

**UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO
HEREDIA**

Facultad de medicina veterinaria y zootecnia



**Impacto productivo de la aplicación de dos vacunas contra circovirus
porcino tipo 2 en una granja de cerdos de crianza intensiva en la
provincia de Pisco, Ica -Perú**

Tesis para optar el título profesional de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Daniela Fernanda Mondragon Chumpitaz

Bachiller en Medicina Veterinaria y Zootecnia

Lima-Perú

2025



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	Mondragon Chumpitaz Daniela Fernanda

(Agregar filas adicionales si hay más autores)

Pertencientes al programa de la **carrera profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia** autores del trabajo titulado: **Impacto productivo de la aplicación de dos vacunas contra circovirus porcino tipo 2 en una granja de cerdos de crianza intensiva en la provincia de Pisco, Ica -Perú**, el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el **título profesional** bajo la modalidad de **Tesis**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	Falcón Pérez Néstor Gerardo	Medicina Veterinaria y Zootecnia	Asesor

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **9%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **3549116633**; fecha de entrega: **24-04-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 29 de abril de 2026**

Firma del asesor
Nº DNI: 08679280
ORCID: [0000-0003-4144-0494](https://orcid.org/0000-0003-4144-0494)

DEDICATORIA

A mis padres Carmen y Luciano, que me han apoyado en todas mis decisiones y han guiado mis pasos a lo largo de toda mi vida.

A mi hermano que, a pesar de ser de pocas palabras, siempre tiene las adecuadas para el momento indicado.

A Santi y Val, que me sacan una sonrisa cada vez que los veo.

A mi 'Promo 2018-202...'. Cada uno hoy en día sigue un camino distinto pero la hermandad se mantiene. Gracias por ser mi familia en este mundo de la veterinaria.

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, que es mi mejor amiga, que sufre cuando yo sufro y ríe conmigo cuando soy feliz. Mi ángel en la tierra, mi motivación diaria. Mi cómplice en todo. Gracias por hacer realidad hasta mis sueños más locos.

A mi papá, que nunca se rindió conmigo, a pesar de que muchas veces quise tirar la toalla. Gracias por ser tan sabio e inculcarme siempre los mejores valores. Gracias por siempre creer en mí y por cuidarme.

Al doctor Juan Francisco Acosta por brindarme la base de datos y al doctor Néstor Falcón por asesorarme en todo este proceso.

A mi Beni, que ha estado conmigo en las buenas, en las malas y en las peores incondicionalmente. Amigas por elección y pronto colegas. Gracias por sacar siempre lo mejor de mí.

Gracias por siempre estar, este logro es por y para ustedes, los amo y este es solo el inicio.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN.....	6
MATERIALES Y METODOS.....	12
I. Lugar de estudio	12
II. Tipo, diseño y población objetivo del estudio.....	12
III. Tamaño de muestra.....	13
IV. Criterios de inclusión.....	14
V. Diseño experimental.....	14
VI. Recolección, procesamiento y definición de variables	15
VII. Análisis de datos.....	16
VIII. Consideraciones éticas	17
RESULTADOS.....	18
DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIONES	28
RECOMENDACIONES	29
BIBLIOGRAFIA	30

RESUMEN

El circovirus porcino tipo 2 (PCV2) constituye una de las principales enfermedades que afectan la producción porcina a nivel mundial, ocasionando pérdidas económicas significativas. La vacunación es la principal estrategia de control y en la actualidad existen diversas alternativas en el mercado. El objetivo de este estudio fue comparar el desempeño productivo de dos vacunas comerciales, la vacuna A y la vacuna B, en cerdos de engorde. Se evaluaron bases de datos secundarias de una granja comercial, organizadas en tres cuadros experimentales según edad, sexo y peso inicial, considerando como variables productivas la ganancia diaria de peso (GDP) y el peso final de los animales. Los resultados evidenciaron que ambas vacunas generaron efectos positivos en la salud y productividad de los cerdos. Sin embargo, se observaron diferencias significativas: los animales vacunados con la vacuna A alcanzaron una mayor ganancia diaria de peso y un peso final superior en comparación con los vacunados con la B. Estos hallazgos se alinean con estudios internacionales que reflejan variaciones en el impacto productivo de las diferentes formulaciones de vacunas. En conclusión, la elección del protocolo de vacunación no debe limitarse únicamente a la inmunogenicidad, sino también considerar el efecto directo en los parámetros productivos y el impacto económico para las granjas. Los resultados de este estudio permiten tomar mejores decisiones en el sector porcino peruano, resaltando que la combinada inactivada representa una alternativa con ventajas productivas frente a su adversaria, contribuyendo al control del PCV2 y a la mejora de la eficiencia en la producción.

Palabras clave: circovirus porcino tipo 2; parámetros productivos; protocolo de vacunación.

ABSTRACT

Porcine circovirus type 2 (PCV2) is one of the main diseases affecting swine production worldwide, causing significant economic losses. Vaccination is the primary control strategy, and several options are currently available on the market. The objective of this study was to compare the productive performance of two commercial vaccines, vaccine A and vaccine B, in fattening pigs. Secondary data from a commercial farm were evaluated, organized into three experimental groups according to age, sex, and initial weight, considering average daily gain (ADG) and final weight as the productive variables. The results showed that both vaccines had positive effects on the health and productivity of the pigs. However, significant differences were observed: animals vaccinated with vaccine A achieved greater average daily gain and a higher final weight compared to those vaccinated with vaccine B. These findings align with international studies that reflect variations in the productive impact of different vaccine formulations. In conclusion, the choice of vaccination protocol should not be limited solely to immunogenicity but should also consider the direct effect on production parameters and the economic impact on farms. The results of this study allow for better decision-making in the Peruvian swine sector, highlighting that the inactivated combination vaccine represents an alternative with productive advantages over its competitor, contributing to the control of PCV2 and improving production efficiency.

