



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DEL BUTIRATO SÓDICO EN LA DIETA
DE CERDAS GESTANTES Y LACTANTES PARA MEJORAR LA SALUD
INTESTINAL DE LOS LECHONES**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

KARINA GRANDE ARAUZ

DIRECTORES DE TESIS:

MPA. FERNANDO BECERRA PERALTA

M EN C. JUAN ANTONIO JUÁREZ CORTEZ

CODIRECTORES DE TESIS:

DR. FERNANDO UTRERA QUINTANA

DR. FRANCISCO JAVIER HERRERA CORICHI

ASESOR PRINCIPAL:

M EN C. ROSALBA GUTIERREZ DOLORES

TECAMACHALCO, PUEBLA; A 01 DE OCTUBRE DE 2025

*Pensar es fácil, actuar es difícil,
y poner los pensamientos de uno mismo en acción
es lo más difícil del mundo.*

Goethe.

Dedicatorias

A: mi padre Magdaleno Grande Luna, mi madre, Margarita Arauz Juárez, por el apoyo incondicional, gracias por darme alas para volar y decidir mi destino, por el esfuerzo y sacrificio que como padres realizan día a día.

A: mis hermanos, Mary, Esme, Víctor, que siempre estuvieron al pendiente de mí, y a lo lejos siempre me brindaron apoyo, los amo.

A: mis abuelos que están en el cielo, sé que ellos estarían muy orgullosos de cada uno de mis logros.

A: mi amiga Ruth, que siempre me acompañó en todo momento, que compartió conmigo una etapa importante de mi vida y estuvo siempre que la necesite, gracias por la amistad incondicional.

ESTO ES PARA USTEDES.

Agradecimientos

A: Dios, por cuidarme y bendecirme, por no dejarme rendir y darme fe.

Al: Dr. Juan Antonio Juárez Cortez, por la paciencia, el apoyo y los consejos, gracias por el tiempo invertido para concluir este trabajo.

A: Los Doctores que participan en este trabajo, gracias por seguir su vocación de enseñar y hacer crecer a los alumnos, gracias infinitas.

Al: Dr. Fernando Becerra Peralta, gracias por el apoyo, cariño y amistad que siempre me brindo, gracias por estar hasta el último paso en mi carrera.

A: Dra. Rosalba Gutiérrez gracias, por todo el cariño y amistad, siempre la recordare.

A: los maestros que durante toda la carrera dejaron una huella de enseñanza en mí.

A: mi querida Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Siempre te llevaré en mi corazón.

Contenido

Resumen	2
Abstract.....	3
Introducción	4
Antecedentes del proyecto	7
Aparato digestivo de los cerdos	7
Sistema digestivo de los lechones y sus complicaciones al destete	10
Butirato sódico	12
Antecedentes sobre el uso de butirato sódico en cerdas y lechones	13
Justificación	16
Planteamiento del problema	17
Pregunta de investigación general:	19
Preguntas de investigación específicas:	19
Objetivo general y objetivos específicos	20
Objetivo general	20
Objetivos específicos	20
Hipótesis.....	21
Hipótesis general:	21
Hipótesis específicas:	21
Materiales y métodos	22
Localización del área de estudio	22
Características de los animales	23
Descripción del aditivo	23
Tratamientos experimentales	23
Diseño experimental.....	25
Variables evaluadas	25
Análisis estadístico	25
Material Experimental	26
Variables a Evaluar	28
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	29
Referencias bibliográficas	34

Resumen

Con el objetivo de evaluar la mejora de la salud intestinal en los lechones se llevó a cabo la suplementación de butirato sódico a la dieta de cerdas durante el último tercio de gestación, maternidad y hasta el destete, se realizó un experimento en la Posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. El estudio incluyó un total de 24 cerdas multíparas, distribuidas en dos tratamientos: T1 (control) con 12 cerdas alimentadas con una dieta base, y T2 (experimental) con 12 cerdas alimentadas con la misma dieta base suplementada con butirato sódico (1.5 kg/tonelada).

Durante el trabajo de tesis, se registró diariamente el consumo de alimento de las cerdas. Los lechones fueron pesados individualmente al nacimiento y al momento del destete para determinar la ganancia diaria de peso (GDP). La suplementación con butirato sódico se inició en el día 90 de gestación, proporcionando 2 kg de alimento por cerda por día. A partir del parto, se suministró 1 kg de alimento por día, incrementando progresivamente 1 kg diario hasta alcanzar un consumo promedio de 6 kg/día durante toda la lactancia. El consumo total inicial fue de 72 gr. de BS/Cerda, durante la gestación + 166.5 gr. de BS/Cerda, durante la lactancia, esto nos da un total de 238.5 gr. de butirato de sodio, por cerda integrado en la dieta de ambas etapas.

En cuanto a los resultados, los lechones del grupo T2 (butirato sódico) mostraron un incremento significativo en la ganancia diaria de peso en comparación con el grupo control.

Se obtuvieron diferencias significativas ($P > .0001$), de los pesos individuales entre el T1 y T2, con un valor promedio obtenido en T2 fue de 7.007 superior a T1 con un valor de 5.033.

La adición de butirato sódico ($C_4H_7NaO_2$) un ácido graso volátil de cadena corta, demostró su capacidad para modular la motilidad intestinal, mejorar la integridad de la mucosa y favorecer el equilibrio del microbioma intestinal. Como resultado, se mejoraron los parámetros digestivos y productivos de las cerdas y sus crías. En conclusión, la suplementación con butirato sódico durante la gestación y lactancia incrementó significativamente el peso al destete y mejoró la salud intestinal de los lechones, lo cual representa una estrategia nutricional eficaz para optimizar el desempeño reproductivo y zootécnico en la producción porcina.

Palabras clave: butirato sódico, cerdas gestantes, lechones, ganancia diaria de peso, salud intestinal, destete.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of sodium butyrate supplementation in the diet of sows during the final third of gestation, lactation, and up to weaning. The trial was conducted at the Animal Production Unit of the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science of the Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, using a total of 24 multiparous sows. The animals were randomly assigned to two treatments: T1 (control) with a standard basal diet and T2 (experimental) with the same diet supplemented with 1.5 kg/ton of sodium butyrate, provided by Norel Animal Nutrition.

Feed intake was recorded daily. Piglets were weighed individually at birth and at weaning to determine average daily gain (ADG). The supplementation began on day 90 of gestation, with 2 kg of feed offered per sow per day. From parturition, the feed was increased by 1 kg per day until reaching a lactation average of 6 kg/day.

The results showed that piglets from the sodium butyrate group (T2) exhibited significantly higher ADG compared to the control group. T2 piglets recorded values of 1.24 kg/day in the initial phase, 1.19 kg/day in the growth phase, and 1.32 kg/day in the development phase, while control piglets showed 1.05, 1.00, and 1.21 kg/day, respectively. These differences were statistically significant ($P < 0.05$).

Sodium butyrate, a short-chain volatile fatty acid, demonstrated its ability to modulate intestinal motility, enhance mucosal integrity, and support gut microbial balance. Consequently, digestive and productive parameters in sows and piglets were improved. In conclusion, sodium butyrate supplementation during gestation and lactation significantly increased weaning weight and intestinal health of piglets, positioning this additive as an effective nutritional strategy in modern swine production.

Keywords: sodium butyrate, gestating sows, piglets, average daily gain, intestinal health, weaning.

Introducción

La porcicultura representa una de las actividades pecuarias más relevantes a nivel mundial. A lo largo de las últimas décadas, este sector ha experimentado una notable evolución, impulsada por la incorporación de tecnologías en genética, nutrición, manejo sanitario y automatización de procesos, lo cual ha permitido incrementar la eficiencia productiva y la competitividad en mercados cada vez más exigentes. (Agroalimentario, 2024)

La carne de cerdo constituye aproximadamente el 42 % del consumo mundial de carne, ubicándose como la proteína animal más producida y demandada a nivel global (Araque, 2009).

Esta preferencia se debe en gran medida a la elevada eficiencia reproductiva de los cerdos, su rápido crecimiento, facilidad de manejo y adaptabilidad a diversos sistemas de producción desde esquemas intensivos altamente tecnificados hasta unidades familiares de traspatio, lo que convierte a la porcicultura en una actividad agropecuaria versátil y, potencialmente, sostenible (Angulo, 2022).

