



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“VALORACIÓN DE LA VACUNACIÓN CONTRA PARVOVIRUS PORCINO EN
GRANJAS AFECTADAS PREVIAMENTE A DIARREA EPIDÉMICA PORCINA”

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

MVZ. JOSÉ DE LA LUZ LUEVANO ADAME

TUTORA PRINCIPAL

DRA. MARÍA ELENA TRUJILLO ORTEGA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA, UNAM

COMITÉ TUTOR:

DRA. ROSA ELENA SARMIENTO SILVA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA, UNAM

DRA. SUSANA MENDOZA ELVIRA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN, UNAM



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Créditos institucionales

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgar la beca para realizar los estudios de maestría del alumno José de la Luz Luevano Adame (No. CVU 894190).

Al laboratorio de Diagnósticos Integrales en Patología Animal A.C.

Al Laboratorio de Anatomía Patológica, Departamento de Ciencias Agronómicas y Veterinarias del Instituto Tecnológico de Sonora.

Al Departamento de Medicina y Zootecnia de Cerdos de la Facultad de Medicina y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Los estudios realizados en la presente tesis fueron financiados por el siguiente proyecto: FMVZ-UNAM PAPIIT 200515 Y 221218: Análisis diferencial de proteínas expresadas en cultivo celular con diferentes aislados del virus de la diarrea epidémica porcina obtenidos en México y su relación con cambios en antigenicidad. A cargo de la Dra. María Elena Trujillo Ortega.

Dedicatorias

A mi señora madre Alicia Adame Mares y a ti padre, Manuel Luevano Terrones (QEPD) por todo el apoyo incondicional que me brindaron, les dedico este trabajo como muestra de tributo hacia ustedes, espero poder pagarles todos sus consejos, guías y muestras de cariño que siempre tuvieron hacia mí y mis hermanos.

A mis hermanos Leodegario, Víctor Manuel, Martha Claudia, Ma. del Refugio y Ramona, por todos esos regaños y “estirones de oreja” que alguna vez me dieron, todos ustedes son un ejemplo para mí gracias por apoyarme en mi superación personal y profesional.

A la familia Gastelum Castañeda (Sr. José Arnulfo, Sra. Leticia, Alejandra y José Octavio), por todo su apoyo desde la licenciatura, gracias por acogerme como parte de su familia, no son suficientes las palabras para agradecer todo lo que han hecho para continuar con mi desarrollo personal y profesional.

A ti, Universidad Nacional Autónoma de México, por acogerme y permitirme encontrar a todas esas personas indicadas, por encontrar en tus aulas llenas de conocimientos y personas increíbles las cuales me brindaron una cálida estadía.

Agradecimientos

No son suficientes las palabras que en esta hoja se plasman, para poder agradecer a todas las personas que formaron parte de esta etapa de mi vida, todas estas personas que ahora forman parte de mí.

A mi asesora la Dra. María Elena Trujillo Ortega, a quien le debo todo, gracias por aceptarme sin conocerme, haciéndome parte de su equipo, gracias por dejarme ser libre, permitirme equivocarme y luego guiarme por el camino adecuado.

A mi comité tutor, Dra. Rosa Elena Sarmiento Silva y Dra. Susana Mendoza Elvira, quienes siempre me abrieron las puertas de su laboratorio, se tomaron el tiempo para ayudarme con las dudas y fueron parte importante en la realización de este proyecto.

A mis sinodales, Dr. José Juan Martínez Maya, Dr. Abel Ciprián Carrasco, Dra. Gladis del Carmen Fragozo Gonzáles. Dr. Francisco Javier Basurto Alcántara por asesorarme y participar en mi proceso de titulación.

Al Dr. Francisco Ernesto Martínez Castañeda, por darse el tiempo en asesorarme con el análisis estadístico.

A la Dra. Concepción Díaz Rayo, quien ha estado al pendiente de mi formación desde la licenciatura, es una inspiración para mí. Me ha demostrado la importancia de seguirse preparando, de ser una mejor persona y un mejor médico.

Al Dr. Miguel Ramón Molina Barrios, al cual desde la licenciatura llevo “dándole lata”, gracias por guiarme en este camino, gracias por sembrarme la duda, gracias a esto me ha permitido resolver problemas académicos y personales.

Al personal del Departamento de medicina y zootecnia de cerdos (DMZC) por ayudarme durante esta etapa y ser parte de mi formación.

A mis maestros, los cuales me ayudaron siempre con todas las dudas y cuestiones que me surgieron. Con ellos formé un vínculo muy importante, a través del cual podremos trabajar en un futuro próximo.

Al Dr. Rolando Beltrán Figueroa, por el gran apoyo que me brindó durante la maestría. Por ser una persona proactiva con gran entusiasmo de trabajar.

Al MC. César Rene Félix Castro, por todas estas buenas charlas e ideas que han surgido, eres un excelente amigo y colega. Gracias por todo mi buen amigo.

A la Dra. Palmira Enríquez, Dr. Paul Chairez, Dr. Martín Vázquez, Dr. Fabricio Aldaco, así como a las unidades de producción que me permitieron realizar el monitoreo de las granjas para este proyecto, sin su ayuda este trabajo no sería posible.

Al Dr. Sadrac Acosta Bauza por ayudarme a trabajar con las pruebas de laboratorio, por contestar todas mis preguntas, gracias por todo.

A la pMVZ Ana Provencio, por su ayuda en la recolección de muestras la cual forma parte importante de este trabajo y posteriormente su tesis.

A todos aquellos compañeros que de alguna manera me han apoyado con su compañía, ánimo y entusiasmo. Gracias por dejarme entrar en su vida aportando una gota en este mar llamado conocimiento.

A la familia Páez Castañeda (Sra. Guadalupe, Isaías y Gabael) por tanto apoyo brindado. Gracias por su altruismo, por aceptarme como uno más de los suyos y por preocuparse por mí. Siempre estaré agradecido.

Por último, pero no menos importante a Alejandra Gastelum Castañeda. Gracias por ayudarme a superarme, siempre estar al pendiente de mí, y por compartir conmigo todos los triunfos y derrotas que he tenido, a tu lado.

*I love you for all that you are,
all that you have been
and all you're yet to be.
-Ernest Hemingway*

Contenido

Lista de ilustraciones	VIII
Lista de tablas.....	IX
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 ANTECEDENTES.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Etiología.....	7
2.2 Epidemiología.....	8
2.3 Resistencia a agentes químicos y cambios de temperatura.....	8
2.4 Rutas de excreción del virus.....	8
2.5 Trasmisión.....	9
2.6 Replicación viral.....	9
2.8 Patogenia.....	11
2.9 Lesiones.....	12
2.9.1 Lesiones en las cerdas.....	12
2.9.2 Lesiones en los fetos.....	13
2.10 Diagnóstico.....	13
2.10.1 Prueba de inhibición de la hemoaglutinación.....	14
2.11 Tratamiento y prevención.....	14
2.12 Vacunas.....	14
2.13 Planteamiento del problema.....	15
2.14 Justificación.....	15
2.15 Objetivo general.....	19
2.16 Objetivos específicos.....	19
2.17 Hipótesis.....	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 Localización de las granjas a evaluar.....	21
3.2 Criterios de inclusión.....	21
3.3 Características generales.....	21
3.4 Recolección de datos en granja.....	22
3.4.1 Parámetros productivos.....	22

3.4.2 Calendario de vacunación contra PPV	22
3.5 Muestreo	23
3.6 Metodología de muestreo	23
3.6.1 Primer muestreo	23
3.6.2 Muestreo Longitudinal.....	24
3.6.3 Muestreo de lechones al parto.....	24
3.7 Manejo y toma de muestras sanguíneas	26
3.8 Número de muestras recolectadas	26
3.9 Recolección de muestras sanguíneas.....	27
3.10 Pruebas de laboratorio	27
3.11 Prueba de Inhibición de la Hemoaglutinación	27
3.12 Lectura de la prueba	27
3.13 Análisis de los resultados	28
3.14 Variables	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1 Variables reproductivas.....	30
4.2 Resultados del primer muestreo.....	39
4.3 Resultados del muestreo longitudinal.....	46
4.4 Resultados serologías de lechones al parto	50
4.5 Parámetros productivos al parto	52
5. RESUMEN DE RESULTADOS	53
6. CONCLUSIONES.....	54
7. ANEXOS	55
7.1 Protocolo de la prueba de Inhibición de la Hemoaglutinación	55
7.1.1 Tratamiento de las muestras de suero.....	55
7.2 Lavado y preparación de eritrocitos de cobayo al 0.75%.....	55
7.3 Estandarización del antígeno a 8 Unidades Hemoaglutinantes (UHA).....	55
7.4 Realización de la prueba de Inhibición de la hemoaglutinación.....	56
Glosario de Abreviaturas.....	84
LITERATURA CONSULTADA	87

