (10), skaa303.
- **Loisel, F., Farmer, C., Ramaekers, P., & Quesnel, H.** (2013). Effects of high fiber intake during late pregnancy on sow physiology, colostrum production, and piglet performance. *Journal of Animal Science*, 91(11), 5269-5279.
- **MAGyP** (2024). Anuario porcino 2023. Secretaria de Bioeconomía – Ministerio de Economía República Argentina. Recuperado de https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/estadistica/_archivos//000005-anuario/230000_Anuario%202023.pdf
- **MAGyP** (2024). Boletín mensual porcino mayo 2023. Secretaria de Bioeconomía - Ministerio de Economía República Argentina. Recuperado de [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/estadistica/_archivos//000000_Bolet%C3%ADn%20Porcino/240500_Boletin%20Mensual%20Porcino%20\(Mayo%202024\).pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/estadistica/_archivos//000000_Bolet%C3%ADn%20Porcino/240500_Boletin%20Mensual%20Porcino%20(Mayo%202024).pdf)
- **Martínez, J., & Tabaré, D.** (2016). Principios de nutrición en sistemas de producción porcina. Estación Experimental Agroforestal Esquel. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_principios_de_nutricion_en_sistemas_de_produccion_porcin_a.pdf

- **Mertens, D.R.** (1988). Recent Modifications to the Neutral Detergent Fiber Procedure, U.S. Dairy Forage Research Center Research Summaries, Madison, WI, 97-98.
- **Meunier-Salaün, M.C., Edwards, S.A., & Robert, S.** (2001). Effect of dietary fibre on the behavior and health of the restricted fed sow. *Animal Feed Science and Technology*, 90(1-2), 53–69.
- **Micera, E., Ragni, M., Minuti, F., Rubino, G., Marsico, G., & Zarrilli, A.** (2009). Improvement of sheep welfare and milk production fed on diet containing hydroponically germinating seeds. *Italian Journal of Animal Science*, 8(sup2), 634-636.
- **Mitchell, A. D., & Scholz, A. M.** (2000). Techniques for measuring body composition of swine. *In Swine nutrition*, 937-980. CRC Press.
- **Morales, A., Muñoz, J.** (2018). Impacto del forraje verde hidropónico en la salud intestinal e inmunológica en cerdas en etapa de gestación y lactancia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 31(2), 97-106.
- **Murcia, V., Savio, M., Cora Jofré, F., & Beneitez, A.** (2021). Principios básicos de nutrición porcina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Boletín de divulgación técnica, 121, 8-2021.
- **National Research Council** (1998) Nutrient Requirements of Swine. 10th Revised Edition, *National Academy Press*, Washington DC.
- **Noblet, J., & Le Goff, G.** (2001). Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 90(1-2), 35-52.
- **Oliviero, C., Kokkonen, T., Heinonen, M., Sankari, S. & Peltoniemi, O.** (2009). Feeding sows with high fibre diet around farrowing and early lactation: impact on

intestinal activity, energy balance related parameters and litter performance.

Research in Veterinary Science, 86(2), 314-319.

- **Pandey, H., & Pathak, N.** (1991). Nutricional evaluation of artificially grown barley fodder in lactating crossbred cows. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 8 (1), 77-78.
- **Quesnel, H., Meunier-Salaun, M. C., Hamard, A., Guillemet, R., Etienne, M., Farmer, C., ... & Père, M. C.** (2009). Dietary fiber for pregnant sows: Influence on sow physiology and performance during lactation. *Journal of Animal Science*, 87(2), 532- 543.
- **Quesnel, H., Peuteman, B., Père, M. C., Louveau, I., Lefaucheur, L., Perruchot, M. H., ... & Merlot, E.** (2019). Effect of environmental enrichment with wood materials and straw pellets on the metabolic status of sows during gestation. *Livestock Science*, 229, 43-48.
- **Rempel, L., Wallet, J., & Nonneman, D.** (2018). Characterization of plasma metabolites at late gestation in early parity sows on production and post-weaning reproductive performance. *Journal of Animal Science*. 96(2), 521-531.
- **Renaudeau, D., Anais, C., & Noblet, J.** (2003). Effects of dietary fiber on performance of multiparous lactating sows in a tropical climate. *Journal of Animal Science*, 81(3), 717-725.
- **Savón, L.** (2002). Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36(2), 91-102.
- **Segura, F. S., Echeverri, R. F., Patiño, A. C. Ll. & Mejía, A. I. G.** (2007). Descripción y discusión acerca de los métodos de análisis de fibra y del valor nutricional de forrajes y alimentos para animales. *VITAE*, 14 (1), 72-81.