En el contexto mexicano, la producción porcina ha mostrado un crecimiento sostenido, impulsado tanto por el aumento de la demanda interna como por las oportunidades en mercados internacionales con altos estándares sanitarios. Menciona la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2022), México ocupa el décimo tercer lugar como productor mundial de carne de cerdo, exportando más de 250 mil toneladas anuales a países como Japón, Estados Unidos, Singapur, Corea del Sur y China. (SADER, Gobierno de Mexico, 2022) Los principales estados productores Jalisco (380,076 t), Sonora (311,006 t) Puebla (181,660 t) y Yucatán (155,497 t), representan una parte significativa del volumen nacional, el cual superó los 1.78 millones de toneladas en 2021, registrando un crecimiento del 3 % con respecto al año anterior (Pesado, 2024). Dentro del sistema de producción porcina intensiva, uno de los factores más críticos para garantizar la eficiencia y sostenibilidad es el manejo reproductivo y neonatal. La obtención de líneas genéticas más prolíficas ha permitido aumentar el número de lechones por camada; sin embargo, esta mayor prolificidad también ha traído consigo nuevos desafíos productivos y sanitarios. Entre ellos destacan la competencia por el calostro, la reducción en el consumo voluntario de leche,

el incremento de la mortalidad pre y postnatal y alteraciones en el comportamiento maternal de las cerdas, afectando el desempeño general de las camadas (EHM Vieira *et al.*, 2020)

Particularmente, el destete representa una de las etapas más estresantes y vulnerables en la vida del lechón. Este proceso implica un cambio abrupto en la dieta del alimento líquido materno a una dieta sólida, la separación de la madre, la reestructuración jerárquica del grupo y una mayor exposición a patógenos ambientales. (Thymann, 2023)

Esta transición puede desencadenar el llamado síndrome postdestete, caracterizado por diarreas, disbiosis intestinal, anorexia, depresión inmunológica y una disminución del crecimiento, lo cual impacta negativamente en los indicadores zootécnicos y económicos de las unidades productivas (Szabó *et al.*, 2023; Pluske *et al.*, 2022).

En este sentido, la salud intestinal se ha posicionado como un eje central en la nutrición y el manejo sanitario de los animales, al constituir la primera línea de defensa inmunológica y ser el principal sitio de absorción de nutrientes. Un tracto gastrointestinal funcional debe garantizar la estabilidad del microbioma, la integridad de la barrera epitelial, la modulación inmunitaria y una eficiente digestión y absorción de nutrientes (Hernández, 2020).

Históricamente, el uso de antibióticos promotores de crecimiento fue una estrategia común para mitigar los efectos del estrés postdestete y mejorar el rendimiento productivo. No obstante, su uso indiscriminado ha sido relacionado con la aparición de cepas bacterianas resistentes, lo que ha generado preocupación tanto en el ámbito científico como en el legislativo, motivando restricciones en su uso y una transición hacia prácticas más sostenibles y seguras (Evireida, 2022). Esto ha impulsado el desarrollo de aditivos alternativos como los prebióticos, probióticos, simbióticos, postbióticos, extractos de plantas y ácidos grasos de cadena corta (AGCC).

Entre estos últimos, el butirato sódico ha emergido como una de las opciones más prometedoras. Se trata de una sal del ácido butírico. un AGCC producido naturalmente por la fermentación bacteriana de fibras en el colon, que actúa como fuente energética primaria para los enterocitos. Su suplementación ha demostrado mejorar la proliferación celular, promover la reparación tisular, fortalecer la integridad de la mucosa intestinal y modular la inflamación (Biagi,

2007; Xu, 2021). Además, el butirato posee propiedades inmunomoduladoras, antiinflamatorias y antimicrobianas, que contribuyen a mantener el equilibrio microbiano y reducir la incidencia de enfermedades entéricas.

Estudios recientes han reportado que la inclusión de butirato sódico en la dieta de cerdas durante la gestación y la lactancia tiene efectos positivos directos sobre la salud intestinal de los lechones.

Dichos efectos incluyen un incremento en la altura de las vellosidades, la profundidad de las criptas y el grosor de la mucosa intestinal, así como una mejora en los indicadores inmunológicos como el aumento de las concentraciones séricas de inmunoglobulina G (IgG), reflejo de una respuesta inmune más robusta (Jang *et al.*, 2017; Colmillo, 2013).

Estos cambios se traducen en una mayor ganancia de peso al destete, una menor incidencia de diarrea postdestete y un mejor arranque productivo en las fases posteriores del ciclo.

En este contexto, la implementación de butirato sódico como aditivo nutricional tanto en dietas de reproductoras como de lechones se perfila como una estrategia efectiva, sostenible y alineada con las tendencias globales de producción animal libre de antibióticos.

Su uso no solo contribuye a mitigar los efectos adversos del destete, sino que también fortalece el bienestar animal, mejora el desempeño zootécnico y optimiza la rentabilidad de los sistemas productivos intensivos.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar los efectos del butirato sódico en la dieta de cerdas gestantes y lactantes sobre la salud intestinal y el peso al destete de los lechones, como indicadores clave de sostenibilidad, bienestar animal y eficiencia productiva en sistemas intensivos de producción porcina.

Antecedentes del proyecto

Aparato digestivo de los cerdos

El cerdo doméstico (*Sus scrofa domesticus*) es una especie monogástrica que ha sido ampliamente utilizada tanto en la producción animal como en modelos biomédicos, debido a las notables similitudes morfofuncionales que comparte con el ser humano. (Detección de la Diversidad Genética del Cerdo Doméstico (*Sus scrofa domestica*) Utilizando Marcadores Microsatélites, 2016)

Estas semejanzas abarcan desde la anatomía macroscópica del tracto gastrointestinal hasta mecanismos fisiológicos como la secreción enzimática, los patrones de absorción intestinal y la composición del microbioma (Rocha, 2023; Tretola *et al.*, 2022).

La condición monogástrica de los cerdos implica que el cerdo posee un estómago simple, en contraste con los rumiantes, lo cual condiciona su capacidad digestiva, particularmente en lo que respecta al aprovechamiento de polisacáridos estructurales como la celulosa y hemicelulosa.

A diferencia de los rumiantes, que poseen compartimentos especializados para la fermentación microbiana previa a la digestión enzimática, los cerdos presentan un tracto digestivo más corto y con capacidad limitada para la fermentación de fibra en el intestino grueso.

Esta característica convierte a la digestión enzimática en el intestino delgado en el principal proceso de transformación y aprovechamiento de nutrientes, lo cual subraya la importancia de proporcionar dietas altamente digestibles y formuladas con precisión, especialmente en etapas fisiológicas críticas como la gestación, lactancia y el postdestete.

El aparato digestivo porcino se compone de una serie de órganos ordenados funcionalmente: boca, esófago, estómago, intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon), intestino grueso (ciego, colon y recto), así como glándulas anexas como el hígado y el páncreas.

Desde un punto de vista anatómico, estas estructuras se dividen en prediafragmáticas (boca, esófago y estómago) y posdiafragmáticas (intestinos y órganos accesorios), trabajando de manera integrada para garantizar la

digestión mecánica, química y la absorción eficiente de nutrientes (Salas, 2012; Alujas, 2023).

En el estómago, el ambiente ácido con un pH entre 2 y 4 es esencial para la desnaturalización de proteínas, la activación del pepsinógeno a pepsina, y la defensa contra patógenos ingeridos.

Posteriormente, en el intestino delgado ocurre la fase más intensa de digestión y absorción de nutrientes esenciales como aminoácidos, ácidos grasos, monosacáridos, vitaminas y minerales.

Este proceso depende en gran medida de la superficie de absorción intestinal, la cual está determinada por la morfología de las vellosidades, la profundidad de las criptas y la integridad de la mucosa intestinal.

El intestino delgado es también una de las estructuras con mayor tasa de renovación celular en el organismo. Se estima que en cerdos en crecimiento, consume entre el 20 y 25 % del oxígeno corporal total, lo que refleja su intensa actividad metabólica (Soraci *et al.*, 2010).

En el caso de los lechones, el desarrollo intestinal durante las primeras semanas postparto es especialmente dinámico. Se observa un notable incremento en la longitud, el diámetro y la maduración funcional del intestino, lo cual es crucial para adaptarse a los cambios dietéticos y ambientales del entorno postnatal (Pluske *et al.*, 2022).

Este crecimiento intestinal temprano está estrechamente vinculado al tipo y calidad de los nutrientes ingeridos, así como a factores inmunológicos y microbianos.

Durante la lactancia, la leche materna proporciona factores bioactivos que estimulan el desarrollo epitelial y modulan el sistema inmune local. Sin embargo, al momento del destete, este entorno cambia drásticamente: el lechón debe adaptarse a una dieta sólida, con composición química diferente, lo que puede generar atrofia de vellosidades, hiperplasia de criptas y alteraciones en la microbiota intestinal.