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Ciclo de replicación viral de parvovirus porcino	10
Ilustración 2. Infección por PPV, y sus consecuencias por día de gestación.....	11
Ilustración 3. Publicaciones sobre parvovirus porcino a nivel mundial en la base de datos de Scopus	16
Ilustración 4. Países que realizan investigaciones sobre parvovirus porcino	17
Ilustración 5. Publicaciones de AMVEC A.C. Análisis retrospectivo	18
Ilustración 6. Promedio de lechones nacidos totales por granja	35
Ilustración 7. Promedio de lechones nacidos vivos por granja	36
Ilustración 8. Promedio de Lechones nacidos muertos por granja	37
Ilustración 9. Promedio de lechones nacidos momias por granja	38
Ilustración 10. Resultados de la prueba de IHA en el área de maternidad y destete	41
Ilustración 11. Resultados de la prueba de IHA en el área de cuarentena	42
Ilustración 12. Resultados de la prueba de IHA en el área de pie de cría.....	43
Ilustración 13. Resultados de muestreos longitudinales por granja	49
Ilustración 14. Perfil serológico a lechonas granja 4	50
Ilustración 15. Resultados de la prueba IHA de lechones al parto por granja	51
Ilustración 16. Mapa ubicación de las granjas.....	62
Ilustración 17. Parámetros productivos granja 1	63
Ilustración 18. Parámetros productivos granja 2	68
Ilustración 19. Parámetros productivos granja 3	73
Ilustración 20. Parámetros productivos granja 4	78
Ilustración 21. Momias recolectadas en granja	82
Ilustración 22. Lechones nacidos momias < 16 cm	82
Ilustración 23. Toma de muestra sanguínea en cerdas	83
Ilustración 24. Muestras de suero procedentes de granja.....	83

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación enfermedades reproductivas en cerdos	5
Tabla 2. Número de publicaciones indizadas sobre las principales enfermedades de los cerdos.....	17
Tabla 3. Manejo de la cerda de reemplazo por granja.....	23
Tabla 4. Metodología de muestreo	25
Tabla 5. Total, de muestras recolectadas	26
Tabla 6. Número de cerdas seleccionadas para seguimiento longitudinal	26
Tabla 7. Resultados HSD Tukey pLNT y pLNV	30
Tabla 8. Resultados HSD Tukey %LNM.....	31
Tabla 9. Resultados HSD Tukey %LNMo.....	32
Tabla 10. Parámetros productivos por tipo de cerda.....	33
Tabla 11. Análisis retrospectivo, Parvovirus porcino	40
Tabla 12. Media y error estándar de los resultados de la prueba de IHA por granja	45
Tabla 13. Análisis de varianza de primer muestreo longitudinal.....	46
Tabla 14. Comparación múltiple por el método de Tukey.....	47
Tabla 15. Parámetros productivos al parto.....	52
Tabla 16. Resultados muestreo transversal granja 1	57
Tabla 17. Resultados muestreo transversal granja 2.....	58
Tabla 18. Resultados muestreo transversal granja 3.....	59
Tabla 19. Resultados muestreo transversal granja 4.....	60
Tabla 20. Estadísticos descriptivos muestreo transversal.....	61

RESUMEN

LUEVANO ADAME JOSÉ DE LA LUZ. Valoración de la vacunación contra parvovirus porcino en granjas afectadas previamente a diarrea epidémica porcina (bajo la dirección de: Dra. María Elena Trujillo Ortega).

La producción porcina ha tenido un gran avance en los últimos años, debido a mejoras en instalaciones y selección genética, las cuales permiten una mejor eficiencia productiva, sin embargo, la producción intensiva se encuentra constantemente desafiada por agentes infecciosos. Debido a esto, se utilizan diferentes protocolos o métodos de inmunización para evitar problemas infecciosos, no obstante, no se realizan evaluaciones de estos para determinar su efectividad a nivel productivo. Uno de los agentes infecciosos presentes en todas las granjas porcinas es parvovirus porcino o PPV por sus siglas en inglés, donde la infección se presenta principalmente en cerdas jóvenes o primerizas provocando falla reproductiva a causa del incremento en el porcentaje de lechones nacidos momificados (%LNMo), provocando con esto pérdidas económicas importantes. El método de control principalmente utilizado para inmunizar a las cerdas contra PPV además del uso de vacunas comerciales, es el uso de "feedback", el cual consiste en administrar a cerdas jóvenes licuados de heces y momias procedentes de cerdas adultas con la finalidad de exponer al virus de campo a las cerdas desencadenando una respuesta inmunológica "protectora" para cuando las cerdas ingresen al hato reproductor. La práctica de "feedback" es utilizada para diferentes agentes, no solo PPV, siendo recientemente empleada para el control de brotes de diarrea epidémica porcina. El uso de este método ha sido muy cuestionado, debido a que se pueden recircular varios agentes infecciosos que se encuentren presentes en el inóculo, provocando así un problema en las granjas. El objetivo del presente trabajo fue detectar anticuerpos contra parvovirus porcino y determinar la prevalencia de PPV, evaluar la respuesta inmunológica provocada por los métodos de inmunización contra PPV por medio de perfiles serológicos, así como evaluar el efecto productivo de cerdas al parto. Se evaluaron 4 granjas, las cuales presentaron un brote de diarrea epidémica porcina, se realizaron dos tipos de muestreo en cada una, el primer muestreo y el segundo longitudinal, en este último se les dio seguimiento a cerdas desde su selección hasta el primer parto, evaluando además a sus lechones al nacimiento. Los resultados mostraron prevalencias de 100% para la granja 1, 80.8 y 80% para las granjas 2 y 3 y una prevalencia de 56.6% para la granja 4. Para el monitoreo longitudinal se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en los resultados de las pruebas serológicas de los muestreos y por medio

de la prueba de comparación múltiple por Tukey se obtuvieron diferencias en los muestreos 2, 3, 4 y 5, demostrando la presencia de seroconversión durante el periodo de gestación sugerentes a circulación viral dentro del hato reproductor. Los parámetros como porcentaje de fertilidad al parto y porcentaje de lechones nacidos momias en las granjas evaluadas fueron, 62.5% fertilidad al parto y 3.79% de %LNMo para la granja 1; 80% para las granjas 2 y 3 con 1.56 y 1.85% de %LNMo respectivamente y un 50% de fertilidad al parto con un 2.70% de %LNMo para la granja 4. Además, en las camadas evaluadas al parto de las diferentes granjas, mostraron títulos de anticuerpos en lechones nacidos, indicando que hubo infección viral durante la gestación. Estos resultados indican que los métodos de inmunización contra PPV pueden no ser efectivos por lo que cerdas entran en contacto con el virus.

Palabras clave: parvovirus porcino, métodos de aclimatación, diarrea epidémica porcina, feedback.

ABSTRACT

Evaluation of vaccination against porcine parvovirus on farms previously affected by porcine epidemic diarrhea

In recent years, pig production has made great progress due to improvements in facilities and genetic selection, which allow for better productive efficiency, however, intensive production is constantly challenged by infectious agents. Due to this, different protocols or immunization methods are used in production to avoid infectious problems, however, evaluations of these are not carried out to determine their effectiveness at the productive level. One of the infectious agents present in all pig farms is porcine parvovirus or PPV, where the infection occurs mainly in young or first-time sows causing reproductive failure due to the increase in the percentage of mummified piglets born (% LNMo), causing significant economic losses. The control method mainly used to immunize sows against PPV in addition to the use of commercial vaccines, is the use of "feedback" which consists of administering to young sows a shake with feces and mummies from adult sows in order to expose the sow field virus triggering a "protective" immune response by the time the sows enter the breeding herd. The practice of "feedback" is used for different agents, not only PPV, being recently used to control outbreaks of porcine epidemic diarrhea. The use of this method has been highly questioned, because several infectious agents that are present in the inoculum can be recirculated, thus causing a problem in the farms. The objective of the present work was to detect antibodies against porcine parvovirus and to determine the prevalence of PPV, to evaluate the immune response caused by the methods of immunization against PPV by means of serological profiles. As well as to evaluate the productive effect of sows at birth. Four farms were tested, which presented an outbreak of porcine epidemic diarrhea, two types of sampling were performed in each, the first sampling and the second longitudinal, in the latter, sows were monitored from their selection to the first delivery, also evaluating their piglets at birth. The results showed 100% PPV prevalence for farm 1, 80.8 and 80% for farms 2 and 3 and a prevalence of 56.6% for farm 4. For longitudinal monitoring, statistically significant differences ($P < 0.05$) were found in the results of the serological tests. Through the multiple comparison test by Tukey, differences were obtained in samples 2, 3, 4 and 5, demonstrating the presence of seroconversion during the period of pregnancy suggestive of viral circulation within the reproductive herd. The parameters such as percentage of fertility at birth and percentage of piglets born mummies on the farms evaluated were 62.5% fertility at birth and 3.79% of %LNMo for farm 1; 80% for farms 2 and 3 with 1.56 and 1.85% of %LNMo respectively and 50% of fertility at birth with 2.70% of %LNMo for the farm 4. In addition, in the litters evaluated at the birth of the different farms, they showed titles of antibodies in born piglets, indicating that there was viral infection during pregnancy. These results indicate that PPV immunization methods may not be effective, so sows come into contact with the virus.

Keywords: Porcine parvovirus, acclimatization methods, porcine epidemic diarrhea, feedback.

Valoración de la vacunación contra parvovirus porcino en granjas afectadas previamente a diarrea epidémica porcina.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La producción porcina en México ha tenido una serie de cambios con el fin de mejorar la eficiencia reproductiva para poder incrementar la producción de cerdos, estableciendo nuevas y más estrictas metas en los parámetros productivos, con el fin de tratar de ubicarse dentro de los estándares internacionales que hoy en día se toman como referencia (Trujillo, 2017).

Uno de los cambios a nivel productivo que ha mejorado el estatus inmunitario en las granjas, es la producción en sitios múltiples, donde los cerdos son separados en distintos sitios, para evitar la propagación de enfermedades. Siendo el más importante el pie de cría, donde se encuentra el núcleo de la producción. Los problemas que se presenten en éste, tienen repercusión directa en toda la cadena productiva, es por ello que en las granjas se tienen diferentes protocolos de manejo e inmunización en el hato.