Keywords: Porcine circovirus type 2; production parameters; vaccination protocol

INTRODUCCIÓN

Uno de los pilares de la producción pecuaria en Perú es la producción porcina, la cual, para el año 2019, representó el 5,5% del total. Cada año se consumen 5,5 kg de carne de cerdo per cápita en el país, siendo elegida por sus propiedades proteicas y su fácil incorporación en el menú diario. La porcicultura se puede clasificar en producción extensiva o de traspatio, semi-intensiva e intensiva, siendo la última la que mayor aporte brinda a nivel nacional, en la cual la producción equivale a 180 toneladas anuales (MINAGRI, 2020).

La producción ganadera intensiva se puede definir como la producción en la que se tiene un manejo minucioso de individuos, mediante el control genético, de alimentación, así como de los protocolos de bioseguridad. Este sistema tiene como objetivo la prevención antes que el tratamiento, teniendo en cuenta las medidas necesarias para evitar la aparición de enfermedades que puedan afectar la seguridad alimentaria (INTAGRI, 2019). Sin embargo, como cualquier producción animal, existen una serie de factores que favorecen la aparición de enfermedades dentro de las granjas, como o son el mal manejo de los residuos, falta de limpieza, mezcla de animales y el hacinamiento excesivo (Rose et al., 2012).

Entre las enfermedades más frecuentes en la industria porcina se encuentra la circovirus porcina, cuyo agente etiológico es el circovirus porcino tipo 2. Dicho agente se encuentra vinculado al desarrollo de la enfermedad sistémica postdestete, falla reproductiva y la enfermedad respiratoria, además de otros cuadros clínicos (Meng, 2013).

Este patógeno representa gran relevancia en la industria porcina, ya que se encuentra vinculado al desarrollo de múltiples enfermedades que poseen un impacto negativo sobre los parámetros productivos. Entre los signos clínicos más importantes se encuentra la pérdida de peso, disminución en el crecimiento, además del aumento de la mortalidad y mortandad, específicamente en individuos entre las 8-18 semanas de edad. La infección con dicho patógeno pone en riesgo el bienestar fisiológico e inmunológico de los individuos, algo que perjudica directamente a la producción, ya que los impide de tener una conversión alimenticia y nutritiva correctas (Almario-Leiva et al., 2020). Por el contrario, es poco frecuente la aparición en lechones de 1 a 3 semanas, esto posiblemente debido a la protección por transferencia de anticuerpos maternos (MacLachlan & Dubovi, 2017).

Esta enfermedad posee dos presentaciones, la enfermedad subclínica, la cual se considera está presente en todo el mundo; y la enfermedad clínica, de los cuales, son pocos los casos que verdaderamente llegan a desarrollarse. Si bien es cierto, la fase subclínica es la que se suele encontrar con mayor incidencia en las granjas porcinas, existen signos clínicos que pueden guiar al diagnóstico de la enfermedad. Entre ellos morbilidad de hasta un 30% y mortalidad que puede llegar, en el peor de los casos, hasta el 20%. Sin embargo, la sintomatología más común es la emaciación, disminución en la ganancia de peso, distres respiratorio, diarrea, abortos y la presencia de pápulas y máculas en la piel (Segalés, 2012).

La patogenia del PCV2 se basa en la replicación viral localizada en tejidos linfoides, con mayor predilección en ganglios linfáticos, placas de Peyer y el bazo. Este virus ocasiona atrofia de los linfocitos, necrosis y depleción celular. Además, investigaciones han

demostrado que este virus tiene la capacidad de causar apoptosis y autofagia, mediante el estrés del retículo endoplásmico y hacinamiento de proteínas mal plegadas (Zhou et al., 2022). Al comprometer inmunológicamente al sistema de los individuos, el riesgo a contraer infecciones secundarias bacterianas o virales como *Mycoplasma hyopneumoniae*, PRRSV, etc., aumenta significativamente, agudizando así el decaimiento en el rendimiento productivo (Oh et al., 2022).

Estudios realizados en México y Nigeria en 2011 y 2018 respectivamente, han demostrado la presencia del circovirus porcino tipo dos en cerdos, destacando la relevancia global de este cuadro clínico (Cordero et al., 2011; Aiki-Raji et al., 2018). En el Perú, en 2019, se realizó un estudio sobre la prevalencia de PCV2 en el parque porcino de Ventanilla-Callao, donde se encontró que un porcentaje de la población dio positivo mediante el método ELISA (Jhanet et al., 2020).

Se han desarrollado métodos para prevenir la aparición de esta enfermedad, siendo la vacunación uno de los más importantes para poder atenuar y mitigar la prevalencia de esta enfermedad. Se busca prevenir ambas presentaciones de la enfermedad, además de mejorar el desempeño de los individuos en los parámetros productivos, como la ganancia de peso. En un estudio realizado en México, se evaluó el efecto de una vacuna en comparación con un grupo control al cual no se vacunó. En todo momento, los lechones vacunados demostraron poseer una ganancia de peso superior al grupo control, además de una mortalidad bastante menor. Nuevamente se evidencia la eficacia que posee la vacunación para poder obtener resultados productivos fructíferos, beneficiando el crecimiento y la salud de los animales (Villa-Mancera et al., 2013).

La vacuna A, de la cual se hablará en este proyecto, sucede ser una vacuna inactivada, la cual combina los genotipos PCV2a y PCV2b de PCV2. Esto favorece a una mayor protección cruzada contra otras cepas de PCV2. Al ser administrada desde una edad temprana, brinda protección en las épocas críticas de la vida de los cerdos, generando anticuerpos y estimulando la inmunidad celular. Por otro lado, reduce la viremia, así como la excreción viral, lo cual resulta ser beneficioso, ya que se liberan menos virus a través de las heces, minimizando la probabilidad de transmisión a otros individuos en la granja (Poulsen Nautrup et al., 2023).

Por otro lado, la vacuna B es una vacuna inactivada con antígenos del PCV2. Esta vacuna posee coadyuvantes que ayudan a maximizar la protección inmunológica de los cerdos. Esta vacuna se puede administrar de manera intramuscular, así como de forma intradérmica, y por lo general se administra una sola dosis. Además, tiene amplios beneficios productivos, ya que ayuda a reducir la carga virémica, así como la carga viral en heces, previniendo que se expanda el virus en la granja. Se ha evidenciado en estudios que los cerdos vacunados con esta presentación tienden a tener una mayor ganancia de peso, así como una mejor conversión alimenticia (Sno et al., 2016).