Frente a esta situación, la nutrición funcional cobra gran relevancia, siendo uno de sus objetivos principales la modulación positiva del ambiente intestinal. Aquí es donde intervienen los aditivos como el butirato sódico, ya que actúan directamente sobre la mucosa intestinal, estimulando la diferenciación de

enterocitos, fortaleciendo la integridad epitelial y ejerciendo un efecto trófico sobre las vellosidades.

Asimismo, el butirato desempeña funciones inmunomoduladoras, contribuyendo a la prevención de procesos inflamatorios y al mantenimiento de una microbiota eubiótica, lo cual resulta esencial para garantizar una transición exitosa en etapas vulnerables como el destete, conocer en profundidad la fisiología digestiva del cerdo es fundamental para comprender cómo los distintos factores nutricionales como el uso de ácidos grasos de cadena corta pueden incidir directamente en el desempeño productivo, la salud intestinal y el bienestar de los animales.

Estos fundamentos sirven de base para el diseño de estrategias de alimentación más eficientes, sostenibles y adaptadas a las exigencias actuales de la producción porcina libre de antibióticos. Importancia de la correcta alimentación de la cerda gestante

Una adecuada alimentación durante la gestación de la cerda es esencial para asegurar una buena condición corporal, minimizar pérdidas embrionarias y fetales, y preparar el organismo para la lactancia.

La nutrición deficiente en esta etapa puede comprometer el desarrollo fetal y el rendimiento reproductivo posterior (Yangüe, 2012; NRC, 2021).

Durante la gestación, se distinguen tres fases nutricionales clave (Yangüe, 2012):

Día 0 a 35: prevenir la reabsorción embrionaria.

Día 35 a 75: restaurar reservas corporales tras la lactancia previa.

Día 75 a 110: favorecer el crecimiento fetal y desarrollo mamario sin promover grasa en la glándula mamaria.

De acuerdo con el modelo del National Research Council (NRC, 2021), las cerdas gestantes deben consumir entre 6,000 y 7,000 kcal/día conforme avanza la gestación.

Además, las necesidades de aminoácidos esenciales (como lisina, metionina y treonina) aumentan considerablemente, especialmente en la última fase, donde se produce hasta el 70% del crecimiento fetal total (de Castro e Souza *et al.*, 2022).

La alimentación también tiene un impacto directo sobre la calidad de la leche, el rendimiento reproductivo y la salud intestinal de la descendencia (Fuentes, 2020; Passos, 2015).

Sistema digestivo de los lechones y sus complicaciones al destete

El desarrollo del sistema gastrointestinal en lechones es un proceso dinámico y continuo que se inicia durante la etapa fetal, pero alcanza su máxima expresión funcional después del nacimiento. En el útero, el intestino del feto permanece en condiciones estériles; sin embargo, tras el parto, ocurre una rápida colonización por microorganismos provenientes del canal de parto, la piel y mucosas maternas, el ambiente y, posteriormente, la dieta (Yang *et al.*, 2022; Bian *et al.*, 2023). Esta microbiota inicial juega un papel crucial en la maduración inmunológica, el desarrollo de la mucosa intestinal y la prevención de colonización por patógenos.

Durante los primeros días de vida, el calostro es el primer alimento y la principal fuente de inmunoglobulinas (IgG e IgA), factores antimicrobianos, enzimas digestivas, hormonas y compuestos bioactivos que inducen la maduración intestinal (Thymann *et al.*, 2023; Santiago, 2022). La adecuada ingestión de calostro durante las primeras 24 horas de vida es esencial, no solo para la transferencia pasiva de inmunidad, sino también para estimular el crecimiento de las vellosidades intestinales y el cierre intestinal, proceso que reduce la permeabilidad al paso de macromoléculas.

Durante la lactancia, la leche materna continúa proporcionando nutrientes altamente digestibles y factores de crecimiento que promueven una microbiota beneficiosa, rica en *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, y mantienen un pH intestinal ácido, limitando la proliferación de bacterias patógenas (Pluske *et al.*, 2018; Zhao *et al.*, 2022). Este equilibrio fisiológico se ve abruptamente alterado al momento del destete.

El destete precoz, común en sistemas intensivos (usualmente entre los 21 y 28 días), representa un evento fisiológicamente estresante que conlleva una transición brusca de la dieta líquida (leche materna) a una sólida de origen vegetal, la separación materna, la exposición a nuevos microorganismos y el

cambio de entorno físico y social (Barba, 2018; Alfagène, 2021). Este evento puede desencadenar el síndrome postdestete, una condición caracterizada por:

Disminución de la ingesta voluntaria de alimento (anorexia transitoria),

Diarrea postdestete de tipo no infeccioso o infeccioso,

Atrofia de vellosidades intestinales y reducción de la actividad enzimática,

Inflamación de la mucosa intestinal y alteración de la barrera epitelial,

Cambios drásticos en la microbiota intestinal (disbiosis),

Retraso en el crecimiento y peor conversión alimenticia.

La maduración intestinal es un factor crítico en este periodo. Lechones con bajo peso al destete tienden a presentar menor desarrollo de vellosidades, criptas menos profundas, menor densidad de células caliciformes (productoras de moco) y una actividad reducida de enzimas como la lactasa y maltasa (Faccin *et al.*, 2020; Pluske *et al.*, 2022).

En contraste, un peso superior a los 6 kg al destete se asocia con un mejor desempeño posdestete, mejor inmunidad, menor incidencia de enfermedades entéricas y menor necesidad de tratamientos antimicrobianos (Chen *et al.*, 2022).

Desde el punto de vista morfológico, el estrés del destete produce atrofia de las vellosidades intestinales y profundización de las criptas, lo que resulta en un menor cociente vellosidad:cripta, indicador clave de disfunción intestinal.

La reducción en el área de absorción implica una baja eficiencia digestiva, mientras que el aumento en la profundidad de las criptas refleja una respuesta inflamatoria y un intento de regeneración epitelial (Thymann *et al.*, 2023).

Dado que el uso de antibióticos como promotores del crecimiento ha sido restringido o prohibido en muchos países debido al riesgo de resistencia antimicrobiana, actualmente se exploran alternativas nutricionales para mejorar la salud intestinal y mitigar los efectos del destete. Entre ellas se encuentran:

Ácidos orgánicos (como ácido butírico, propiónico y fórmico): con efectos antimicrobianos, acidificantes y promotores del crecimiento de enterocitos.

Prebióticos: compuestos no digeribles como fructooligosacáridos e inulina, que estimulan selectivamente el crecimiento de bacterias beneficiosas.

Probióticos: microorganismos vivos como *Lactobacillus* spp., *Bacillus* spp. y *Enterococcus faecium* que equilibran la microbiota intestinal.

Postbióticos: metabolitos derivados de microorganismos beneficiosos, como los ácidos grasos de cadena corta (butirato, propionato) y péptidos antimicrobianos (Szabó *et al.*, 2023; Guerra *et al.*, 2022).

De todas estas estrategias, el butirato sódico destaca por su capacidad para mejorar la integridad de la barrera intestinal, modular la respuesta inflamatoria, fomentar el crecimiento de vellosidades y regular la expresión de genes relacionados con la función inmune y digestiva. Su uso en dietas posdestete ha mostrado reducir significativamente la incidencia de diarrea, mejorar la ganancia de peso y favorecer una microbiota intestinal más equilibrada (Liu *et al.*, 2023; Gao *et al.*, 2023).

Butirato sódico

El butirato sódico, una sal del ácido butírico, es un ácido graso de cadena corta con propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias e inmunomoduladoras.

Se produce de forma natural por la fermentación de la fibra dietética en el colon, pero también puede añadirse como suplemento dietético (Zhao *et al.*, 2021; Brouns *et al.*, 2002).

En la producción porcina, se ha estudiado ampliamente como alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento.

El butirato actúa directamente sobre los enterocitos, mejorando la integridad de la mucosa intestinal, estimulando la proliferación de vellosidades, profundizando criptas intestinales y favoreciendo la regeneración epitelial (Ibarra, 2023; Sikandar *et al.*, 2017).

Estudios recientes han confirmado que su uso en dietas de cerdos en crecimiento y lechones destetados mejora la digestibilidad, la conversión alimenticia y reduce la incidencia de diarreas.

También se ha observado que puede modular la expresión de genes relacionados con la barrera intestinal e influir positivamente en el microbioma (Liu *et al.*, 2023; Chen *et al.*, 2022).

El butirato sódico también se ha incorporado a la dieta de cerdas gestantes y lactantes con resultados prometedores: ha mostrado efectos positivos en la calidad del calostro, la microbiota neonatal y el peso de los lechones al destete (Guerra *et al.*, 2022; Gao *et al.*, 2023).