El mejoramiento de las líneas reproductoras ha traído consigo una mayor eficiencia reproductiva, ya que las cerdas tienen la capacidad de producir más lechones al año y, por consiguiente, mayor cantidad de cerdos destetados, después a engorda y finalmente a sacrificio. Sin embargo, la porcicultura a nivel mundial ha sufrido problemas patológicos que han tenido un gran impacto económico y han afectado la producción porcina (Pardave, 2013), como la diarrea epidémica porcina (PED, por sus siglas en inglés), la cual ha traído como principal consecuencia una disminución en la producción y un incremento en el precio de la carne de cerdo (Hernández, 2016).

Existen factores que pueden disminuir la eficiencia productiva, como son, los medios ambientales y los patológicos, siendo estos últimos los que tienen un mayor impacto económico dentro de la porcicultura, entre estos se pueden resaltar aquellas

enfermedades que afectan directamente a la reproducción. A estas enfermedades anteriormente se les conocía como SMEDI (por las siglas en inglés de, *Stilbirths, mummification, embrionic death and infertility*) donde se incluían todos los agentes virales con capacidad de afectar a la reproducción. Sin embargo, Wrathall agrupó a las enfermedades reproductivas basándose en la capacidad del agente en causar daño placentario y lesión en los fetos o embriones (Wrathall, 1973) (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación enfermedades reproductivas en cerdos

Clasificación	Descripción	Enfermedades
Grupo 1	Grave daño placentario, lesiones leves a embriones o fetos	Enfermedad de Aujeszky Estomatitis vesicular Exantema vesicular Fiebre porcina Clásica
Grupo 2	Leve daño placentario, intenso daño a embriones o fetos	Parvovirus porcino Enterovirus porcino Encefalitis japonesa B Influenza Porcina

La producción porcina en México se enfrentó a PED en el año 2014, cuando se presentaron los primeros brotes en los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Tlaxcala, Aguascalientes, Baja California, Colima, Ciudad de México, Guerrero, Puebla, Veracruz, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa y Sonora (SAGARPA 2014, SENASICA 2014).

Para su control, en la mayoría de las granjas porcinas mexicanas afectadas, se emplearon diversas prácticas para tratar de controlar o disminuir la afección que causó este virus. Una de las prácticas más utilizadas que se empleó fue la exposición controlada o mejor conocida como “feedback”, la cual consiste en dar de beber a las cerdas las heces o contenido intestinal de los lechones afectados por el virus, a través de licuados esto con el fin de poner en contacto a las hembras con el virus, con el objetivo de infectar a todo el hato, para generar una respuesta inmunológica (Geiger & Connor, 2013; Ramírez, 2014; Sanchez, 2013; Vargas & Vizcaíno, 2014).

Existen varios métodos de administración de estos licuados, como diluir las heces en agua circulante sin cloro (Vargas and Vizcaíno, 2014), agua destilada, solución salina, leche, alimento, etc. El empleo del “feedback” debe considerarse en granjas que presentan otros problemas virales, ya que, al administrar este material, pueden

recircular otros agentes patológicos que se encuentren presentes, tales como, los virus de PRRS, Influenza porcina (SIV, por sus siglas en inglés), entre otros (Schwartz *et al.*, 2013).

La práctica de “feedback” no es un método nuevo de inmunización de animales, esta se utilizó para el control de la parvovirus porcina cuando los brotes comenzaron por los años 70s, del siglo pasado. De la misma manera, se lograba la exposición de las cerdas, solo que se administraban las heces de hembras con problemas reproductivos o un macerado de lechones momificados y sacrificados (Loula *et al.*, 2004; PIC, 2015). Además, en la aclimatación de las hembras de reemplazo se utilizan heces de hembras multíparas o se introduce una hembra a la cuarentena. Esta práctica aún se utiliza en muchas unidades de producción (PIC, 2015).

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Etiología

El Parvovirus porcino es un agente infeccioso específico del cerdo. Se ha observado que no tiene relación antigénica con otros parvovirus como los que afectan al ratón, rata, gato, perro, bovino, conejo y humano (Knipe, Howley y Peter, 2013).

La familia *Parvoviridae* incluye dos subfamilias, *Densovirinae* y *Parvovirinae*. El primero afecta a invertebrados, mientras que *Parvovirinae* infecta a los vertebrados y esta subfamilia es dividida en ocho géneros: *Aveparvovirus*, *Bocaparvovirus*, *Copiparvovirus*, *Dependoparvovirus*, *Eritroparvovirus*, *Protoparvovirus* y *Tetraparvovirus* (Saekhow, Mawatari and Ikeda, 2014; Oh *et al.*, 2017). Además, también a la subfamilia *Parvovirinae* se le puede dividir en dos géneros, de acuerdo a su ácido nucleico y la capacidad de replicación que tiene: *Parvovirus*, este virus es capaz de replicarse de forma autónoma e infecta a vertebrados, por otro lado, los *Dependovirus* dependen de un virus auxiliar para que su replicación se lleve a cabo, generalmente los virus auxiliares son *Adenovirus*. Por lo que a los *Dependovirus* se les denomina dependovirus adenoasociados (Chen *et al.*, 2009; Saekhow, Mawatari and Ikeda, 2014).

Es un virus desnudo, con cerca de 25 nm de diámetro, simetría icosaédrica, compuesto de ácido desoxirribonucleico (ADN) de una sola cadena en sentido negativo (Knipe, Howley and Peter, 2013; Ren *et al.*, 2013). El genoma contiene dos marcos de lectura abiertos (ORF, por sus siglas en inglés). El ORF 1 codifica para las proteínas no estructurales (NS1, NS2 y NS3) y el ORF 2 codifica para las proteínas estructurales denominadas (VP1, VP2 y VP3) (Pardave, 2013; Oh *et al.*, 2017). La VP2 posee propiedades hemoaglutinantes, principalmente de glóbulos rojos de cobayo, rata, pollo, gato y del grupo O del humano (Rico, Molina and Pabón, 2003).

El virus de parvovirus porcino tipo 1 (PPV-1, por sus siglas en inglés) es conocido desde el año 1965 como el agente infeccioso que provoca problemas reproductivos en hembras. Durante los últimos 20 años, nuevas variantes de parvovirus porcino han sido identificados en cerdos, por medio de técnicas moleculares, del PPV-2 al PPV-7. En 2001 se descubrió el PPV-2 y en 2007 se identificó al PPV-3 en China, mientras que, la variante PPV-4 fue identificada hasta el año 2013. De 2013 a 2016

fueron descritas 3 nuevas variantes denominadas PPV-5, PPV-6 y PPV-7 (Lau *et al.*, 2008; Blomström *et al.*, 2009; Xiao *et al.*, 2013; Saekhow, Mawatari and Ikeda, 2014; Schirtzinger *et al.*, 2015; Xing *et al.*, 2018).

2.2 Epidemiología

El PPV se encuentra presente en las áreas con mayor producción porcina, describiéndose ampliamente en Estados Unidos de Norte América, China, Alemania, Europa, Hungría, México, Colombia y Cuba. En la mayoría de las granjas porcinas la enfermedad es enzoótica, la mayor parte de las hembras reproductoras se infecta de manera natural y con pocas excepciones las hembras son inmunes. Una gran proporción de hembras primerizas se infectan naturalmente con PPV antes de ingresar al hato reproductor (Zimmerman *et al.*, 2012; Xiao *et al.*, 2013).

2.3 Resistencia a agentes químicos y cambios de temperatura

El virus es muy resistente a la inactivación por agentes químicos, enzimas, variaciones en el pH y desinfectantes. Tiene resistencia al etanol al 70%, a cuaternarios de amonio al 0.05%, incluso tiene alta resistencia a bajas concentraciones de hipoclorito de sodio (2500 ppm) y al ácido paracético al 0.2%, principalmente. Sin embargo, es rápidamente inactivado por desinfectantes a base de aldehído y a altas concentraciones de hipoclorito de sodio (25000 ppm) y peróxido de hidrogeno al 7.5%. La resistencia ante la mayoría de los desinfectantes se debe a que el virus no es envuelto, por lo que le confiere una alta resistencia por ser un virus hidrofílico. Además, el virus es muy resistente a un amplio rango de temperatura, pudiendo permanecer activo a 70 °C por lo menos dos horas. Cuando se eleva la temperatura a 80 °C por cinco minutos pierde su infectividad y la capacidad hemoaglutinante. Es muy estable a 4 °C y resiste un pH entre 3 y 9 (Rico, Molina y Pabón, 2003; Zimmerman *et al.*, 2012; Pardave, 2013).

2.4 Rutas de excreción del virus

Los cerdos infectados eliminan el virus en cantidades elevadas por las excreciones y secreciones, en bajas concentraciones en orina, heces y secreciones nasales. Los sementales juegan un papel importante en la diseminación del PPV, debido a que el virus puede ser eliminado por varias vías, incluyendo el semen, o bien, por

contaminación de este por materia fecal que contenga el virus. Se ha logrado aislar el virus de prepucio y testículo después de una infección por vía oronasal. También se ha logrado aislar de ganglios linfáticos. Además, los sementales pueden funcionar como vehículo de diseminación mecánica del PPV entre las hembras que se encuentren susceptibles por medio de transmisión venérea (Erazo, 1994; Martinez, 1998; Mengeling, Lager y Vorwald, 2000; Zimmerman *et al.*, 2012).

2.5 Trasmisión

El virus es de fácil diseminación dentro de las poblaciones de cerdos, ya que es un virus muy estable. Las fuentes de infección son los corrales contaminados ya que constituyen un reservorio del virus. Las cerdas contaminadas que se encuentran en desarrollo son el principal reservorio del virus (Spadaro, Pereyra, Biscia, Dibarborá, Cane y Sarradell, 2010). La principal vía de entrada es por contacto directo con heces contaminadas con el virus y por vía venérea (Zimmerman *et al.*, 2012; Pardave, 2013).