Un estudio confirmó que la vacunación contra circovirus porcino tipo 2 tiene efecto directo en los parámetros productivos, como la ganancia de peso, además de reducir significativamente la viremia y las lesiones que conlleva. Este ensayo demostró que los cerdos que fueron vacunados obtuvieron una mayor ganancia de peso diaria y final en

comparación con el grupo no vacunado. Por otro lado, la disminución en la carga viral en heces favoreció a un estado sanitario mucho más óptimo, contribuyendo a un mejor rendimiento productivo (Pleguezuelos et al., 2022).

Evaluar parámetros productivos es un factor indispensable para determinar la eficacia de la vacunación en porcinos. Indicadores como ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y mortalidad admiten la evaluación de la respuesta inmunológica y del impacto productivo. Un estudio en campo demostró que establecer protocolos de vacunación adecuados puede traducirse en mejoras considerables en el desempeño productivo, como lo es el aumento en la ganancia diaria de peso (Nielsen et al., 2018).

En un estudio comparativo entre dos grupos de cerdos, uno vacunado y otro no, se demostró que la ganancia de peso en las primeras semanas de vida es mayor en el grupo de no vacunados. Esto se atribuye al hecho de que este grupo no se enfrenta a un gasto metabólico para la formación de anticuerpos. Sin embargo, en etapas más avanzadas, se ven afectados al tener que enfrentar desafíos mayores en el campo, como encontrarse más susceptibles ante infecciones, por no mencionar la exposición a la mortalidad, lo que se traduce en una pérdida de peso y menor conversión alimenticia, por lo que es posible asegurar que la vacunación siempre es la mejor opción en términos de mejora productiva (Gutiérrez et al., 2015).

Controlar de manera efectiva la infección por medio de la vacunación es un factor importante, ya que, gracias a esto, se puede frenar la propagación de la enfermedad, así

como la expresión clínica y subclínica de esta. De esta manera, será posible minimizar considerablemente las causas que afectan directamente a la disminución de peso, morbilidad y mortalidad (Segalés, 2012).

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto sobre parámetros productivos de dos vacunas de circovirus porcino tipo 2 en una granja de cerdos de crianza intensiva en la provincia de Pisco, Ica-Perú.

MATERIALES Y METODOS

I. Lugar de estudio

Para la realización de este proyecto se ha tomado como fuente de información las bases de datos de los registros productivos de pesos de lechones al destete y preventa entre mayo y septiembre del 2023 en una granja de crianza intensiva en Pisco, Ica, Perú

II. Tipo, diseño y población objetivo del estudio

El estudio corresponde a una investigación descriptiva que se basa en la evaluación de parámetros productivos a partir de la base de datos de un estudio de campo que buscó determinar el efecto de dos vacunas contra el circovirus porcino tipo 2 sobre parámetros productivos en porcinos aparentemente sanos de la línea genética Camborough PIC mediante la ganancia de peso diaria y total post-vacunación. La base de datos fue obtenida en el trabajo en campo de una granja de crianza intensiva realizado de mayo del 2023 a septiembre del 2023.

Los datos incluidos en el estudio del efecto productivo de dos vacunas en la prevención contra el circovirus porcino tipo 2 tuvieron el siguiente diseño:

- **Vacuna A:** Una dosis de 2 ml al momento del destete (21 días de nacidos) de una vacuna combinada inactivada que incluye los genotipos PCV2a y PCV2b, que posee una bacterina de *Mycoplasma hyopneumoniae*, por lo que ofrece una protección antigénica amplia con una inmunidad de mínimo 23 semanas para

ambas patologías. Por último, posee un adyuvante que favorece la inmunidad humoral y celular. Este fue el grupo de estudio.

- **Vacuna B:** Una dosis de 1 ml al momento del destete (21 días de nacidos) de una vacuna inactivada, adyuvada, que contiene como uno de sus componentes el antígeno subunidad ORF2 del PCV2, además de un antígeno inactivado de *Mycoplasma hyopneumoniae*, con aplicación intramuscular, y la inmunidad empieza a las 2 semanas postvacunación y provee como máximo 22 semanas de protección, que es cuando la fase crítica de producción termina. Este es el grupo control debido a que se lleva implementando la vacunación en esta granja desde hace varios años, por lo que no fue necesario tener un grupo control sin vacunación.

III. Tamaño de muestra

El número de muestras a utilizar ha de corresponder a la cantidad de datos obtenidos de los animales que fueron estudiados en el ensayo del efecto de dos vacunas sobre los parámetros productivos para la prevención contra el circovirus porcino tipo 2. Es así, que se utilizaron 299 animales para vacunarlos con la vacuna A, de las cuales 149 fueron hembras al día 21 de edad, y 150 machos al día 21 de edad, y 299 animales para ser vacunados con la vacuna B, con 149 hembras de 21 días de edad y 150 machos de 21 días de edad.

IV. Criterios de inclusión

Criterios de inclusión:

- Datos provenientes de animales que formaron parte del estudio inmunológico para la prevención contra el circovirus porcino tipo 2

Criterios de exclusión:

- Datos ilegibles o que no se pudiera determinar su pertenecía a algunos de los grupos de estudio previo.

V. Diseño experimental

El esquema de vacunación aplicado en la granja para la comparación de los efectos sobre parámetros productivos fue el detallado en el cuadro 1.

Cuadro 1. Esquema de vacunación en la granja de Pisco, Ica, Perú.