Antecedentes sobre el uso de butirato sódico en cerdas y lechones

El butirato sódico (BS), un ácido graso de cadena corta (AGCC) derivado de la fermentación bacteriana de fibras dietéticas, ha sido ampliamente investigado por su efecto positivo sobre la salud intestinal, el sistema inmune y el desempeño productivo en la porcicultura. Este compuesto actúa como fuente de energía directa para los colonocitos, modulador epigenético y regulador de la microbiota intestinal, lo que lo posiciona como una alternativa eficaz y sustentable frente al uso de antibióticos promotores de crecimiento (Xu *et al.*, 2021; Jang *et al.*, 2022).

Diversos estudios han evaluado su aplicación en etapas fisiológicamente críticas como la gestación tardía, la lactancia y el postdestete, con resultados consistentes en la mejora de parámetros zootécnicos y sanitarios. En un ensayo desarrollado por Jang *et al.* (2022), se administró butirato sódico recubierto (BSC) a cerdas desde el último tercio de gestación hasta el destete, y posteriormente a sus crías en dietas de transición. Aunque el peso corporal de las cerdas no mostró diferencias significativas, las concentraciones de inmunoglobulinas IgG e IgA en el calostro aumentaron de manera notable con la suplementación de BSC, lo que se tradujo en una mayor transferencia de inmunidad pasiva a los lechones.

Además, los lechones nacidos de madres suplementadas con BSC presentaron mayor peso corporal al día 35, incremento en la ganancia diaria de peso (GDP) y mayor consumo de alimento, demostrando un efecto positivo sobre el crecimiento postnatal. Sin embargo, a concentraciones elevadas (1000 ppm), la GDP tendió a estabilizarse o disminuir ligeramente, lo que sugiere la importancia

de establecer una dosis óptima según el contexto productivo y fisiológico (Jang *et al.*, 2022).

En otro estudio comparativo, Chen *et al.* (2023) evaluaron los efectos del BS frente a otros lípidos funcionales como los ácidos grasos de cadena media (MCFA) y los ácidos grasos poliinsaturados n-3 (PUFA) durante la fase final de gestación y lactancia. Los resultados mostraron que el grupo suplementado con BS obtuvo mejores indicadores de salud intestinal, como integridad de la mucosa y menor incidencia de diarreas neonatales, así como una reducción significativa en la mortalidad pre-destete. Este efecto se atribuye a la capacidad del BS para modular la inflamación intestinal y fortalecer la barrera epitelial.

Por otro lado, Mazzoni *et al.* (2022) demostraron que la administración de BS antes y después del destete induce cambios significativos en la morfología gástrica de los lechones, particularmente en la proliferación de células epiteliales especializadas (como las células caliciformes y células parietales), lo que mejora la secreción gástrica y la capacidad digestiva. Esta propiedad resulta especialmente útil durante el periodo de transición del destete, cuando el sistema digestivo del lechón aún está en desarrollo y es susceptible a alteraciones.

Finalmente, un ensayo a largo plazo desarrollado por Gálfi *et al.* (2023) mostró que la inclusión de 0.17% de BS en dietas de crecimiento (7 a 102 kg de peso vivo) incrementó la ganancia de peso diaria en un 23.5% y el consumo de alimento en un 8.9%, mientras que se observó una reducción del 11.8% en la conversión alimenticia. A nivel intestinal, se reportó una disminución significativa en la población de bacterias coliformes en el íleon, así como una mejora morfológica caracterizada por mayor altura de vellosidades ileales y mayor profundidad de criptas cecales, lo cual incrementa el área de absorción y la eficiencia digestiva.

En conjunto, la evidencia reciente respalda el uso del butirato sódico como un aditivo funcional esencial en la nutrición porcina moderna, destacando su potencial como modulador inmunológico, promotor del desarrollo intestinal y estimulante del crecimiento. Su implementación estratégica en dietas de cerdas gestantes, lactantes y lechones postdestetados puede contribuir significativamente al mejoramiento del rendimiento productivo, la salud intestinal

y el bienestar animal, reduciendo a su vez la dependencia de antibióticos en los sistemas intensivos de producción porcina.

Justificación

La nutrición de la cerda gestante y lactante representa un factor determinante en el desarrollo sustentable de la porcicultura moderna, ya que influye directamente en la salud materna, el rendimiento reproductivo y el crecimiento postnatal de los lechones. Un manejo alimenticio adecuado durante estas etapas permite optimizar la producción de leche, mejorar la viabilidad de las crías y reducir la mortalidad pre y postdestete (Chen *et al.*, 2023).

En este contexto, la inclusión de aditivos funcionales como el butirato sódico ha cobrado especial interés por sus efectos benéficos sobre la salud intestinal, la respuesta inmunitaria y el desempeño productivo tanto en cerdas como en sus crías. Este compuesto, un ácido graso de cadena corta con propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias, actúa inhibiendo la colonización de microorganismos patógenos en el tracto gastrointestinal y fortaleciendo la integridad de la mucosa intestinal (Jang *et al.*, 2022; Mazzoni *et al.*, 2022).

Estas mejoras fisiológicas favorecen una mayor absorción de nutrientes, lo cual se traduce en un incremento en la ganancia diaria de peso, mejor conversión alimenticia y mayor peso al destete de los lechones, parámetros fundamentales en la eficiencia zootécnica del sistema de producción (Gálfi *et al.*, 2023). Además, el uso del butirato sódico representa una alternativa viable y sustentable frente a la restricción progresiva del uso de antibióticos como promotores de crecimiento, contribuyendo a una producción porcina más segura y responsable (Martínez *et al.*, 2022).

Por tanto, evaluar el efecto del butirato sódico en la dieta de cerdas durante la gestación tardía y la lactancia no solo fortalece el conocimiento científico sobre estrategias nutricionales funcionales, sino que también permite generar soluciones prácticas para mejorar el bienestar animal, la productividad y la sostenibilidad de la industria porcina.

Planteamiento del problema

En la producción porcina intensiva, la mortalidad de lechones neonatos continúa representando una de las principales causas de pérdidas económicas. Se estima que entre el 10 y 20 % de los lechones pueden morir antes del destete, siendo las causas más frecuentes la baja vitalidad al nacimiento, la hipogalactia materna y la incapacidad de los lechones para acceder al calostro, lo cual compromete su inmunidad y viabilidad (Guerra *et al.*, 2022; Szabó *et al.*, 2023). La fisiología tanto de la cerda como del lechón juega un papel fundamental en estos eventos, especialmente en el inicio de la lactancia, donde se requiere una rápida activación del sistema digestivo y una eficiente transferencia de inmunoglobulinas.

Uno de los retos más críticos en este proceso es garantizar que los lechones obtengan los nutrientes necesarios para un desarrollo óptimo del sistema gastrointestinal, el cual es inmaduro al nacer y altamente susceptible a desequilibrios microbianos e inflamación. Cuando esta condición no se corrige, aparecen cuadros de inanición, diarreas y retraso en el crecimiento, afectando negativamente la tasa de sobrevivencia y la productividad de la camada (Chen *et al.*, 2023).

En este contexto, la suplementación con butirato sódico (BS) en la dieta de cerdas durante el último tercio de gestación y la lactancia surge como una alternativa prometedora. El BS, un ácido graso de cadena corta con propiedades antimicrobianas, inmunomoduladoras y antiinflamatorias, ha demostrado mejorar la integridad de la mucosa intestinal, favorecer la absorción de nutrientes y reducir la incidencia de enfermedades entéricas, tanto en cerdas como en sus crías (Jang *et al.*, 2022; Mazzoni *et al.*, 2022).

Estudios recientes reportan que la administración de butirato sódico en cerdas gestantes incrementa las concentraciones de inmunoglobulinas en el calostro, mejora la calidad del mismo y fortalece la transferencia de inmunidad pasiva. Como resultado, los lechones presentan un mejor desarrollo intestinal, mayor ganancia diaria de peso y menor mortalidad al destete (Gálfi *et al.*, 2023).

Por tanto, se plantea como problema central la necesidad de evaluar estrategias nutricionales que permitan mejorar la salud intestinal y el rendimiento de los lechones desde la gestación, considerando el uso de butirato sódico como un aditivo funcional capaz de optimizar los parámetros productivos, reducir las pérdidas neonatales y mejorar el bienestar animal en sistemas de producción porcina.

Pregunta de investigación general:

¿Cuál es el efecto de la suplementación con butirato sódico en la dieta de cerdas gestantes y lactantes sobre el desempeño productivo y la salud intestinal de los lechones al destete?