2.6 Replicación viral

La replicación del parvovirus se encuentra íntimamente asociada a células en replicación, es por ello que, ocurre solo en células altamente mitóticas o que se encuentran en la fase S (Knipe, Howley and Peter, 2013; MacLchlan and Dubovi, 2017), por lo que presenta una elevada afinidad hacia el embrión y el feto en desarrollo (Zimmerman *et al.*, 2012; Pardave, 2013).

La replicación es citocida y se caracteriza por la adhesión del virus a través de su proteína no estructural VP1 de la cápside a la célula, rodeándola hasta que el virión penetra por medio de endocitosis. Una vez dentro se realiza la denudación del virus y luego ocurre la translocación del ADN viral al núcleo donde ocurre una transcripción primaria, el resultado de este evento arroja dos clases y tamaños de ácido ribonucleico mensajero (ARNm), uno largo el cual codificará para las proteínas no estructurales (NS-1 y NS-2) y el corto codificará para las proteínas estructurales (VP-1 y VP-2) (Ilustración 1).

La replicación de ácido nucleico de progenie es seguida por la transcripción de ARN (ácido ribonucleico) tardío y producción de ARN de las proteínas tardías ocurriendo

el autoensamblaje de la cápside. Para que la célula huésped entre en la fase S (donde se lleva a cabo la síntesis de ADN), es necesaria la acción de la proteína no estructural sobre el ADN viral, así como la translocación de la cápside al núcleo y la replicación del ADN.

Por otro lado, el parvovirus no tiene la capacidad de inducir a las células en reposo para iniciar la síntesis de ADN, por lo que necesita de varias ADN polimerasas. Es por ello que las secuencias terminales sobre el ADN lineal del parvovirus se emplean como iniciadores para comenzar con la síntesis de ADN. Una vez que el ADN se introduce en las cápsides intactas, se procede a la liberación de las partículas virales infecciosas por medio de lisis celular (Zimmerman *et al.*, 2012; Knipe, Howley and Peter, 2013; Pardave, 2013; MacLchlan and Dubovi, 2017).

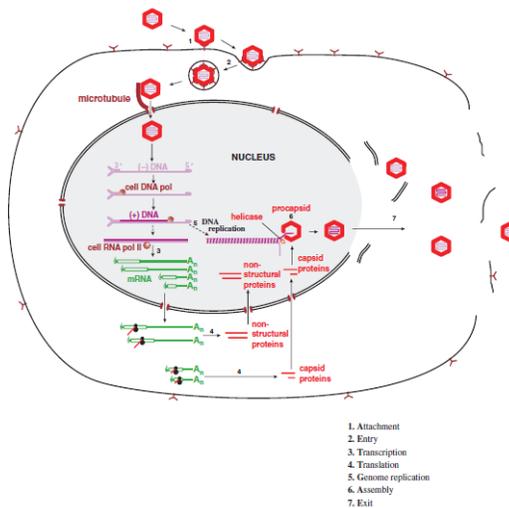


Ilustración 1. Ciclo de replicación viral de parvovirus porcino

(Carter and Saunders, 2007) Ilustración, Parvovirus. Recuperado de “Virology, Principles and applications.

2.7 Signos clínicos

La infección de los cerdos es subclínica, de manera que no se presentan signos evidentes que indique que los animales se encuentren en un proceso infeccioso, se ha descrito que los cerdos presentan una leve y transitoria panleucopenia la cual dura 10 días después de haber entrado en contacto con el virus. La principal y quizá la única presentación clínica por la infección de PPV es la insuficiencia reproductiva

de las hembras, la cual dependiendo del momento de la gestación donde se infecte, puede provocar desde reabsorción embrionaria hasta llegar al parto con un número pequeño de camada y con un alto número de lechones nacidos momificados, llegando a prolongar la gestación por algunos días (Ilustración 2) (Givens and Marley, 2008; Zimmerman *et al.*, 2012; Knipe, Howley and Peter, 2013; Truyen and Streck, 2019).

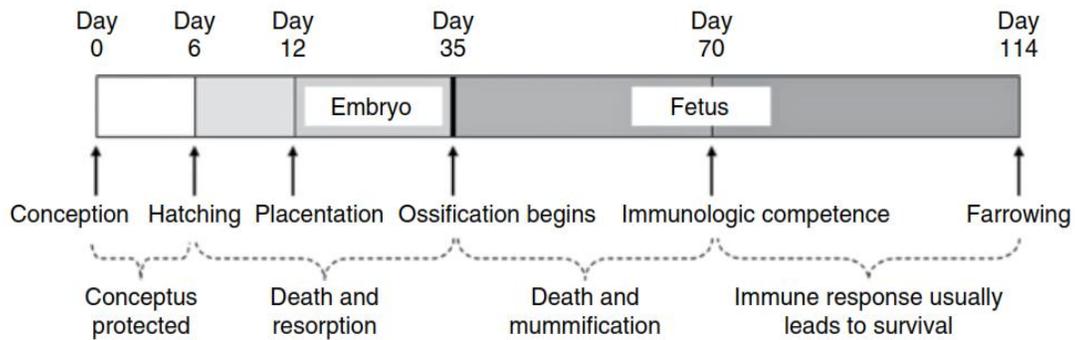


Ilustración 2. Infección por PPV, y sus consecuencias por día de gestación

En la ilustración se muestran los posibles eventos que pueden ocurrir tras la infección por parvovirus porcino. Dependiendo de los periodos de gestación las lesiones o eventos pueden ser diferentes (Truyen and Streck, 2019) *Ilustración, Parvoviruses . Recuperado de "Diseases of Swine 11th"*.

2.8 Patogenia

La manera en que el virus puede infectar a los fetos no está clara, autores describen que el virus tiene la capacidad de cruzar la barrera trasplacentaria, como pasa en otros virus (Dieuzy *et al.*, 1987) por lo que podría infectar a fetos por diferentes vías: por medio de fluidos corporales como sangre o linfa, o por células como macrófagos o linfocitos, ya que primero ocurre una replicación primaria en tejido linfoide seguido de una viremia, sin embargo, el tipo de placenta de la cerda es epitelio corial difusa, por lo que no permite la entrada a partículas externas o de gran tamaño (Mengeling, Lager and Vorwald, 2000; Trujillo *et al.*, 2015). Estudios por Mengeling *et al.*, 1978, indican que las células de la placenta no son susceptibles a la infección por parvovirus porcino. Además, no se ha demostrado infección en tejido placentario.

Por lo tanto, es más probable que el virus llegue al feto por medio de células del tejido inmunológico infectadas con el virus; estudios realizados también por Mengeling *et al.*, reportan la presencia del virus en el tejido linfóide de cerdos y fetos en cerdas gestantes. Sin embargo, la replicación en macrófagos no ha sido observada, pero si se ha encontrado remanentes del virus por un periodo extendido de tiempo. (Mengeling, Lager and Vorwald, 2000)

Una vez que el virus invade al feto, este encuentra un ambiente que permite su replicación, debido que el virus requiere células altamente mitóticas que se presentan abundantemente durante el desarrollo fetal.

Las hembras son susceptibles a la insuficiencia reproductiva si son infectadas en cualquier momento de la primera mitad de la gestación, pudiendo ocurrir la muerte del embrión o del feto seguido de reabsorción embrionaria, o momificación fetal. Si la transmisión ocurre después de la primera mitad de la gestación, los fetos pueden sobrevivir en el útero sin efectos clínicos (Erazo, 1994; Pardave, 2013; Mészáros *et al.*, 2017).

La insuficiencia reproductiva causada por parvovirus es provocada por los efectos que este tiene directamente sobre los embriones y fetos. Debido a la ausencia de la respuesta inmunológica, el virus puede replicarse en el tejido uterino, por lo que, cuando ocurre la muerte de los productos, la mayoría de las células contienen grandes cantidades de antígeno vírico intracitoplasmático (Martinez, 1998; Zimmerman *et al.*, 2012; Pardave, 2013).

2.9 Lesiones

2.9.1 Lesiones en las cerdas

Solo se han descrito lesiones aparentes en las cerdas gestantes con menos de la primera mitad de gestación con infiltración moderada de células mononucleares en endometrio y miometrio. En las hembras gestantes, a casi la primera mitad de la gestación, se han encontrado las mismas lesiones pero en menor severidad, además, algunas veces se presenta infiltrado perivascular “manguitos” de células plasmáticas y linfocitos en cerebro, médula espinal y la coroides del ojo (Zimmerman *et al.*, 2012).

2.9.2 Lesiones en los fetos

Comúnmente se observa necrosis de tejido y daño vascular, causando que algunos fetos tengan malformaciones como enanismo y pérdida estructural. Se presenta edema, congestión y hemorragias. También es común ver lesiones microscópicas como inflamación de tejidos y la presencia de cuerpos de inclusión intranucleares. En los fetos que se infectan durante la segunda mitad de la gestación, los cuales son capaces de generar una respuesta inmunológica, se encuentran lesiones como hipertrofia endotelial, así como infiltrado de células mononucleares a consecuencia de la respuesta inmunológica generada ante el virus (Zimmerman *et al.*, 2012).

2.10 Diagnóstico

Cuando se presentan problemas de insuficiencia reproductiva, principalmente en hembras primerizas, como muerte y reabsorción embrionaria o muerte y momificación fetal, presentándose un menor número de lechones por camada, disminución de fertilidad al parto y un aumento de lechones nacidos momificados y sin signología clínica aparente, debe considerarse el diagnóstico para parvovirus porcino.