CATEGORÍA	TRATAMIENTO	CANTIDAD	DOSIS	FECHA DE VACUNACIÓN
Hembras	Vacuna A	149 ejemplares	2 ml	21 días
	Vacuna B	149 ejemplares	1 ml	21 días
Machos	Vacuna A	150 ejemplares	2 ml	21 días
	Vacuna B	150 ejemplares	1 ml	21 días

Con respecto al pesaje, el protocolo se detalla en el cuadro número 2. En la granja, cada galpón cuenta con la capacidad de albergar 42 animales, por lo que en cada galpón se albergaron aproximadamente 21 hembras vacunadas con la vacuna A y 21 hembras vacunadas con la vacuna B, y en el caso de machos, aproximadamente 22 vacunados con la vacuna A y 22 vacunados con la vacuna B, siendo así 7 galpones para hembras y 7 galpones para machos.

Cuadro 2. Protocolo de pesaje en la granja de Pisco, Ica, Perú.

Categoría	Tratamiento	Cantidad	Fecha de pesaje	
			Primer pesaje	Segundo pesaje
Hembras	Vacuna A	149 ejemplares	21 días	140 días
	Vacuna B	149 ejemplares	21 días	140 días
Machos	Vacuna A	150 ejemplares	21 días	140 días
	Vacuna B	150 ejemplares	21 días	140 días

VI. Recolección, procesamiento y definición de variables

Los datos usados provienen de la base de datos otorgada por la granja en cuestión, y fueron obtenidos en base a la medición de los pesos en los días 21 y 140 de edad. Estos se mantuvieron en una base de datos en Excel, considerando una columna para cada una de las variables en estudio. El peso fue registrado mediante el uso de una balanza al día 21 y al 140. La ganancia de peso final corresponde a la diferencia entre el día 140 y 21, y

la ganancia de peso diaria corresponde a la división de la ganancia de peso total entre 119 días. El estudio consideró las siguientes variables:

- **Vacuna A:** Variable cualitativa nominal. Primer biológico empleado en el estudio, el cual fue aplicado a cierto grupo de animales para evaluar su efecto sobre parámetros productivos.
- **Vacuna B:** Variable cualitativa nominal. Segundo biológico empleado en el estudio, el cual fue aplicado a cierto grupo de animales para evaluar su efecto sobre parámetros productivos.
- **Peso al día 21:** Variable cuantitativa continua. Representa el peso corporal en kilogramos (kg) al día 21 de edad y es considerado el peso inicial del estudio.
- **Peso al día 140:** Variable cuantitativa continua. Representa el peso corporal en kilogramos (kg) al día 140 de edad y es considerado un indicador para el desempeño productivo.
- **Ganancia de peso diaria (GPD):** Variable cuantitativa continua. Representa el peso corporal en kg por día durante los 119 días de la duración del estudio. Se obtiene al dividir la ganancia de peso total entre 119.
- **Ganancia de peso total:** Variable cuantitativa continua. Representa el peso corporal en kg desde el día 21 hasta los 140 de edad, se obtiene de la diferencia entre el peso al día 140 y el día 21.

VII. Análisis de datos

La base de datos fue revisada a fin de verificar la existencia de datos extraños o perdidos. Para el presente estudio se tomaron en cuenta las siguientes pruebas estadísticas para el análisis de datos: en primera instancia se utilizó la prueba de

Kolmogorov-Smirnov para determinar que las variables cuantitativas (peso inicial y peso final) del estudio sigan una distribución normal.

Dado que la distribución de las variables fue normal se utilizó la prueba T de Student para la comparación de medias entre los grupos. El análisis se ha de realizar por sexos y de manera conjunta.

Se realizó un análisis estadístico utilizando el paquete estadístico STATA 15.00 con un nivel de significancia del 5%.

VIII. Consideraciones éticas

El Proyecto fue ejecutado después de contar con la aprobación del Comité Institucional de Ética para el uso de animales (CIEA) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y fue exonerado mediante el documento CIEA-051-10-24.

RESULTADOS

El Cuadro 3 muestra al grupo de cerdos (hembras y machos) vacunados con la vacuna A y la vacuna B. Al día 21 no hubo diferencia entre los pesos iniciales, con una media de 5,91 kg. En el día 140, la vacuna A evidenció mayor peso (108,08 kg) frente a la vacuna B (106,02 kg), con diferencia significativa a favor de la primera ($p < 0.05$). Finalmente, la ganancia diaria de peso y la ganancia total fueron superiores en el grupo de la vacuna A (0,85 kg/día y 102,18 kg) en comparación con la vacuna B (0,83 kg/día y 100,11 kg).

Cuadro 3. Comparación del efecto de las vacunas sobre parámetros productivos de cerdos en diferentes etapas.

VARIABLES	Grupo	N	Media	Desviación estándar
Peso día 21 (Kg)	Vacuna A	299	5,91	1,29
	Vacuna B	299	5,91	1,34
Peso día 140 (Kg)	Vacuna A	299	108,08 ^a	12,04
	Vacuna B	299	106,02 ^b	12,17
Ganancia peso diario (Kg/día)	Vacuna A	299	0,85 ^a	0,9
	Vacuna B	299	0,83 ^b	0,9
Ganancia peso total	Vacuna A	299	102,18 ^a	10,80
	Vacuna B	299	100,11 ^b	10,86

^{a,b} Letras diferentes indican que los resultados son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

El Cuadro 4 presenta al grupo de cerdas. En el día 21 no se observaron diferencias en los pesos iniciales, sin embargo, al día 140 la vacuna A alcanzó mayor peso (107,57 kg) en comparación con la vacuna B (104,16 kg), con diferencia significativa ($p < 0.05$). Finalmente, la ganancia diaria de peso y la ganancia total fueron superiores en el grupo de la vacuna A (0,85 kg/día y 101,49 kg.) en comparación con la vacuna B (0,82 kg/día y 98,29 kg).