- **Serena, A., Jorgensen, H. & Bach Knudsen, K. E.** (2009). Absorption of carbohydrate-derived nutrients in sows as influenced by types and contents of dietary fiber. *Journal of Animal Science*, 87(1), 136–147.
- **Shang, Q., Liu, H., Liu, S., He, T., & Piao, X.** (2019). Effects of dietary fiber sources during late gestation and lactation on sow performance, milk quality, and intestinal health in piglets. *Journal of Animal Science*, 97(12), 4922-4933.
- **Shang, Q., Liu, S., Liu, H., Mahfuz, S., & Piao, X.** (2021). Impact of sugar beet pulp and wheat bran on serum biochemical profile, inflammatory responses and gut microbiota in sows during late gestation and lactation. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12, 1-14.
- **Sneath, R., & McIntosh, F.** (2003). Review of hydroponic fodder production for beef cattle. Department of Primary Industries: Queensland Australia, 84, 54.
- **Strathe, A. V., Bruun, T. S., & Hansen, C. F.** (2017). Sows with high milk production had both a high feed intake and high body mobilization. *Animal*. 11(11), 1913-1921.
- **Sun, C., Song, R., Zhou, J., Jia, Y., & Lu, J.** (2023). Fermented bamboo fiber improves productive performance by regulating gut microbiota and inhibiting chronic inflammation of sows and piglets during late gestation and lactation. *Microbiology Spectrum*, 11(3), e0408422.
- **Sun, H. Q., Tan, C. Q., Wei, H. K., Zou, Y., Long, G., Ao, J. T., ... & Peng, J.** (2015). Effects of different amounts of konjac flour inclusion in gestation diets on physio-chemical properties of diets, postprandial satiety in pregnant sows, lactation feed intake of sows and piglet performance. *Animal Reproduction Science*, 152, 55-64.

- **Tian, M., Chen, J., Liu, J., Chen, F., Guan, W., & Zhang, S.** (2020). Dietary fiber and microbiota interaction regulates sow metabolism and reproductive performance. *Animal Nutrition*, 6(4), 397-403.
- **Tilley, J. M. A., & Terry, D. R.** (1963). A two stage technique for in vitro digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*, 18(2), 104-111.
- **Tokach, M., Menegat, M., Gourley, K., & Goodband, R. D.** (2019). Review: Nutrient requirements of the modern high-producing lactating sow, with an emphasis on amino acid requirements. *Animal*, 13(12), 2967-2977.
- **Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A.** (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.
- **Wang, C., Wei, S., Liu, B., Wang, F., Lu, Z., Jin, M., & Wang, Y.** (2022). Maternal consumption of a fermented diet protects offspring against intestinal inflammation by regulating the gut microbiota. *Gut Microbes*, 14(1), 2057779.
- **Weaver, A.C., Kelly, J.M., Kind, K.L., Gatford, K.L., Kennaway, D.J., Herde, P.J., & Van Wettere, W. H. E. J.** (2013). Oocyte maturation and embryo survival in nulliparous female pigs (gilts) is improving by feeding a lupin-based high fibre diet. *Reproduction, Fertility and Development*, 25(8), 1216-1223.
- **Wenk, C.** (2001). The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. *Animal Feed Science and Technology*, 90(1-2), 21-33.
- **Yde, C. C., Bertram, H. C., Theil, P. K., & Knudsen, K. E. B.** (2011). Effects of high dietary fibre diets formulated from by-products from vegetable and agricultural industries on plasma metabolites in gestating sows. *Archives of Animal Nutrition*. 65(6), 460-476.

- **Zhang, S., Heng, J., Song, H., Zhang, Y., Lin, X., Tian, M., ... & Guan, W.** (2019). Role of maternal dietary protein and amino acids on fetal programming, early neonatal development, and lactation in swine. *Animals*, 9(1), 19.