El diagnóstico definitivo se debe llevar a cabo mediante pruebas de detección de antígenos y anticuerpos, como detección de hemaglutinina vírica en tejidos fetales en muestras de líquidos y fetos momificados menores de 16 cm de longitud. O bien, la prueba de inhibición de la hemoaglutinación para la cuantificación de títulos de anticuerpos por medio de suero de hembras o líquidos corporales de fetos momificados, siendo la prueba más utilizada para el diagnóstico de PPV.

Algunas veces, la evaluación de los úteros en rastro de cerdas que son desechadas por improductivas suele dar información muy importante, ya que se pueden encontrar remanentes de tejidos fetales, pudiéndose asociar a problemas de este tipo, no obstante, debe ser confirmado por el laboratorio (Leengoed *et al.*, 1983; Bower, 2001; Zimmerman *et al.*, 2012).

2.10.1 Prueba de inhibición de la hemoaglutinación

Esta prueba se basa en la unión de anticuerpos específicos a la hemaglutinina del virus, basándose en la capacidad del virus para hemoaglutinar eritrocitos de cobayo, ave y humano, resultando en inhibición de la hemoaglutinación. La prueba tiene una alta sensibilidad y especificidad (Segalés *et al.*, 2014). Existen dos métodos para realizar la prueba, el primero consiste en realizar diluciones decrecientes de virus y se enfrenta a cantidades constantes de suero (método alfa) y en el otro se realizan diluciones decrecientes del suero y se enfrentan a cantidades constantes de virus (método β) (Cobos y Valdéz, 2015).

2.11 Tratamiento y prevención

No existe tratamiento para los problemas reproductivos causados por PPV. Lo que se utiliza como prevención es el manejo de aclimatación de las hembras de remplazo que se encuentran en desarrollo. Una de las prácticas más utilizada en granjas es la exposición al virus a las hembras de remplazo con cerdas multíparas, las cuales se encuentran diseminando el virus. O bien, introducir a los remplazos en corrales infectados o con heces contaminadas, esperando que las hembras se infecten antes de ser ingresadas al hato reproductor. De otro modo, al ingresar susceptibles, se infectarán posterior a la inseminación o monta natural y por consiguiente, los problemas reproductivos se expresarán (Pardave, 2013; Truyen y Streck, 2019).

2.12 Vacunas

La única manera de asegurarse que las cerdas adquieran inmunidad contra PPV, es por medio de la vacunación, generando una respuesta inmunológica antes del ingreso al hato reproductor o antes de quedar gestantes. Las vacunas que existen son de virus atenuado modificado (MLV, por sus siglas en inglés) no disponibles en México, o bien, de virus inactivado (MDV, por sus siglas en inglés), siendo la MDV la más utilizada y las únicas disponibles en el país. Estas deben utilizarse varias semanas antes de la concepción para proteger a la cerda en el periodo más susceptible. En México las vacunas que se encuentran disponibles son inactivadas y vienen acompañadas con otros agentes como *Leptospira* y *Erisipela*.

La duración de la inmunidad después de la vacunación es desconocida, sin embargo, se han encontrado títulos bajos menores o iguales a 1:512, hasta los 4 meses post vacunación, se sugiere que estos títulos son protectores, por lo que la infección contra PPV no debería presentar problemas reproductivos (Runnels, Cherni and Peters, 2001; Truyen y Streck, 2019).

2.13 Planteamiento del problema

El uso de “feedback” en las granjas porcinas, ante la introducción del virus de la diarrea epidémica porcina en México se ha cuestionado, ya que pudo haber favorecido la recirculación de otros agentes patógenos virales que se encontraran en las instalaciones como, PRRS, SIV, Circovirus porcino (PCV-2, por sus siglas en inglés). Entre estos agentes se encuentra la parvovirus porcina, ya que en algunas granjas se presentaron problemas reproductivos con cuadros compatibles con parvovirus porcino después de la exposición controlada para el control de PED.

Además, la vacunación contra parvovirus porcino es utilizada en todas las unidades de producción. Sin embargo, en ninguna se realizan perfiles serológicos post vacunación ni evaluación de los parámetros productivos tras su aplicación y/o manejo (aclimatación) de las hembras de reemplazo y el calendario de vacunación contra parvovirus porcino.

2.14 Justificación

Debido a que el virus de la parvovirus porcina es un virus ubicuo, la vacunación o la exposición a edad temprana es una práctica obligatoriamente utilizada en las granjas. Sin embargo, se ha cuestionado el método de aclimatación, el programa de vacunación y la efectividad de las vacunas contra este agente, siendo una de las vacunas más utilizadas en la producción porcina. Es común encontrar granjas con títulos de anticuerpos muy elevados en hembras vacunadas y/o previamente expuestas.

Además de ser una enfermedad que se encuentra presente en todas las unidades de producción porcina del mundo desde hace más de 50 años, aún se desconocen aspectos fundamentales sobre este patógeno.

Para fines de esta investigación, se realizó una búsqueda en la base de datos de “Scopus” (*Scopus - Analyze search results, 2018*), filtrando las publicaciones que se han realizado sobre este agente, buscando la palabra “porcine parvovirus” dando como resultado 801 publicaciones indexadas a nivel mundial sobre parvovirus porcino en los últimos 50 años (Ilustración 3), siendo Estados Unidos de Norteamérica el país que más investigación ha realizado sobre la parvovirus porcina, seguido de China. En México no hay publicaciones indexadas sobre este tema en Scopus (Ilustración 4).

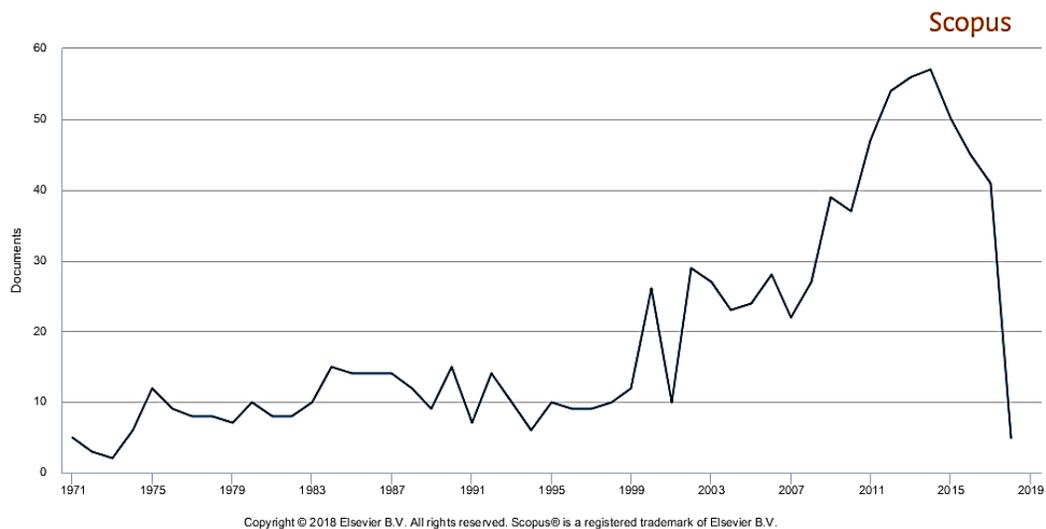
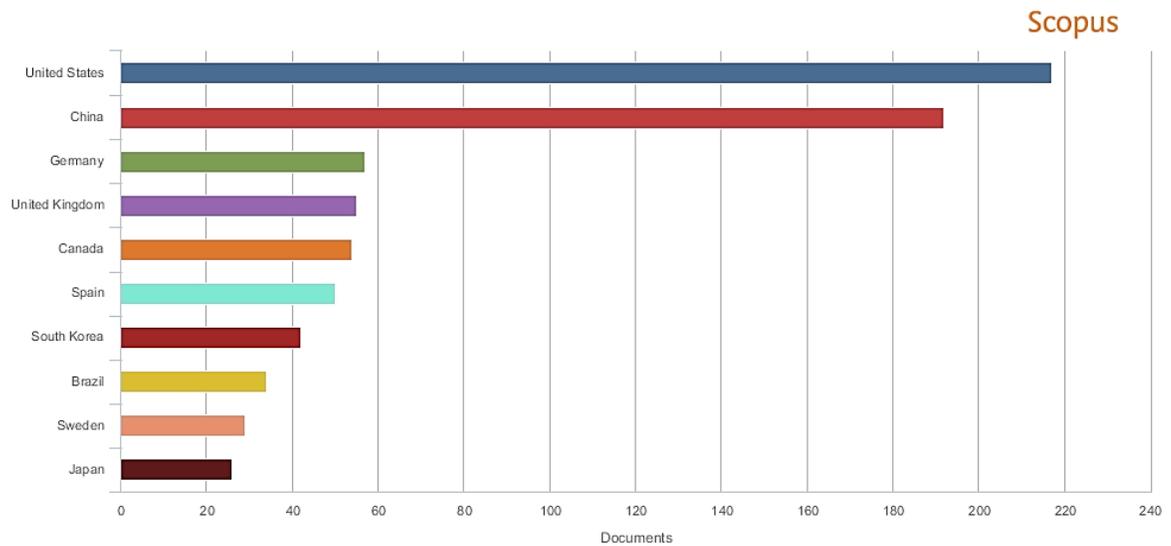


Ilustración 3. Publicaciones sobre parvovirus porcino a nivel mundial en la base de datos de Scopus



Copyright © 2018 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Ilustración 4. Países que realizan investigaciones sobre parvovirus porcino

Del mismo modo, Trujillo *et al.* (2017), mencionan un análisis bibliográfico de diferentes publicaciones internacionales sobre diferentes enfermedades virales relacionadas con la enfermedad, donde se mencionan aquellas en las que han participado autores mexicanos, habiendo ausencia de estos en las publicaciones sobre parvovirus porcino (Tabla 2).