Cuadro 4. Comparación del efecto de las vacunas sobre parámetros productivos de hembras en diferentes etapas

VARIABLES	GRUPO	N	Media	Desviación estándar
Peso día 21	Vacuna A	149	6,08	1,22
(Kg)	Vacuna B	149	5,88	1,38
Peso día 140 (Kg)	Vacuna A	149	107,57 ^a	9,64
	Vacuna B	149	104,16 ^b	11,01
Ganancia peso diario (Kg/día)	Vacuna A	149	0,85 ^a	0,07
	Vacuna B	149	0,82 ^b	0,08
Ganancia peso total (Kg)	Vacuna A	149	101,49 ^a	8,43
	Vacuna B	149	98,29 ^b	9,66

^{a,b} Letras diferentes indican que los resultados son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

El Cuadro 5 corresponde al grupo de machos. No hubo diferencias significativas en el peso final (108,59 kg en la vacuna A y 107,87 kg en la vacuna B) ni en la ganancia diaria

o total (0,86 y 102,86 kg en la vacuna A en comparación a 0,85 y 101,92 kg en la vacuna B).

Cuadro 5. Comparación del efecto de las vacunas sobre parámetros productivos de cerdos machos en diferentes etapas.

VARIABLES	GRUPO	N	Media	Desviación estándar
Peso día 21	Vacuna A	150	5,74	1,34
(Kg)	Vacuna B	150	5,95	1,31
Peso día	Vacuna A	150	108,59	14,04
140 (Kg)	Vacuna B	150	107,87	12,99
Ganancia	Vacuna A	150	0,86	0,11
peso diario	Vacuna B	150	0,85	0,10
(Kg/día)				
Ganancia	Vacuna A	150	102,86	12,72
peso total	Vacuna B	150	101,92	11,69
(Kg)				

^{a,b} Letras diferentes indican que los resultados son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

DISCUSIÓN

El presente estudio prueba que la vacunación contra PCV2 impactó positivamente la producción porcina, siendo la vacuna A la que demostró otorgar mayor ganancia de peso diaria y final en comparación con la vacuna B. Al compararlo con un estudio realizado en Estados Unidos, en este no existen diferencias relevantes en su estudio entre vacunas lo que se puede explicar a factores externos al estudio como manejo en campo, alimentación, línea productiva, etc. Por último, en ambos se vio disminuida la variabilidad entre los grupos, por lo que se encontraron grupos más homogéneos y se llegó a la conclusión de que es importante vacunar para prevenir la aparición de la enfermedad y así poder obtener resultados productivos óptimos (Lyo et al., 2011).

En un estudio francés, se evaluó la eficacia de la vacuna B, demostró presentar una ganancia de peso diario mayor en comparación con animales no vacunados, además de reducir relevantemente la viremia y lesiones pulmonares vinculadas a *Mycoplasma hyopneumoniae*. En el presente estudio se evalúa la vacuna A, la cual esta presentó una mayor ganancia de peso diaria (0,85 kg/día) en contraste con los vacunados con la vacuna B (0,83 kg/día). Sin embargo, ambos estudios sugieren que la vacunación resulta ser relevante en el contexto productivo y, además, las diferencias encontradas demuestran la relevancia de evaluar distintos protocolos de vacunación en contextos productivos alternativos (Pagot et al., 2017).

Habiendo mencionado esto, es posible decir que el desempeño productivo en los ejemplares en este estudio se encuentra directamente asociado al efecto inmunoprotector por parte de las vacunas. Si se observan los resultados obtenidos del estudio realizado, en

el día 21 las variaciones en el peso fueron insignificantes entre la vacuna A y la vacuna B, información que se ajusta a lo registrado por (Nielsen et al., 2017), quienes mencionan que en fases prematuras no se perciben diferencias evidentes en los factores productivos, a causa de la inmunidad maternal y de una exposición viral bastante reducida.

Con respecto a ganancia diaria de peso (GDP), se puede notar que la vacuna A demostró ventaja en comparación con la vacuna B en los tres cuadros comparativos. Esto demuestra que la vacuna A posee la capacidad de obtener una respuesta inmune más constante y eficaz en el transcurso del ciclo productivo. En un estudio se demostró que la vimetina actúa como receptor celular al promover la replicación viral en macrófagos alveolares porcinos, por lo que la vacuna A posiblemente tiene la capacidad de limitar esta vía con mayor efectividad y dando resultados productivos con respecto a GDP superiores (Gao et al., 2022).

Por otro lado, al día 140 se observó que los animales vacunados con la vacuna A obtuvieron pesos finales mayores que la vacuna B en los cuadros 1 y 2, con diferencias estadísticamente significativas. Un estudio demostró que hay genotipos de PCV2 que poseen una mayor cantidad de replicación viral, teniendo un efecto negativo directo en la ganancia de peso. La vacuna A demuestra ser más efectiva, ya que induce una respuesta inmunológica superior que permite reducir la carga viral y obtener así una mejor ganancia de peso (Oh et al., 2022).

Los resultados obtenidos en el cuadro 5 evidencian que no hay variación significativa en el grupo de machos, lo cual puede atribuirse a distintas razones fundamentadas en la literatura científica. El primer lugar, estudios han demostrado que existen diferencias en la composición muscular, siendo que los machos castrados presentan una mayor proporción de músculo en comparación con hembras, pudiendo así influir en la respuesta inmunológica y eficacia de la vacuna, ya que a mayor masa muscular se podría alterar la distribución y eficacia del antígeno (Bovo et al., 2025).

Además, la genética porcina tiene un papel importante en la respuesta al PCV2. Un estudio previo realizado en cerdos de distintas líneas genéticas demostró que las diferencias en la respuesta inmune y ganancia de peso podrían atribuirse a la genética de dichos animales, lo que puede explicar el por qué las hembras respondieron de manera más eficaz que los machos (Pei et al., 2023).

Asimismo, las presentes diferencias observadas entre ambos sexos se pueden explicar por factores biológicos y propios del sexo. Existen estudios que han demostrado que las hembras tienden a presentar una respuesta inmune más eficiente, desarrollando así mayores concentraciones de anticuerpos y una activación de linfocitos T más sostenida, pudiendo traducirse en una mayor resistencia frente a infecciones virales (Moeser et al., 2022). Sin embargo, es posible que el estudio presente sesgos asociados al manejo y alimentación, al no haberse controlado por completo estos factores, por lo que no es posible atribuir estas diferencias únicamente al efecto vacunal.