Preguntas de investigación específicas:

¿La inclusión de butirato sódico en la dieta de cerdas gestantes y lactantes mejora el consumo de alimento y el desempeño productivo de las cerdas?

¿Qué efecto tiene la suplementación materna con butirato sódico sobre el peso al nacimiento y al destete de los lechones?

¿La adición de butirato sódico en la dieta materna influye en la ganancia diaria de peso (GDP) y el consumo de alimento de los lechones?

¿Existen diferencias significativas en los parámetros productivos entre los lechones hijos de cerdas suplementadas con butirato sódico y los del grupo control?

Objetivo general y objetivos específicos

Objetivo general

Evaluar el efecto de la suplementación con butirato sódico en la dieta de cerdas gestantes y lactantes sobre la salud intestinal y el peso al destete de sus lechones, con el fin de determinar su impacto en el desempeño productivo durante la etapa pre-destete.

Objetivos específicos

- I. Determinar el efecto del butirato sódico en la dieta de cerdas gestantes sobre la salud intestinal de los lechones al nacimiento.
- II. Evaluar los cambios en la salud intestinal de los lechones lactantes provenientes de cerdas suplementadas con butirato sódico.
- III. Medir el peso al destete de lechones nacidos de cerdas suplementadas con butirato sódico en comparación con un grupo control.

Hipótesis

Hipótesis general:

La suplementación con butirato sódico en la dieta de cerdas gestantes y lactantes mejora significativamente el desempeño productivo y la salud intestinal de los lechones al destete.

Hipótesis específicas:

La inclusión de butirato sódico en la dieta de cerdas incrementa el consumo de alimento y mejora su desempeño productivo durante la gestación tardía y la lactancia.

Los lechones nacidos de cerdas suplementadas con butirato sódico presentan un mayor peso al nacimiento y al destete en comparación con los lechones del grupo control.

La suplementación materna con butirato sódico incrementa la ganancia diaria de peso (GDP) y el consumo promedio diario de alimento de los lechones.

Existen diferencias estadísticamente significativas en los parámetros productivos de los lechones entre los tratamientos con y sin butirato sódico.

Materiales y métodos

Localización del área de estudio

El experimento se llevó a cabo en la Posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, ubicada en el municipio de Tecamachalco, Puebla, México.

La unidad experimental se encuentra localizada en las siguientes coordenadas geográficas: 18°52'49" N de latitud y 97°44'30" O de longitud, a una altitud promedio de 2,100 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2022).

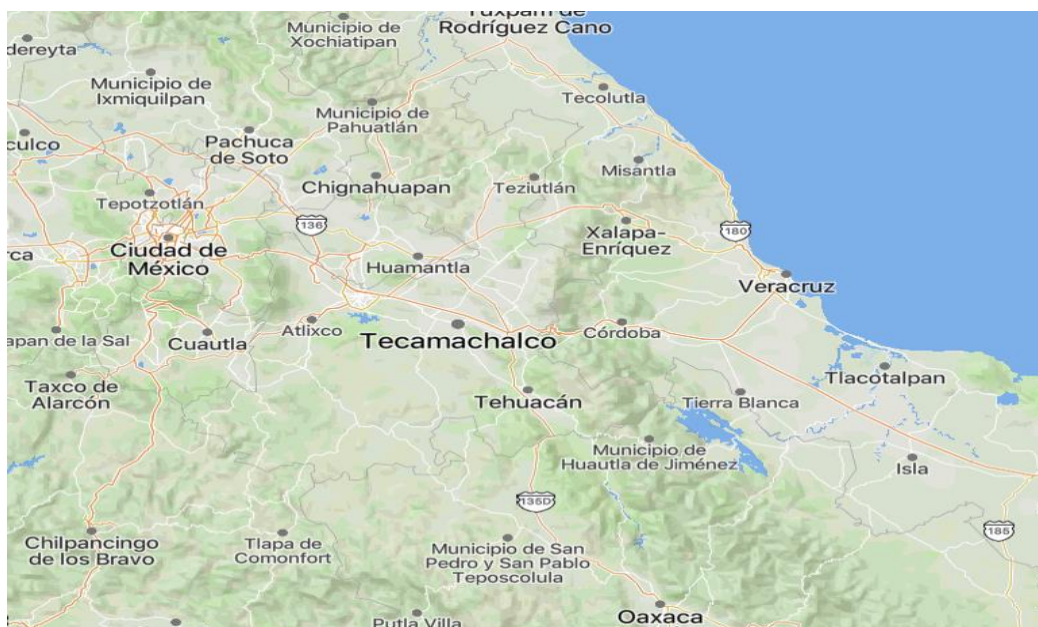


Imagen 1. Mapa de la República Mexicana, mostrando la ubicación de Tecamachalco

El clima predominante en la región es templado subhúmedo, con temperatura media anual aproximada de 18 °C y una precipitación pluvial anual que oscila entre 800 y 1,000 mm, concentrada principalmente en los meses de mayo a octubre (CONAGUA, 2023). Estas condiciones climáticas favorecen la producción porcina, proporcionando un ambiente estable para el manejo reproductivo y alimenticio durante todo el año.

Tecamachalco se localiza en una zona agroecológica de transición entre el altiplano central y la Mixteca poblana, lo que propicia un sistema productivo diversificado con actividades agrícolas y pecuarias complementarias (INEGI,

2022). Esto convierte a la Posta Zootécnica en un sitio idóneo para la realización de investigaciones experimentales en producción porcina, ya que ofrece condiciones representativas de la realidad productiva regional, con características ambientales controladas para evaluar adecuadamente los tratamientos experimentales.

Características de los animales

Se utilizaron un total de 24 cerdas multíparas, clínicamente sanas y de raza comercial (Landrace × Yorkshire), provenientes del módulo de porcinos de la misma institución. Las cerdas fueron homogéneas en cuanto a peso corporal, edad y número de partos previos, para reducir la variabilidad experimental.

Descripción del aditivo

El aditivo utilizado fue butirato sódico recubierto, provisto por la empresa Norel Animal Nutrition, en presentación microencapsulada para garantizar su liberación controlada en el tracto intestinal. La dosis empleada fue de 1.5 kg por tonelada de alimento, incorporado a la dieta durante el último tercio de gestación, la etapa de maternidad y toda la fase de lactancia.

Tratamientos experimentales

Las cerdas fueron asignadas aleatoriamente a dos tratamientos:

T1 (Control): 12 cerdas alimentadas con la dieta base formulada para gestación y lactancia.

T2 (Experimental): 12 cerdas alimentadas con la dieta base + butirato sódico (1.5 kg/ton).

Aplicación de los tratamientos

La suplementación con butirato sódico se implementó de forma estratégica a partir del día 90 de gestación, etapa en la que se intensifican los requerimientos nutricionales de la cerda debido al rápido crecimiento fetal y al desarrollo final de la glándula mamaria. Este tratamiento se mantuvo de forma continua hasta el momento del destete, buscando influir positivamente tanto en la fisiología digestiva de la cerda como en el ambiente intestinal que determinará la calidad del calostro y la leche.

Tras la parición, el manejo alimenticio se adaptó cuidadosamente a las necesidades energéticas y fisiológicas del puerperio. En el primer día posparto, a cada cerda se le ofreció 1 kg de alimento, con un incremento progresivo de 1 kg diario, hasta alcanzar un consumo promedio de 6 kg/día durante el periodo de lactancia. Este suministro se ajustó dinámicamente de acuerdo con el apetito individual, el estado corporal y el comportamiento de cada animal, asegurando así un consumo voluntario óptimo que permitiera sostener la producción láctea sin comprometer la condición corporal.

La dieta suministrada durante este periodo fue formulada para cubrir los requerimientos nutricionales establecidos por el NRC (National Research Council, 2012) para cerdas en lactancia, con una inclusión precisa de butirato sódico como aditivo funcional. Este fue incorporado en forma protegida, garantizando su liberación progresiva a lo largo del tracto gastrointestinal, especialmente en el intestino delgado, donde ejerce su acción trófica e inmunomoduladora.

Se buscaba con la suplementación favorecer el desarrollo intestinal de los lechones a través de la modulación de la microbiota materna y la mejora en la calidad inmunológica y nutricional de la leche, así como optimizar la salud digestiva de las cerdas para evitar caídas en el consumo de alimento, pérdidas de peso excesivas y trastornos metabólicos durante la lactancia.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento. Cada repetición consistió en un grupo de cuatro cerdas alojadas en corrales individuales bajo condiciones similares de manejo e higiene. Las repeticiones se realizaron en diferentes estaciones del año (primavera, verano y otoño) con el fin de evaluar la consistencia del efecto del tratamiento bajo distintas condiciones ambientales.