Tabla 2. Número de publicaciones indizadas sobre las principales enfermedades de los cerdos

Agente	Número de publicaciones	Número de publicaciones nacionales
PCV	1741	6
PRRS	2947	24
FPC	2899	6
SIV	2588	9
AUJESZKY	1354	3
PPV	757	0
PEDV	637	1

PCV: Circovirus porcino, PRRS: Síndrome respiratorio y reproductivo porcino FPC: Fiebre porcina clásica, SIV: Influenza porcina, Aujeszky: Enfermedad de Aujeszky, PPV: Parvovirus porcino, PEDV: Virus de diarrea epidémica porcina, (Trujillo et al., 2017). Modificado de: Virus y el sector pecuario. Recuperado de “La virología en México, Situación Actual, Retos y Oportunidades”.

En cuanto a los trabajos publicados en congresos nacionales, se ha observado que estos siguen el mismo patrón (Trujillo *et al.*, 2017). En la historia de publicaciones que se han realizado en la asociación de médicos veterinarios especialistas en cerdos (AMVEC) desde 1971 al 2016 no existe ninguna publicación sobre la parvovirus porcina (Ilustración 5).

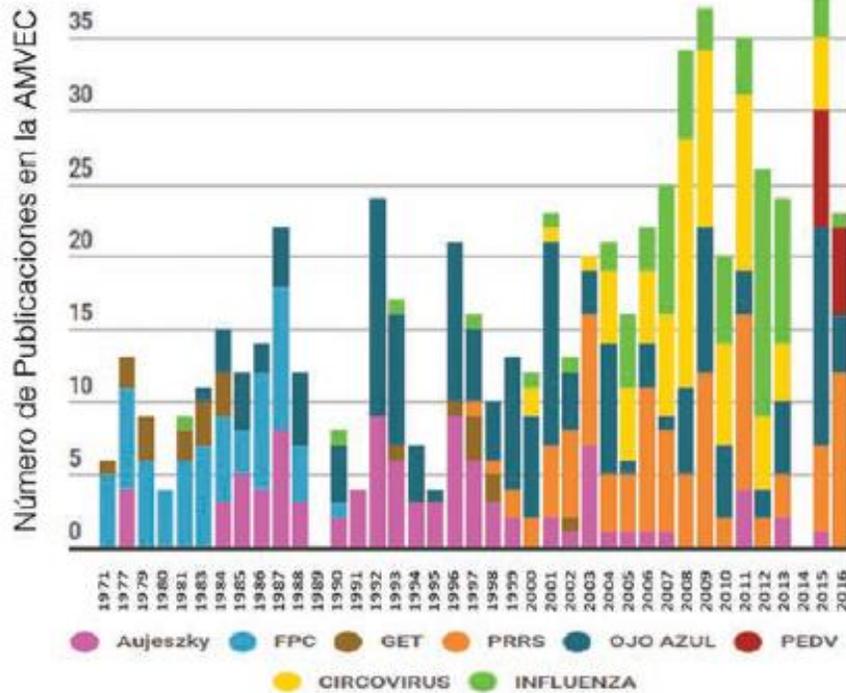


Ilustración 5. Publicaciones de AMVEC A.C. Análisis retrospectivo

Aujeszky: Enfermedad de Aujeszky, FPC: Fiebre porcina Clásica, GET: Gastroenteritis trasmisible, PRRS: Síndrome respiratorio y reproductivo porcino, Ojo Azul: Rubulavirus porcino, PEDV: Virus de diarrea epidémica porcina, Circovirus: Circovirus porcino, Influenza: Influenza porcina. (Trujillo *et al.*, 2017). Ilustración, Virus y el sector pecuario. Recuperado de “La virología en México, Situación Actual, Retos y Oportunidades”.

2.15 Objetivo general

Valoración de la vacunación contra parvovirus porcino mediante perfiles serológicos antes y después de la vacunación, así como demostrar la circulación viral en granjas afectadas previamente a diarrea epidémica porcina

2.16 Objetivos específicos

- Identificar por medio de la prueba de inhibición de la hemoaglutinación, a través de sueros, la presencia de títulos elevados contra parvovirus porcino indicativos de un brote o infección.
- Determinar la prevalencia de parvovirus porcino en cuatro granjas del estado de Sonora.
- Evaluar la respuesta inmunológica en cerdas de reemplazo desde su aclimatación, hasta su primer parto contra parvovirus porcino y evaluar el manejo contra este agente
- Evaluar el efecto productivo y reproductivo que causa la parvovirosis porcina, a través del análisis productivo de un grupo de cerdas de reemplazo.

2.17 Hipótesis

Los métodos de aclimatación (uso de vacunas / exposición al virus) que se utilizan para la inmunización contra parvovirus porcino no son adecuados, por lo que, ingresan susceptibles a la producción, en donde se infectan, presentando los problemas reproductivos.

A causa de los brotes de diarrea epidémica porcina y a la exposición controlada “feedback”, las granjas presentan recirculación viral de parvovirus porcino.

2.18 Limitaciones y alcance del estudio

El estudio tiene un alcance de evaluar los parámetros productivos y reproductivos de cuatro granjas porcinas del estado de Sonora, que en los últimos 5 años, hayan cursado con un brote de diarrea epidémica porcina y que en éstas se haya administrado “feedback” para su control, además de la evaluación del programa de aclimatación y vacunación contra parvovirus porcino por medio de perfiles serológicos pre y post vacunación.

Las limitaciones que se tienen en este estudio es contar con el apoyo de los productores y médicos veterinarios para poder entrar a las explotaciones y realizar la investigación. El apoyo por parte del Laboratorio de Diagnóstico Integral en Patología Animal (DIPA) para contactar con los productores regionales, ya que es el vínculo principal con las diferentes unidades de producción porcina.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización de las granjas a evaluar

Las granjas evaluadas se encuentran localizadas en la región noroeste del estado de Sonora, México (Ilustración 16, sección de anexos).

3.2 Criterios de inclusión

Las granjas se seleccionaron por tener antecedentes de problemas reproductivos con cuadros clínicos sugerentes a infección por parvovirus porcino, además, otro criterio fue que hayan presentado (en los últimos 5 años) un brote de diarrea epidémica porcina y que para su control se haya utilizado la exposición controlada por feedback. Para la selección de las granjas fue necesaria la participación del Laboratorio de Diagnóstico Integral en Patología Animal (DIPA), ubicado dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON).

3.3 Características generales

La evaluación se realizó en dos vías: serológica y métodos de aclimatación. El estudio serológico se analizó bajo dos criterios: la evaluación transversal y longitudinal; los cuales fueron retrospectivos y observacionales, en el caso de la evaluación de los métodos de aclimatación de las hembras de reemplazo, se consideró el uso o no de vacunación contra parvovirus porcino, el tipo de vacuna empleada, marca comercial y calendario o programa de vacunación que se emplea.

El proyecto fue sometido al SICUAE (Subcomité institucional para el cuidado y uso de animales experimentales) de la FMVZ-UNAM y fue aprobado con el número de protocolo: **SICUAE.MC-2019/3-10**.

3.4 Recolección de datos en granja

La recolección de los parámetros productivos se obtuvo de los programas de gestión utilizados en las diferentes granjas, se obtuvieron los datos y se capturaron en el programa Microsoft Excel 2016.

3.4.1 Parámetros productivos

Se recolectaron los datos de los grupos de carga (hembras gestantes por semana), principalmente el promedio de lechones nacidos totales (pLNT) y nacidos vivos pLNV. Así como el porcentaje de lechones nacidos muertos (%LNM), y lechones nacidos momificados (%LNMo), porcentaje de mortalidad en maternidad en cada una de las granjas analizadas. La información obtenida abarcó desde el año 2013 hasta el 2019. Con estos datos se realizó un análisis retrospectivo, se realizaron gráficos para cada una de las granjas, haciendo una evaluación por tipo de cerda (primeriza y múltipara).

3.4.2 Calendario de vacunación contra PPV

Se obtuvo el calendario o programa de vacunación hacia PPV y el tipo de manejo que se realiza a las hembras de reemplazo para su aclimatación antes de ingresar al pie de cría, así como el tipo de biológico utilizado para la inmunización contra PPV.

Dentro de las granjas evaluadas, el manejo de las cerdas de reemplazo fue similar, en todas utilizan vacunas contra PPV, en la tabla 3 se presenta el tipo de manejo que se realiza para la aclimatación de las cerdas. Las granjas 1-3 tienen el mismo manejo contra parvovirus porcino, mientras que la granja 4 difiere puesto que emplean otra vacuna (marca comercial), además de que no utilizan feedback y la segunda vacunación contra PPV se realiza dentro del hato reproductor (Tabla 3).

Tabla 3. Manejo de la cerda de reemplazo por granja

Granja	Número hembras	Producción	Feedback (Fb)	Semana Fb	Vacuna	Primo-vacunación Semana	Refuerzo Semana	Edad a entrada al hato
1	600	Semanal	SI	21-23	Vac 1	25	28	30 semanas
2	750	Semanal	SI	21-23	Vac 1	25	28	30 semanas
3	800	Semanal	SI	21-23	Vac 1	25	28	30 semanas
4	380	semanal	NO	-----	Vac 2	27	30 (vacuna en el hato)	28 semanas

3.5 Muestreo

Se realizó un calendario para la toma de muestras en las diferentes granjas, teniendo tiempo entre cada uno de los muestreos con el fin de crear un tiempo de “cuarentena” con el fin de cuidar la bioseguridad y evitar la entrada y/o salida de agentes entre las granjas de estudio.