Por otro lado, diferencias hormonales, específicamente en niveles de testosterona, podrían tener impacto en la respuesta inmunológica y, por ende, en la ganancia de peso. Se ha demostrado que la testosterona tiene efectos anabólicos, afectando directamente el metabolismo y la distribución de nutrientes en los cerdos. A niveles más altos de testosterona, se puede ver afectada la eficacia de la vacuna ya que esta influye en la distribución de recursos metabólicos (Cai et al., 2015).

Asimismo, las diferencias la composición de ambas podrían tener impacto en la respuesta inmune. La vacuna A, que incluye los genotipos PCV2a y PCV2b, además de *Mycoplasma hyopneumoniae*, ofrece una protección amplia, la cual puede generar una respuesta humoral y celular superior frente a otros genotipos, asociado a una mayor ganancia de peso y menor viremia (Bandrick et al., 2022). En cambio, la vacuna B, cuya composición es únicamente el antígeno de subunidad ORF2 del PCV2 y un componente inactivado de *M. hyopneumoniae*, puede que induzca una inmunidad más específica, pero menos cruzada frente a nuevas cepas, afectando así el desempeño productivo (Li et al., 2015).

El PCV2 ha demostrado presentar una prevalencia en la producción porcina peruana, siendo así un agente de alta amenaza para los productores del país, por lo que implementar un plan de vacunación es de requerimiento obligatorio (Albetis Apolaya, 2023). Sumado a esto, evaluar parámetros productivos como la ganancia de peso diaria y final demuestran directamente la cuantificación que tienen estos protocolos, permitiendo evaluar la efectividad de las medidas sanitarias adoptadas por cada granja, ya que estos indicadores

evidencian directamente el crecimiento y la calidad de las vacunas (Benítez-Meza et al., 2015).

El no evaluar conversión alimenticia representa una gran limitación para este estudio, ya que es un factor importante para evaluar el impacto productivo de las vacunas. Una investigación realizada por Agostini et al. (2014) demostró que, en 310 lotes comerciales de cerdos en crecimiento-terminación, existen distintos factores de manejo e instalaciones que pueden explicar parte de la variabilidad en la conversión alimenticia. Al no poder determinar qué parte de la mejora de peso proviene de un mejor aprovechamiento del alimento o de la disminución de la viremia, se pierde información relevante sobre la cantidad de alimento que se requirió, factores que afectan el costo unitario de producción.

Por otra parte, analizar morbilidad, mortalidad y costo beneficio hubiera sido de importancia ya que permite evaluar la dimensión sanitaria y económica de la vacunación. Un meta-análisis de vacunación contra PCV2 demostró una reducción importante en mortalidad y mejoras en la ganancia de peso al vacunar (Sonne et al., 2011). Al omitir estas variables, el estudio reduce la capacidad de poder ofrecer recomendaciones sobre la rentabilidad real de cambiar el protocolo de vacunación, por ende, no es posible en el presente estudio determinar el retorno económico.

Otra de las limitaciones fue que las mediciones no se realizaron directamente en el campo, ya que como se mencionó, este estudio empleó la base de datos secundaria provista por el dueño de la granja. Factores como este conllevan a que el investigador no participe activamente en la toma de muestras ni procesamiento de datos, generando variaciones en

la calidad de la información. Por otro lado, al no haber tenido control de las diversas condiciones de manejo, administración de alimento y aplicación de vacunas, se limita la capacidad de asociar los resultados únicamente a las vacunas.

Un parámetro inmunológico que habría fortalecido el estudio es la cuantificación de anticuerpos neutralizantes específicos contra PCV2, además de realizar un ELISA convencional. Dichos anticuerpos demuestran la capacidad de protección de la vacuna, asociándose con menor viremia y carga viral en tejidos linfoides (Kroeger et al., 2025). Además, detectar células B de memoria específicas mediante ensayos ELISpot ayuda a la diferenciación de la respuesta de memoria de la inmunidad humoral, lo que aporta un mejor panorama del efecto de la vacuna (Fan et al., 2025). Por último, la evaluación de la replicación viral mediante aislamiento o cultivo del virus habría sido útil, mediante un urocultivo o cultivo celular. Dicho análisis permite distinguir entre fragmentos virales inactivados y virus viable, validando con mayor precisión si la vacunación con A o B tienen la capacidad de inhibir la replicación viral activa (Mazimpaka et al., 2025).

El presente estudio aporta evidencia científica relevante para la realidad productiva del Perú, considerando que la mayoría de investigaciones comparativas se han desarrollado en Europa, Norteamérica y Asia, donde las condiciones de manejo, genética, alimentación y prevalencia de PCV2 difieren notablemente de las nacionales. Evaluar el efecto de las vacunas combinada inactivada e inactivada bajo un sistema productivo peruano permite generar información aplicable al contexto local, entendiendo este como el conjunto de condiciones sanitarias, ambientales y de manejo propias del país. De esta forma, los

resultados obtenidos sirven como referencia práctica para que los productores peruanos adopten decisiones sanitarias basadas en evidencia ajustada a su entorno real.

Además, dichos hallazgos refuerzan la importancia de implementar estrategias de vacunación que se encuentren basadas en fundamentos científicos, siendo indispensable para controlar enfermedades en la industria porcina. Al aportar evidencia sobre cómo las formulaciones de vacunas impactan directamente sobre parámetros productivos, se puede optimizar tanto la salud animal como resultados económicos, permitiendo a los productores tomar decisiones alineadas con mejores prácticas de manejo sanitario, lo cual permitirá fortalecer la competitividad de la industria porcina peruana frente a mercados internacionales exigentes.

Por último, la información recolectada con respecto a los parámetros productivos permite mejorar la productividad y rentabilidad de las granjas del país, ya que gracias al presente estudio se podrán mejorar las prácticas de vacunación, haciendo más eficientes los sistemas productivos y aumentando la competitividad de los mismos frente a los mercados altamente exigentes. Es así que este estudio posee valor tanto académico como práctico para la porcicultura peruana.