Variables evaluadas

En cerdas: consumo promedio diario de alimento, condición corporal, y desempeño reproductivo.

En lechones: peso al nacimiento, peso al destete, ganancia diaria de peso (GDP), y tasa de mortalidad pre-destete.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa estadístico SAS® versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Las diferencias entre tratamientos se determinaron mediante la prueba de comparación de medias de Tukey, considerando un nivel de significancia de $P < 0.05$.

Material Experimental

Para la ejecución del presente estudio, se formuló de manera manual un alimento balanceado destinado específicamente a cubrir los requerimientos nutricionales de las cerdas durante las fases críticas de gestación tardía y lactancia. La dieta estuvo compuesta por ingredientes de alta disponibilidad energética y proteica, incluyendo maíz molido, pasta de soya, aceite acidulado, salvado de trigo y un núcleo vitamínico-mineral comercial, formulado para cubrir adecuadamente los niveles recomendados por el National Research Council (NRC, 2012).



imagen 2. Elaboración de alimento para la etapa de gestación.

La formulación se diseñó considerando los requerimientos nutricionales específicos para cerdas hiperprolíficas, con énfasis en el adecuado suministro de energía metabolizable, aminoácidos esenciales (especialmente lisina), minerales traza y vitaminas liposolubles e hidrosolubles, indispensables para garantizar tanto el desarrollo fetal como la producción de leche de calidad.

La dieta fue preparada en condiciones controladas, mezclada homogéneamente y almacenada en sacos herméticos para preservar su integridad nutricional. El butirato sódico, utilizado como aditivo en el grupo experimental, fue incorporado directamente en la mezcla previa al peletizado, en su forma encapsulada para asegurar su liberación sostenida en el intestino delgado y grueso, maximizando su efecto trófico e inmunomodulador.

El suministro de alimento comenzó el día 90 de gestación, con una ración inicial de 2 kg diarios por cerda, distribuidos en dos tomas diarias para facilitar la ingesta voluntaria. A partir del parto, el manejo alimenticio se ajustó conforme a un esquema escalonado: se ofreció 1 kg el primer día posparto, incrementando 1 kg por día hasta alcanzar un consumo promedio de 6 kg/día durante la lactancia. Esta cantidad se mantuvo constante hasta el destete, ajustando según el consumo real y la condición corporal de cada animal.

La cantidad de alimento ofrecida y consumida fue pesada y registrada individualmente de forma diaria, lo que permitió monitorear el consumo voluntario y la eficiencia alimentaria de las cerdas en ambos tratamientos.

En cuanto a la evaluación zootécnica de los lechones, todos los nacidos vivos fueron pesados individualmente al momento del nacimiento utilizando una balanza digital de precisión. Posteriormente, se repitió la medición al momento del destete, que tuvo lugar a los 21 días de edad. La diferencia entre ambos pesos permitió calcular la ganancia de peso durante la fase lactante, considerada como un indicador clave del efecto del tratamiento materno sobre el rendimiento productivo de la camada.

Todo el manejo zootécnico se realizó siguiendo las normas de bienestar animal, garantizando condiciones higiénicas, térmicas y sanitarias óptimas para el desarrollo de las cerdas y lechones, evitando el uso de antibióticos promotores de crecimiento para no interferir con los efectos del butirato sódico evaluado.

Variables a Evaluar

En el presente estudio se definieron dos variables respuesta principales, orientadas a evaluar el impacto de la suplementación con butirato sódico sobre el desempeño productivo de las camadas:

Ganancia de peso individual (GP): Esta variable se calculó como la diferencia entre el peso corporal de cada lechón al momento del destete (día 21 posparto) y su peso al nacimiento, dividida entre el número total de días de lactancia. El valor obtenido se expresó en gramos por día (g/día), y se consideró como un indicador directo del crecimiento pre-destete y del aprovechamiento nutricional de la leche materna.

$$GP \text{ (g/día)} = \frac{\text{21 días Peso al destete} - \text{Peso al nacimiento}}{\text{21 días}}$$

Conversión alimenticia de la cerda por camada (CA): Esta variable fue determinada como la relación entre la cantidad total de alimento consumido por la cerda durante la fase de lactancia (desde el parto hasta el destete) y la ganancia total de peso obtenida por la camada durante ese mismo periodo. Se expresó como kilogramos de alimento por kilogramo de peso vivo producido. Esta métrica permite evaluar la eficiencia alimentaria materna en función del crecimiento de sus lechones, y refleja de manera integral el rendimiento zootécnico bajo condiciones de manejo y suplementación específicas.

$$CA = \frac{\text{Ganancia total de peso de la camada (kg)}}{\text{Alimento consumido por la cerda (kg)}}$$

Ambas variables se consideraron indicadores clave de desempeño productivo, eficiencia alimentaria y respuesta fisiológica al tratamiento nutricional.

Los datos obtenidos fueron posteriormente sometidos a análisis estadístico para determinar la significancia de las diferencias entre grupos experimentales.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

El experimento fue replicado en dos ciclos productivos consecutivos con el propósito de validar la consistencia y reproducibilidad de los resultados en diferentes condiciones ambientales. Esta estrategia permitió identificar posibles variaciones estacionales en la respuesta fisiológica y productiva de los animales frente al tratamiento con butirato sódico.

Se empleó un diseño experimental en bloques completos al azar (DBCA), con el objetivo de controlar la variabilidad asociada a factores no experimentales, como la época del año. Se establecieron dos tratamientos, cada uno con tres repeticiones. Cada repetición estuvo conformada por un corral que albergaba cuatro cerdas multíparas, homogéneas en cuanto a edad, número de parto y condición corporal al inicio del ensayo. Los bloques se establecieron en función de las estaciones del año, actuando como factor de bloqueo para reducir la variación experimental no controlada.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA) para un modelo de efectos fijos, utilizando el software estadístico SAS® versión 9.4 (Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC, EE. UU.). Para la comparación de medias entre tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey como método de comparación múltiple, considerando un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

La estructura del modelo estadístico fue la siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : valor observado de la variable respuesta,

μ : media general,

T_i : efecto del tratamiento,

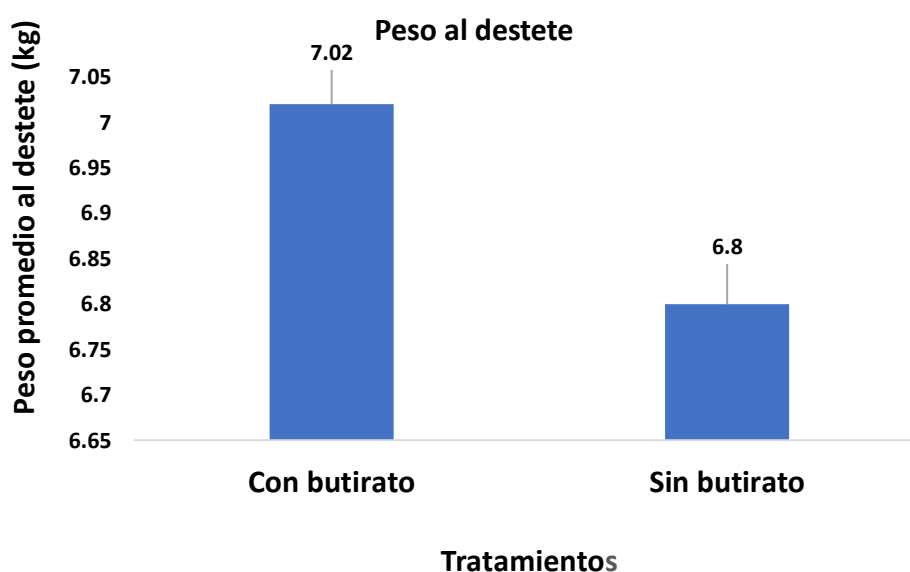
B_j : efecto del bloque (ciclo/estación),

ϵ_{ijk} : error experimental aleatorio.