3.6 Metodología de muestreo

Se realizaron dos muestreos, con el primer muestreo, se buscó determinar la prevalencia de anticuerpos contra PPV en las granjas evaluadas y en el segundo muestreo que se realizó fue para darle seguimiento a un grupo de cerdas de reemplazo hasta su primer parto, con el fin valorar la efectividad de la aclimatación con el análisis de los parámetros al parto.

3.6.1 Primer muestreo

Se realizó un muestreo sanguíneo a cerdas de diferentes edades en las 4 granjas evaluadas. Se tomaron 5 muestras por grupos de edad, tomando desde la primera semana de edad, hasta la semana 30, las muestras se tomaron con intervalos de 3 semanas de edad (1,3,6,9,12,15,18,21,24,27,30), cubriendo las diferentes áreas productivas (maternidad, destete y cuarentena). Además, se tomaron 5 muestras por cada parto desde el primer parto hasta seis o más partos. Asimismo, se tomaron muestras de los sementales de las granjas evaluadas (Tabla 4).

3.6.2 Muestreo Longitudinal

De cada granja evaluada se realizaron 7 muestreos de seguimiento a un grupo de cerdas de reemplazo siendo 8 de la granja 1, 5 de la granja 2, 10 de la granja 3 y 24 (14 lechonas y 10 cerdas de reemplazo) de la granja 4. El primer muestreo se realizó a un grupo de cerdas de 24 semanas de edad (seleccionadas y muestreadas durante el primer muestreo), posteriormente se realizó un muestreo con intervalos de 3 semanas hasta las 30 semanas de edad (tercer muestreo / entrada al hato reproductor), posteriormente se modificó el intervalo de muestreo a 4 semanas (34,38,42,46 semanas de edad), en este intervalo de muestreo las cerdas fueron inseminadas a la semana 30+/- 1 semana de edad, y fueron valoradas hasta concluir el parto. En la granja 4 se realizó una variación en el muestreo longitudinal, ya que, se monitorearon dos grupos de cerdas de reemplazo, el primero, igual al de granjas 1-3 y en el segundo se seleccionó un grupo de cerdas(lechonas) desde la primera semana de edad hasta la semana 18 de edad en intervalos de 3 semanas (1,3,6,9,12,15,18) (Tabla 4).

3.6.3 Muestreo de lechones al parto

Se tomaron 5 muestras por camada de las cerdas a las que se les dio seguimiento. Asimismo, se tomaron los parámetros de las cerdas al parto (pLNT, pLNV, %LNM, %LNMo, así como el porcentaje de fertilidad al parto).

Tabla 4. Metodología de muestreo

	Edad (Semanas)															pie de cría								
	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	34	38	42	46	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	Verraco	
Granja	MAT	DEST	ACL						EPC	Gx			PT											
1	Primer muestreo															Lch	Primer muestreo							
											Muestras de seguimiento													
2	Primer muestreo															Lch	Primer muestreo							
											Muestras de seguimiento													
3	Primer muestreo															Lch	Primer muestreo							
											Muestras de seguimiento													
4	Primer muestreo															Lch	Primer muestreo							
	Muestras de seguimiento 1										Muestras de seguimiento 2													

MAT: Maternidad, **DEST:** Destete, **ACL:** Cuarentena, **EPC:** Entrada pie de cría, **Gx:** Gestación, **PT:** Parto, **Lch:** Lechones, 1p:7p (cerdas de diferentes partos), Verraco: Sementales.

Se realizó una búsqueda de información sobre la prevalencia de PPV en granjas, los datos fueron recolectados de trabajos en congresos, tesis y pruebas de laboratorio (Cano, 2018; AMVEC, 2019), dando un promedio de 76.42% de frecuencia de positividad. Se utilizó la ecuación para la estimación de tamaño mínimo de muestra (TMM) para prevalencias grandes.

La ecuación utilizada fue:
$$n = \frac{p}{1-p} d$$

Donde:

n= Tamaño mínimo de muestra

p= Probabilidad de que el evento ocurra.

d= error estimado

(Jaramillo and Martínez, 2010)

Por lo que se calculó el TMM con esta proporción, tomando una precisión mínima de 1% y máxima de 5% a un intervalo de confianza del 95%.

n=0.7642/ (0.2358) (0.05) = 64.81 ~65 muestras por granja evaluada.

3.7 Manejo y toma de muestras sanguíneas

Para la toma de muestra se inmovilizó a las cerdas con ayuda de un “laza trompa”, el cual se introduce en el hocico de la cerda y sujetándola del maxilar superior, tomando la muestra sanguínea por punción de la vena cava craneal (Masvidal *et al.*, 2008).

3.8 Número de muestras recolectadas

En la visita a granja se realizó el muestreo de las cerdas de diferentes edades, con el fin de tener una imagen del estatus inmunitario contra parvovirus porcino en todas las granjas de estudio. El número de las muestras recolectadas en el primer muestreo se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Total, de muestras recolectadas

Granja	Fecha del muestreo	Número de muestras
1	23 de marzo de 2019	97
2	26 de marzo de 2019	99
3	26 de marzo de 2019	90
6	11 de abril de 2019	83

Durante el primer muestreo se seleccionaron grupos de cerdas para su seguimiento en los muestreos posteriores, en la tabla 6 se muestra el número de cerdas al que se le dio seguimiento. Las cerdas fueron seleccionadas por conveniencia, siendo un criterio de selección la edad (24 semanas), tomando el grupo de reemplazo más próximo al manejo contra PPV.

Tabla 6. Número de cerdas seleccionadas para seguimiento longitudinal

Granja	Número de cerdas para seguimiento
1	8
2	5
3	10
4	24 (10 lechonas/ 14 cerdas de reemplazo)

3.9 Recolección de muestras sanguíneas

Las muestras se recolectaron utilizando tubos Vacutainer de tapón rojo (BD Vacutainer ® SST™) y se centrifugaron a 1000 Unidades gravitacionales (xG) durante 10 minutos. Posteriormente, el suero se transfirió a viales de 1.5 ml (microtubos Axygen ® MCT-150-C) y estos fueron almacenados a una temperatura de -menos 20 grados centígrados hasta su uso.

3.10 Pruebas de laboratorio

El procesamiento de las muestras y la realización de las pruebas de laboratorio fueron realizadas en el Instituto Tecnológico de Sonora, en el Laboratorio de Diagnósticos integrales en patología animal.

3.11 Prueba de Inhibición de la Hemoaglutinación

La prueba de inhibición de la hemoaglutinación se realizó por el método β eta, utilizando microplacas de 96 pozos con fondo en V. Las muestras fueron adsorbidas con caolín. El antígeno utilizado fue una vacuna comercial estandarizada a 8 unidades hemoaglutinantes. Se emplearon eritrocitos de cobayo a una concentración de 0.75%. La metodología que se realizó fue descrita por Cobos y Valdéz (2015) (Cobos and Valdéz, 2015) (Anexos 7.1).

3.12 Lectura de la prueba

El resultado final fue expresado en unidades inhibidoras de la hemoaglutinación (UIHA). Las diluciones inician con un título 1:60. Se consideró como positivo aquella muestra que presente el último botón a partir de una dilución de 1:480 (Cobos and Valdéz, 2015; Galvan *et al.*, 2019).

3.13 Análisis de los resultados

Los resultados se registraron en una base de datos en el programa Microsoft Excel 2016, posteriormente fueron analizados por medio del paquete estadístico R en su versión 3.6 y corroborados por un segundo Software SPSS 24.

Se empleó estadística descriptiva para el análisis de los parámetros reproductivos para su representación se realizaron gráficas y tablas (sección de anexos, ilustraciones 17-20).

Se empleó la prueba de Análisis de varianza (ANDEVA) multifactorial para la evaluación de los parámetros por granja y por año para el tipo de cerdas (cerdas primerizas y múltiparas), para los resultados que presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Se utilizó como prueba post-hoc la prueba HSD (prueba de significancia honesta) por el método de Tukey con un intervalo de confianza del 95%.

Los resultados de las pruebas serológicas se registraron en una base de datos, donde los títulos de anticuerpos fueron transformados a logaritmo base 10 (Log10). Se realizó una agrupación por área y por granja, donde se obtuvieron medidas de tendencia central y de dispersión para analizar los datos, tales como media (mean), varianza (variance), desviación estándar (SD), títulos máximo y mínimo en Log10 (MAX-MIN), así como el error estándar (Std.error) obteniendo el intervalo de confianza (IC) al 95% para el error estándar y desviación estándar. Para su representación se realizaron gráficos y tablas.

Para el análisis de los resultados correspondientes al muestreo longitudinal se realizó la prueba ANDEVA de un factor por bloques para cada uno de los muestreos realizados, para los bloques o muestreos que presentaron diferencias estadísticamente significativas se empleó la prueba de HSD por el método de Tukey.

3.14 Variables

Las variables a considerar fueron las siguientes:

- Exposición previa a Diarrea epidémica porcina.
- Exposición controlada “Feedback”.
- Calendario de vacunación contra PPV.
- Títulos de anticuerpos contra PPV pre-vacunación.
- Títulos de anticuerpos contra PPV post-vacunación.

Parámetros productivos

- Promedio de lechones nacidos totales (pLNT).
- Promedio de lechones nacidos vivos (pLNV).
- Porcentaje de lechones nacidos muertos (%LNM).
- Porcentaje de lechones nacidos momificados (%LNMo).
- Porcentaje de mortalidad en lactancia (%mort Lac).
- Porcentaje de fertilidad al parto (% fert parto).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables reproductivas

De acuerdo con el análisis de ANDEVA multifactorial para la variable pLNT se identificaron diferencias entre año (F: 119.135, $P < 0.001$), cerda (F: 266.717 $P < 0.001$), granja (F: 39.107, $P < 0.001$), así como la interacción entre año * cerda, año * granja, cerda * granja y año * cerda * granja ($P < 0.05$).