CONCLUSIONES

1. Vacunar a porcinos en edades productivas tempranas asociado a una correcta elección protocolo tiene la capacidad de reflejarse sobre los parámetros productivos, demostrado en este estudio en base a los individuos vacunados con la vacuna A que obtuvieron una mayor ganancia de peso en comparación con la vacuna B.
2. La vacuna A demostró poseer resultados superiores con respecto a parámetros productivos, teniendo así mayores ganancias de peso diarias y finales en comparación con la vacuna B, en dos de los tres cuadros.

RECOMENDACIONES

1. Es importante que el personal de las granjas se encuentre debidamente capacitado sobre el uso adecuado de vacunas, desde el almacenamiento hasta los esquemas a seguir, para poder garantizar una inoculación correcta y minimizar las pérdidas económicas.
2. Evaluar conversión alimenticia en un estudio adicional sería relevante ya que es un importante indicador de rendimiento productivo.
3. Fomentar la vacunación contra esta y otras enfermedades en granjas porcinas mediante campañas para poder beneficiar la economía en el país y que más ganaderos tengan la posibilidad de mejorar sus índices productivos y la rentabilidad en sus sistemas de producción.

BIBLIOGRAFIA

1. Agostini, P. S., Fahey, A. G., Manzanilla, E. G., Doherty, J. V. O., Blas, C. De, & Gasa, J. (2014). Management factors affecting mortality, feed intake and feed conversion ratio of grow- finishing pigs. *Animal, The International Journal of Animal Biosciences*, 8(8), 1312–1318.
<https://doi.org/10.1017/S1751731113001912>
2. Aiki-Raji, C. O., Adebiyi, A. I., & Oluwayelu, D. O. (2018). A Slaughterhouse Survey for Porcine Circovirus Type 2 in Commercial Pigs in Ibadan, Southwest Nigeria. *Folia Veterinaria*, 62(2), 30–34. <https://doi.org/10.2478/fv-2018-0014>
3. Albetis Apolaya, M. (2023). ¿Qué sabemos del Circovirus porcino y cuál es su importancia en nuestro sector? *Actualidad Porcina*. Recuperado de <https://actualidadporcina.com/que-sabemos-del-circovirus-porcino-y-cual-es-su-importancia-en-nuestro-sector/>
4. Almario-Leiva, G., Suarez-Mesa, R., Uribe-García, F., & Rondón-Barragán, I. (2020). Detection and characterization of porcine circovirus type 2 (PCV2) circulating in pigs of the departments of Tolima and Huila, Colombia. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 31(1).
<https://doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17553>
5. Bandrick, M., Balasch, M., Heinz, A., Taylor, L., King, V., Toepfer, J., & Foss, D. (2022). A bivalent porcine circovirus type 2 (PCV2), PCV2a-PCV2b, vaccine offers biologically superior protection compared to monovalent PCV2 vaccines. *Veterinary Research*, 53(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s13567-022-01029-w>
6. Benítez-Meza, A., Gómez-Gurrola, A., Hernández-Ballesteros, J., Navarrete-Méndez, R., & Moreno-Flores, L. (2015). Evaluación de parámetros productivos y económicos en la alimentación de porcinos en engorda. *Abanico Veterinario*,

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322015000300036

7. Bovo, S., Bolner, M., Schiavo, G., Galimberti, G., Bertolini, F., Dall'olio, S., Ribani, A., Zambonelli, P., Gallo, M., & Fontanesi, L. (2025). Description of metabolic differences between castrated males and intact gilts obtained from high-throughput metabolomics of porcine plasma. *Journal of Animal Science*, 103(May). <https://doi.org/10.1093/jas/skaf178>
8. Cai, Z., Xi, H., Pan, Y., Jiang, X., Chen, L., Cai, Y., Zhu, K., Chen, C., Xu, X., & Chen, M. (2015). Effect of testosterone deficiency on cholesterol metabolism in pigs fed a high-fat and high-cholesterol diet. *Lipids in Health and Disease*, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12944-015-0014-5>
9. Chae, C., Lyoo, K. S., Joo, H. S., Caldwell, B., Kim, H. B., Davies, P. R., & Torrison, J. (2011). Comparative efficacy of three commercial PCV2 vaccines in conventionally reared pigs. *Veterinary Journal*, 189(1), 58–62. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.06.015>
10. Fan, J., Fan, F., Chen, Z., Chen, P., Zhu, Y., Li, X., Liu, T., Li, R., Dong, W., & Ge, M. (2025). Evaluation of PCV2 vaccine immunogenicity and efficacy using ELISpot to detect virus-specific memory B cells. *Porcine Health Management*, 11(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s40813-025-00452-7>
11. Gao, Y., Li, J., Wang, Z., Jiang, P., Bai, J., Li, Y., & Wang, X. (2022). Vimentin promotes porcine circovirus type 2 (PCV2) replication in pig alveolar macrophage. *Virus Research*, 318, 198842. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2022.198842>

12. Guillermo Cordero, L., Torres León, M., Rodríguez Buenfil, J. C., Colín Flores, R., Miranda Soberanis, R., & Quintal Parra, M. (2011). Incidencia clínica y frecuencia de lesiones compatibles con enfermedad asociada al circovirus porcino tipo 2 (eacpv2) en cerdos de una granja del estado de Yucatán, México. In *Tropical and Subtropical Agroecosystems* (Vol. 14).
13. Gutiérrez, C., González, F., Araya, A., Gadické, P., & Ruiz, A. (2015). Evaluación productiva de un programa de inyección sin aguja para la administración de vacunas contra Circovirus porcino tipo 2 y *Mycoplasma hyopneumoniae* en un plantel porcino intensivo tipo destete-venta. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 47, 1–7.
14. INTAGRI. (2019). Sistemas de producción porcina. Serie Ganadería. Artículos Técnicos INTAGRI, 33, 1–8.
15. Jhanet, B., Ambrocio, S., Marcé, M., & Saavedra, U. P. (2020). Prevalencia de circovirus tipo 2 (PCV2) en el parque porcino de Ventanilla-Callao 2019.
16. Kroeger, M., Fano, E., Sponheim, A., Schwartz, K. J., Leite, F. L., Gomez-Duran, O., Lecznieski, L., & Piñeyro, P. E. (2025). Assessment of homologous and heterologous PCV2 vaccine efficacy in a PCV2d/PRRSV co-challenge model. *Vaccine*, 60, 127303. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2025.127303>
17. Li, P., Qiao, X., Zheng, Q., & Hou, J. (2015). Immunogenicity and immunoprotection of porcine circovirus type 2 (PCV2) Cap protein displayed by *Lactococcus lactis*. *Vaccine*, 34(5), 696-702. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.09.007>
18. Mazimpaka, E., Ringo, R. S., Hirooka, T., & Okabayashi, T. (2025). Efficacy of PCV2 Vaccination Under Natural Conditions: A Longitudinal Study Using PCR