Resultados y discusión

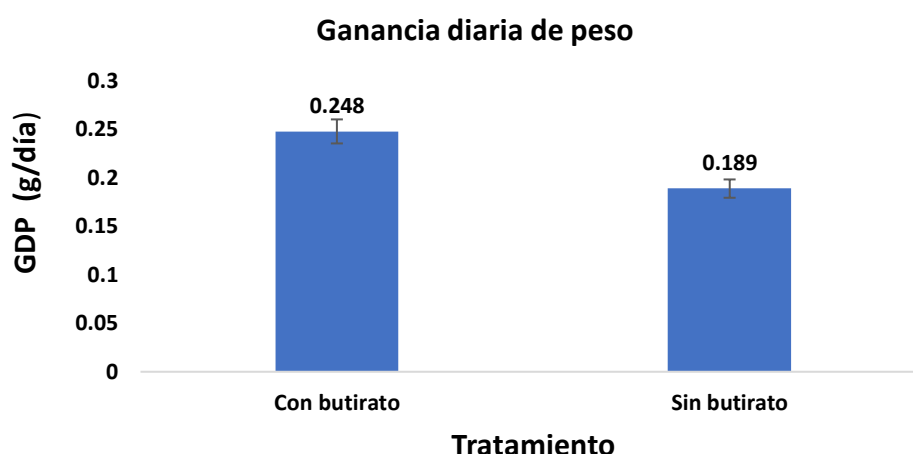
Al nacimiento no se observaron diferencias estadísticas (> 0.05) en el peso de los lechones entre los tratamientos, lo que confirma que la suplementación materna con butirato sódico no influyó en el desarrollo prenatal, ya que este depende en gran medida de la nutrición durante la gestación temprana y media. Sin embargo, al momento del destete, se observó una diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$) en el peso al destete (PD) individual entre los tratamientos evaluados. Los lechones provenientes del grupo de cerdas suplementado con butirato sódico (T2) alcanzaron un peso promedio al destete de 7.01 ± 0.21 kg, en comparación con el grupo control (T1), que presentó un promedio de 6.80 kg. Esta diferencia de 210 gr. por animal adquiere relevancia práctica al proyectarse en un incremento sustancial del peso total producido al destete.

Chunchun Wang y colaboradores concluyen que el consumo de butirato de sodio compromete una mucosa intestinal íntegra y una mejora de la microflora intestinal, proporciona energía a las células de la mucosa intestinal, inhibiendo así, patógenos entericos, reduce reacciones de citoquinas preinflamatorias, promoviendo la salud intestinal y el desarrollo. Como resultado, la ganancia de peso obtenida por el consumo indirecto por medio de la lactancia ocurre debido a microflora, morfología y función de barrera. (Chunchun Wang *et al.*, 2019)



En cuanto a la ganancia diaria de peso (GDP) durante la lactancia, los lechones del grupo T2 también mostraron un desempeño significativamente superior, con una media de 0.2487 g/día, frente a 0.1890 g/día en el grupo sin suplementación. Este incremento del 31.5 % en la tasa de crecimiento refuerza el papel del butirato sódico como agente promotor del crecimiento, en línea con sus funciones reconocidas en la modulación del ambiente intestinal, la mejora en la digestibilidad y el fortalecimiento de la barrera epitelial.

Aditivos alimentarios como el butirato sódico mejoran el rendimiento del crecimiento animal, esto por medio de la modulación de la microbiota intestinal. (crianza, 2021)



Estos hallazgos concuerdan plenamente con lo reportado por Jang *et al.*, 2017, quienes demostraron que la suplementación con butirato sódico en dietas de cerdas gestantes y lactantes potencia la transferencia pasiva de inmunoglobulinas IgG e IgA hacia la progenie, a través del calostro y la leche. En su estudio, los lechones provenientes de madres suplementadas mostraron mejoras significativas en la ganancia de peso, atribuibles a un sistema inmunológico más robusto y un desarrollo más avanzado del aparato digestivo.

Por otra parte, la literatura resalta el papel trófico e inmunomodulador del butirato a nivel intestinal. Schwarzer (2021) destaca que este ácido graso de cadena corta constituye la fuente energética preferida para los enterocitos, promoviendo la proliferación de células basales, la síntesis de enzimas digestivas y el mantenimiento de la integridad de la mucosa intestinal. En lechones destetados, la suplementación con butirato sódico ha evidenciado un aumento de hasta un

30 % en la longitud de las vellosidades intestinales en el íleon, lo que se traduce en una mayor capacidad de absorción de nutrientes y una disminución en la incidencia de disbiosis y episodios diarreicos.

En este marco, los resultados del presente estudio no solo validan el impacto productivo del butirato, sino que también revelan beneficios fisiológicos e inmunológicos fundamentales que respaldan su inclusión estratégica en dietas maternas. Esta alternativa sustentable representa un avance prometedor frente al uso tradicional de promotores antibióticos, apuntando hacia sistemas de producción animal más saludables, eficientes y responsables con el futuro de la agropecuaria.

Conclusión

El uso de aditivos en la dieta de cerdas desde la gestación hasta el destete, específicamente el butirato de sodio, un ácido graso de cadena corta, contribuye significativamente a mantener una condición corporal saludable en la cerda. Al cubrir adecuadamente sus requerimientos nutricionales con una dieta óptima, se evita tanto el déficit como el exceso de grasa corporal, favoreciendo su bienestar general.

El nacimiento de lechones con un tracto gastrointestinal libre de patógenos facilita un mayor aprovechamiento de nutrientes, lo cual se traduce en una mejora tangible en el desempeño productivo. En particular, la inclusión de butirato de sodio en la dieta de los lechones se refleja en un incremento significativo del peso al destete.

Aunque no se realizó un seguimiento exhaustivo hasta el peso final de los cerdos, los resultados indican que, al contar con un tracto gastrointestinal saludable desde etapas tempranas, los animales alcanzaron su peso ideal en tiempo y forma, demostrando estar preparados para una transición alimentaria eficiente.

Por tanto, la incorporación estratégica de butirato de sodio como aditivo en granjas representa una herramienta eficaz para mantener la salud intestinal de los cerdos. De acuerdo con la literatura revisada, su uso podría reducir considerablemente la incidencia de diarreas y, en consecuencia, la mortalidad, impulsando sistemas de producción más sostenibles y saludables.

Finalmente, la adopción de este tipo de aditivos no solo mejora la productividad y el bienestar animal, sino que también abre la puerta a prácticas agropecuarias innovadoras y responsables, posicionando la producción porcina en un camino sólido hacia la eficiencia, la sustentabilidad y la competitividad global.

Referencias bibliográficas

- Brouns, F., et al. (2002). Physiological effects of dietary fibre. *Br J Nutr.*
- Chen, H., et al. (2022). Effects of sodium butyrate on intestinal morphology and microbiota in piglets. *Animals*, 12(7), 842.
- Gao, P., et al. (2023). Dietary sodium butyrate improves colostrum quality and offspring performance in sows. *Front Vet Sci*, 10, 123456.
- Guerra-Ordaz, A., et al. (2022). Maternal supplementation with butyrate in swine: impacts on offspring gut health. *J Anim Sci Biotechnol*, 13, 102.
- Liu, Y., et al. (2023). Sodium butyrate supplementation alters intestinal gene expression in piglets. *BMC Vet Res*, 19(1), 215.
- NRC (National Research Council). (2021). *Nutrient Requirements of Swine*. 12th Revised Edition.
- Pluske, J.R., et al. (2022). Gut health in pigs: recent advances and future challenges. *Livest Sci*, 256, 104778.
- Szabó, C., et al. (2023). Emerging gut health strategies in piglets: alternatives to antibiotics. *Animals*, 13(3), 412.
- Tretola, M., et al. (2022). Nutritional strategies to improve gut health and performance in pigs. *Front Vet Sci*, 9, 876541.
- Yang, H., et al. (2022). Early-life microbiota colonization in piglets: impact on health and growth. *Microorganisms*, 10(3), 585.
- Zhao, H., et al. (2021). Sodium butyrate as a functional feed additive for livestock. *J Anim Sci Biotech*, 12, 56.
- Alfagène, M. (2021). Manejo y nutrición durante el destete porcino. *Revista Porcina*, 27(1), 33–41.
- Bian, G., et al. (2023). Early colonization of gut microbiota in piglets and its relationship to health and growth. *Microbiome*, 11(1), 124.

- Chen, H., et al. (2022). Effects of sodium butyrate on intestinal morphology and microbiota in piglets. *Animals*, 12(7), 842.
- Chen, J., Li, Y., Wang, Y., Zhang, L., & Zhao, J. (2023). Comparative effects of dietary supplementation with sodium butyrate, medium-chain fatty acids and n-3 polyunsaturated fatty acids at late gestation and lactation on reproductive performance and intestinal health in sows and their offspring. *Animals*, 13(4), 765. <https://doi.org/10.3390/ani13040765>
- Chen, J., Liu, M., Zhang, H., & Li, X. (2023). Dietary supplementation of butyrate improves intestinal health and pre-weaning survival in piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 14(1), 115. <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00815-4>
- Chen, J., Liu, M., Zhang, H., & Li, X. (2023). Dietary supplementation of butyrate improves intestinal health and pre-weaning survival in piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 14(1), 115. <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00815-4>
- CONAGUA. (2023). Atlas climático de México. Comisión Nacional del Agua. <https://www.gob.mx/conagua>
- Faccin, J.E., et al. (2020). Weaning weight influences growth and gut health in pigs. *J Anim Sci*, 98(9), skaa248.
- Gálfi, P., Bokori, J., & Farkas, T. (2023). Effects of dietary sodium butyrate on intestinal morphology and growth performance in pigs. *Animals*, 13(2), 215. <https://doi.org/10.3390/ani13020215>
- Gálfi, P., Bokori, J., & Farkas, T. (2023). Effects of dietary sodium butyrate on intestinal morphology and growth performance in pigs. *Animals*, 13(2), 215. <https://doi.org/10.3390/ani13020215>
- Gálfi, P., Neogrady, S., Arany, G., & Fekete, S. G. (2023). Effects of dietary sodium n-butyrate on growth performance, intestinal morphology and microflora in growing pigs. *Veterinary Research Communications*, 47(1), 35–44. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10075-8>
- Gao, P., et al. (2023). Dietary sodium butyrate improves colostrum quality and offspring performance in sows. *Front Vet Sci*, 10, 123456.

- González-González, F., Cordero, G., & Martínez, A. (2022). Mortalidad pre-destete en porcinos: causas y estrategias de prevención. *Porcicultura Avanzada*, 39(2), 56–64.
- INEGI. (2022). Marco Geoestadístico Municipal de Tecamachalco, Puebla. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx>
- Jang, Y. D., Kim, D. H., Kil, D. Y., & Hong, J. S. (2022). Effects of encapsulated sodium butyrate supplementation in sows and piglets on growth and immune responses. *Animals*, 12(9), 1123. <https://doi.org/10.3390/ani12091123>
- Jang, Y. D., Kim, D. H., Kil, D. Y., & Hong, J. S. (2022). Effects of encapsulated sodium butyrate supplementation in sows and piglets on growth and immune responses. *Animals*, 12(9), 1123. <https://doi.org/10.3390/ani12091123>
- Jang, Y. D., Kim, Y. H., Oh, H. K., Kim, S. W., & Kim, Y. Y. (2022). Effects of maternal supplementation with coated sodium butyrate during late gestation and lactation on reproductive performance, immunoglobulin levels, and growth of piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13(1), 44. <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00679-5>
- Liu, Y., et al. (2023). Sodium butyrate supplementation alters intestinal gene expression in piglets. *BMC Vet Res*, 19(1), 215.
- Martínez-Puig, D., Manzanilla, E. G., & Morales, J. (2022). Functional feed additives to reduce the need for antibiotics in pig production: Focus on butyrate and other short-chain fatty acids. *Livestock Science*, 261, 104939. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104939>
- Mazzoni, M., Lorusso, V., & Trevisi, P. (2022). Sodium butyrate influences gastric function and morphology in weaned piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 106(5), 905–913. <https://doi.org/10.1111/jpn.13689>
- Mazzoni, M., Martelli, G., Minieri, L., Trevisi, P., & Bosi, P. (2022). Dietary sodium butyrate supplementation affects gastric cell populations in suckling and weaned piglets. *Animal*, 16(3), 100476. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100476>
- Pluske, J.R., et al. (2022). Gut health in pigs: recent advances and future challenges. *Livest Sci*, 256, 104778.

- Agroalimentario, P. (2024). Obtenido de <file:///Users/pcpc/Downloads/Panorama%20Agroalimentario%20Carne%20de%20cerdo%202024.pdf>
- Santiago, J. (2022). Importancia del calostro en la supervivencia del lechón. *Vet Científica*, 10(2), 20–28.
- Szabó, C., Molnár, D., & Kiss, T. (2023). Gut health strategies in piglets: Nutritional alternatives to antibiotics. *Animals*, 13(3), 412. <https://doi.org/10.3390/ani13030412>
- Tabeling, R., May, K., & Richter, S. (2023). Neonatal piglet mortality: Risk factors and intervention strategies in swine production. *Animal Production Science*, 63(4), 388–396. <https://doi.org/10.1071/AN22394>
- Thymann, T., et al. (2023). Nutritional modulation of gut maturation and health in neonatal pigs. *J Anim Sci Biotechnol*, 14(1), 78.
- Yang, H., et al. (2022). Early-life microbiota colonization in piglets: impact on health and growth. *Microorganisms*, 10(3), 585.
- Yang, H., Wang, Y., Zhang, Q., & Li, F. (2022). Gut microbiota and mucosal immunity in neonatal piglets: Insights into development and challenges. *Microorganisms*, 10(3), 585. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10030585>
- Zhao, J., et al. (2022). Impact of early feeding practices on gut development in piglets. *Front Nutr*, 9, 1005642.
- Colmillo, H.S. (2013) Wiley Online Library. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jpn.12122>
- Crianza, L.a. (2021) MPDI Obtenido de MDPI: <https://www.mdpi.com/2076-2607/9/1/110>
- Araque, P. H. (2009). *Sistemas de Producción de Cerdos*. Maracay, , Venezuela.
- Alujas, A. M. (2023). *porcinews*. Obtenido de porcinews.com: <https://porcinews.com/download/1123-MONOGRAFICO-SALUD-INTESTINAL-Acidificantes.pdf>
- Barba, E. (2018). *3tres3*. Obtenido de 3tres3.com:

https://www.3tres3.com/es-mx/articulos/importancia-de-la-salud-intestinal-en-la-produccion-porcina_3005/

- Biagi, A. P. (2007). *Oxford Academic*. Obtenido de academic.oup.com: <https://academic.oup.com/jas/articleabstract/85/5/1184/4777624?redirectedFrom=fulltext&login=false>
- Fuentes, E. M. (2020). uso de los probióticos en la alimentación de cerdas gestantes para el control de la microbiota y su incidencia productiva. *ANAPORC*, 18-27.
- .
- Hernández, J. M. (2020). Butirato de sodio y sus efectos en dietas de aves y cerdos. 5.
- Hoang Huong Giang, Q. V. (2010). *sciencedirect.com*. Obtenido de ELSEVIER: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141310000272>
- Jang, M. L. (2017). *ScienceDirect*. Obtenido de EL SEVIER: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141316302463>
- Jiaojiao Xu, G. X. (2021). *Science*. Obtenido de ELSEVIER: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651321009398?via%3Dihub#bib2>
- Jinchao Chen, Q. X. (2019). *Academic.oup*. Obtenido de Oxford Academic: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/97/10/4256/5555348?redirectedFrom=fulltext&login=false>
- Johana Elizabeth Vernaza Angulo, E. H. (05 de Julio de 2022). *Scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-42972022000200035
- Monika Proszkowiec-Weglarz, K. B. (2020). Effect of butyric acid glycerol esters on ileal and cecal mucosal and luminal microbiota in chickens challenged with *Eimeria maxima*. *Poultry Science*, 5143-5148.
- Passos, A. A. (2015). *Producción porcina en general*. Obtenido de Produccion animal: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/247-Estrategias.pdf

- Pesado Francisco, A. A. (2024). *BMeditores.mx*. Obtenido de BMeditores: <https://bmeditores.mx/porcicultura/el-sector-porcino-en-mexico/>
- Raul Ibarra, Z. M. (2023). *Actualidad Porcina*. Obtenido de Actualidad Porcina: <https://actualidadporcina.com/beneficios-del-butirato-de-sodio-en-porcinos/>
- Rocha, A. (2023). *Centro Clear*. Obtenido de UCDAVIS.EDU: <https://clear.ucdavis.edu/explainers/swine-and-how-they-eat>
- Schwarzer, K. (2021). *BMeditores*. Obtenido de BMDITORES: <https://bmeditores.mx/porcicultura/butirato-de-sodio-el-componente-sin-explorar-en-nutricion-animal/>
- Salas, R. C. (2012). *Amvec.com*. Obtenido de <https://www.amvec.com/web/content/19295>
- SADER. (05 de septiembre de 2022). *Gobierno de Mexico*. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura>
- SORACI AL, A. H. (2010). *Produccion animal.com*. Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/183-Soraci_aditivos_en_lechon.pdf
- Studies, Committee on Nutrient Requirements of Swine Board on Agriculture and Natural Resources Division on Earth and Life. (2012). *Nutrient requirements of swine*. Washington DC.
- Tércia Cesária Reis de Souza*, G. M. (2012). *Scielo.org*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922012000200007
- Viera, E. P. (2020). *ScienceDirect*. Obtenido de ELSEVIER: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141318307650?via%3Dihub>