- and Virus Isolation. *Veterinary Sciences*, 12(6), 575.
<https://doi.org/10.3390/vetsci12060575>
19. Meng, X. J. (2013). Porcine circovirus type 2 (PCV2): Pathogenesis and interaction with the immune system. *Annual Review of Animal Biosciences*, 1, 43–64. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103720>
20. MINAGRI. (2020). Panorama y perspectivas de la producción de carne de cerdo en el Perú. Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. <http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/MIDAGRI/721>
21. Moeser, A. J., Roney, A., Fardisi, M., & Thelen, K. (2022). Biological sex: an understudied factor driving disease susceptibility in pigs. *Journal Of Animal Science*, 100(6). <https://doi.org/10.1093/jas/skac146>
22. Nielsen, G. B., Haugegaard, J., & Jolie, R. (2018). Field evaluation of a ready-to-use combined Porcine circovirus type 2 and *Mycoplasma hyopneumoniae* vaccine in Denmark - a historical comparison of productivity parameters in 20 nursery and 23 finishing herds. *Porcine Health Management*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40813-018-0104-7>
23. Nielsen, G. B., Nielsen, J. P., Haugegaard, J., Denwood, M. J., & Houe, H. (2017). Effect of vaccination against sub-clinical Porcine Circovirus type 2 infection in a high-health finishing pig herd: A randomised clinical field trial. *Preventive Veterinary Medicine*, 141, 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.04.003>
24. MacLachlan, N. J., & Dubovi, E. J. (2017). Chapter 13 - Circoviridae and Anelloviridae. En *Fenner's Veterinary Virology* (5.^a ed., pp. 259–268). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800946-8.00013-1>

25. Oh, T., Cho, H., Suh, J., & Chae, C. (2022). Virulence Comparison of Four Porcine Circovirus Type 2 (PCV2) Genotypes (2a, 2b, 2d and 2e) in Pigs Single-Infected with PCV2 and Pigs Dual-Infected with PCV2 and *Mycoplasma hyopneumoniae*. *Journal of Comparative Pathology*, 199, 88–98.
26. Pagot, E., Rigaut, M., Roudaut, D., Panzavolta, L., Jolie, R., & Duivon, D. (2017). Field efficacy of Porcilis® PCV M Hyo versus a licensed commercially available vaccine and placebo in the prevention of PRDC in pigs on a French farm: A randomized controlled trial. *Porcine Health Management*, 3, 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40813-016-0051-0>
27. Pleguezuelos, P., Sibila, M., Cuadrado-Matías, R., López-Jiménez, R., Pérez, D., Huerta, E., Pérez, M., Correa-Fiz, F., Mancera-Gracia, J. C., Taylor, L. P., Borowski, S., Saunders, G., Segalés, J., López-Soria, S., & Balasch, M. (2022). Efficacy Studies of a Trivalent Vaccine Containing PCV-2a, PCV-2b Genotypes and *Mycoplasma hyopneumoniae* When Administered at 3 Days of Age and 3 Weeks Later against Porcine Circovirus 2 (PCV-2) Infection. *Vaccines*, 10(8), 1234. <https://doi.org/10.3390/vaccines10081234>
28. Pei, Y., Lin, C., Li, H., & Feng, Z. (2023). Genetic background influences pig responses to porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Frontiers in Veterinary Science*, 10(October). <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1289570>
29. Poulsen Nautrup, B., Van Vlaenderen, I., & Mellencamp, M. A. (2023). A chimeric vaccine against Porcine Circovirus Type 2: Meta-analysis of comparative clinical trials. *Vaccines*, 11(3), 584. <https://doi.org/10.3390/vaccines11030584>

30. Rose, N., Opriessnig, T., Grasland, B., & Jestin, A. (2012). Epidemiology and transmission of porcine circovirus type 2 (PCV2). *Virus Research*, 164(1–2), 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2011.12.002>
31. Segalés, J. (2012). Porcine circovirus type 2 (PCV2) infections: Clinical signs, pathology and laboratory diagnosis. *Virus Research*, 164(1–2), 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2011.10.007>
32. Sno, M., Cox, E., Holtslag, H., Nell, T., Pel, S., Segers, R., Fachinger, V., & Witvliet, M. (2016). Efficacy and safety of a new intradermal PCV2 vaccine in pigs. *Trials in Vaccinology*, 5, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.trivac.2016.01.002>
33. Sonne, C., Peter, N., & Toft, N. (2011). A meta-analysis comparing the effect of PCV2 vaccines on average daily weight gain and mortality rate in pigs from weaning to slaughter. *Preventive Veterinary Medicine*, 98(4), 250–258. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.11.015>
34. Villa-Mancera, A., Huerta-Crispín, R., Córdova-Izquierdo, A., Ortega-Vargas, S., & Trejo-Córdova, A. (2013). Efecto de la vacunación de cerdas y lechones contra circovirus porcino tipo 2 (PCV2) en la ganancia de peso y porcentaje de mortalidad en México. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 45, 145–149.
35. Zhou, Y., Zhou, X., Dong, W., Zhang, Y., Du, J., Zhou, X., Fang, W., Wang, X., & Song, H. (2022). Porcine circovirus type 2 induces CHOP-ERO1 α -ROS-mediated apoptosis in PK-15 cells. *Veterinary Microbiology*, 273. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2022.109548>