Para la variable pLNV, se encontraron diferencias para año, cerda y granja con sus posibles combinaciones ($P < 0.05$).

En la tabla 7 se presentan los resultados de la prueba de HSD Tukey para pLNT y pLNV con un intervalo de confianza de 95%.

Tabla 7. Resultados HSD Tukey pLNT y pLNV

Variable dependiente		pLNT	Variable dependiente		pLNV
Año		p. value	Año		p. value
2013	2014	<0.05	2013	2014	<0.05
	2016			2016	
	2017			2017	
	2018			2018	
	2019			2019	
2014	2015	<0.05	2014	2016	<0.05
	2016			2017	
	2017			2018	
	2018			2019	
	2019				
2015	2016	<0.05	2015	2016	<0.05
	2017			2017	
	2018			2018	
	2019			2019	
2016	2018	<0.05	2016	2018	<0.05
	2019			2019	
2017	2018	<0.05	2017	2018	<0.05
	2019			2019	
2018	2019	<0.05			

De acuerdo con la prueba de Tukey para las variables pLNT y pLNV se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la mayoría de los años evaluados, sin relación causal evidente.

Para las variables cerda y granja en la prueba de ANDEVA multifactorial se detectaron diferencias significativas, pero no por el método de Tukey. Debido a que, al compararse por este segundo método entre las granjas muestreadas, los parámetros de pLNT y pLNV no presentaron diferencias.

De acuerdo con el análisis de ANDEVA multifactorial para la variable dependiente %LNM (porcentaje de lechones nacidos muertos), se pueden identificar diferencias entre año (F: 2.825, P< 0.01), cerda (F: 20.209, P: <0.01), granja (F: 87.595, P< 0.01), así como la interacción entre año * granja (F: 4.504, P<0.01) y cerda * granja (F: 5.315, P: <0.01). En la tabla 8 se presentan los resultados post-hoc de la prueba de HSD Tukey para %LNM con un intervalo de confianza de 95%.

Tabla 8. Resultados HSD Tukey %LNM

Año		p. value	Granja		p. value
2014	2018	<0.05	Granja1	Granja2	<0.05
2018	2015	<0.05		Granja3	
2016	2017	<0.05		Granja4	
	2018		Granja2	<0.05	
	2019		Granja3	ranja4	<0.05

De acuerdo con la prueba de Tukey para la variable %LNM se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los años 2014, 2016 y 2018. No encontrándose relación causal evidente. Para la variable granja se encontraron diferencias entre las granjas 1 y 4. Principalmente, esta última asociándose a un brote de parvovirus porcino por el incremento de lechones nacidos muertos.

De acuerdo con el análisis de ANDEVA multifactorial para la variable dependiente %LNMo (porcentaje de lechones nacidos momificados), se pudieron identificar diferencias entre año (F: 16.119, P< 0.001), granja (F: 24.476, P< 0.001), así como la interacción entre año * cerda (F: 9.644, P<0.001). En la tabla 9 se presentan los resultados post-hoc de la prueba de HSD Tukey para %LNMo con un intervalo de confianza de 95%.

Tabla 9. Resultados HSD Tukey %LNMo

Año		p. value	Granja		p. value
2019	2013	<0.05	Granja4	Granja1	<0.05
	2014			Granja2	
	2015			Granja3	
	2016		Granja3	Granja2	<0.05
	2017			Granja1	
	2018				
2014	2015	<0.05			

De acuerdo con la prueba de Tukey para la variable %LNMo se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el año 2014 contra el 2015 y para el 2019 contra todos los años evaluados. Asociando el primero con el brote de PED ocurrido en 2014; en el año 2019 una de las granjas presentó un brote de PPV (granja 4), la cual difiere de todas las demás.

Los resultados anteriores nos muestran que los parámetros productivos son independientes de cada granja por lo que los manejos sanitarios como programas de vacunación y métodos dependen de cada granja por separado y no de manera general. La granja 4 en su método de manejo contra PPV no utiliza “feedback” por lo que demostró diferencia contra las otras granjas, sin embargo, la granja 3 también documentó diferencia entre las granjas 1 y 2, en donde si se utiliza este método.

La mayoría de los autores consultados mencionan que los métodos de aclimatación para la prevención de parvovirus porcino en granjas es el uso de “feedback”, este método se ha utilizado como una norma para la prevención de PPV, los resultados encontrados muestran que en las granjas que se utiliza el inóculo también pueden presentar infección por PPV y por otros agentes, por lo que su uso debe ser evaluado (Pinilla *et al.*, 2007; Schwartz *et al.*, 2013; Truyen and Streck, 2019).

Los parámetros productivos para las diferentes granjas evaluadas varían entre cada una de ellas; los evaluados en el presente estudio se muestran en la tabla 10, de donde se tomaron los valores máximos y mínimos para cada una de las granjas de acuerdo al tipo de cerda (primeriza, múltipara).

Tabla 10. Parámetros productivos por tipo de cerda

Granja	Cerde	pLNT		pLNV		%LNM		%LNMo	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	Primeriza	11.62	13.51	10.65	12.43	2.99	5.43	3.06	5.86
	Múltipara	11.86	15.18	10.72	13.75	4.64	5.95	5.52	4.97
2	Primeriza	11.38	13.67	10.74	12.63	2.35	4.30	2.84	5.62
	Múltipara	12.55	14.80	11.49	13.56	3.75	4.81	3.25	4.62
3	Primeriza	11.58	13.35	10.85	12.38	3.16	4.00	2.81	4.52
	Múltipara	12.18	14.58	11.31	13.12	3.23	4.38	2.81	5.89
4	Primeriza	11.47	13.85	10.78	12.03	1.25	2.39	4.74	10.73
	Múltipara	12.82	13.87	11.76	12.15	1.54	2.31	3.65	12.91

Como se observa en la tabla 10, los promedios de pLNT para primerizas de todas las granjas evaluadas se encuentran entre 11.32 a 13.85 LNT, en cambio para las cerdas múltiparas los rangos promedios van desde 11.86 a 15.18 LNT, para el variable de pLNV de 10.65 a 12.63 LNV para las cerdas primerizas, mientras que para las cerdas múltiparas los valores se encontraron entre 10.72 y 13.75 LNV. El porcentaje de lechones nacidos muertos (%LNM) va desde 1.25 % hasta 5.43% para las cerdas primerizas y desde 3.23% hasta 5.95% para las cerdas múltiparas. Del mismo modo, para el porcentaje de lechones nacidos momificados (%LNMo) se reportó un porcentaje de 2.81% a 10.73% para cerdas primerizas y de 2.81% a 12.91% para las cerdas múltiparas (ilustraciones 6-9).

Los parámetros productivos descritos en la literatura consultada, muestran valores similares para pLNT, pLNV, incluso el %LNM se encuentra dentro del rango promedio tanto en cerdas primerizas como múltiparas (Trujillo, Martínez and Herradora, 2002; Kyriazakis and Whittemore, 2006; Nava and Amador, 2015).

En cuanto a los parámetros de %LNMo, el promedio que se obtuvo de este análisis, se encuentra por encima de los valores de referencia que presentan la mayoría de los autores, ya que los valores de referencia de acuerdo con la literatura citada, no debe ser mayor al 1.00% (PIC, 2011), en cambio en los resultados obtenidos para el presente estudio, el porcentaje de todas las granjas analizadas fue de hasta 12.91%. En 2018, en un trabajo realizado por Cano, donde se evaluó la asociación entre el Virus de PED y la parvovirus porcina, (Cano, 2018), se encontró incremento en el porcentaje de LNMo, durante y posterior al brote de Diarrea epidémica, con diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre cerdas primerizas y múltiparas, estos hallazgos concuerdan con los resultados del presente

trabajo, ya que en el año donde se presentaron los brotes de PED en las granjas analizadas, se demostró incremento del %LNMo para cerdas primerizas, siendo mayor en estas que en cerdas multíparas.

Estos resultados, concuerdan por lo reportado por Olanratmanee E, *et al.* 2010, en un estudio retrospectivo, en el cual evaluaron los parámetros productivos de granjas que presentaron una infección por PED, encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre algunas variables como, porcentaje de fertilidad, %LNM y %LNMo, donde reportan disminución de la fertilidad al parto de hasta 3.8% e incremento en el % de LNM y % de LNMo mayores a 1.8 y 1.1% respectivamente entre los periodos antes y después de la infección por PED (Olanratmanee, Kunavongkrit and Tummaruk, 2010). Hallazgos similares a los resultados del presente trabajo, ya que, en los periodos analizados (años evaluados, antes y después) del brote de diarrea epidémica porcina se observó que en las diferentes granjas analizadas hubo incremento del %LNM y %LNMo durante y después de la infección por PED.

En un estudio presentado por Bower en 2001, se analizaron los parámetros productivos en diferentes periodos, presentando valores para %LNMo totales desde 17.1%- 38.5% provocados por un brote de parvovirus porcino (Bower, 2001), en el presente trabajo, los parámetros obtenidos se ubican desde 4.00-38.2% en porcentajes totales; por lo tanto, los resultados concuerdan con la investigación realizada por Bower en 2001. Sin embargo, este autor no hace una diferenciación entre los porcentajes de LNMo y el número de parto de las cerdas, considerando que PPV afecta principalmente a cerdas jóvenes, aunque se han reportado problemas reproductivos en cerdas de tres o más partos, con resultados positivos para infecciones por este agente.

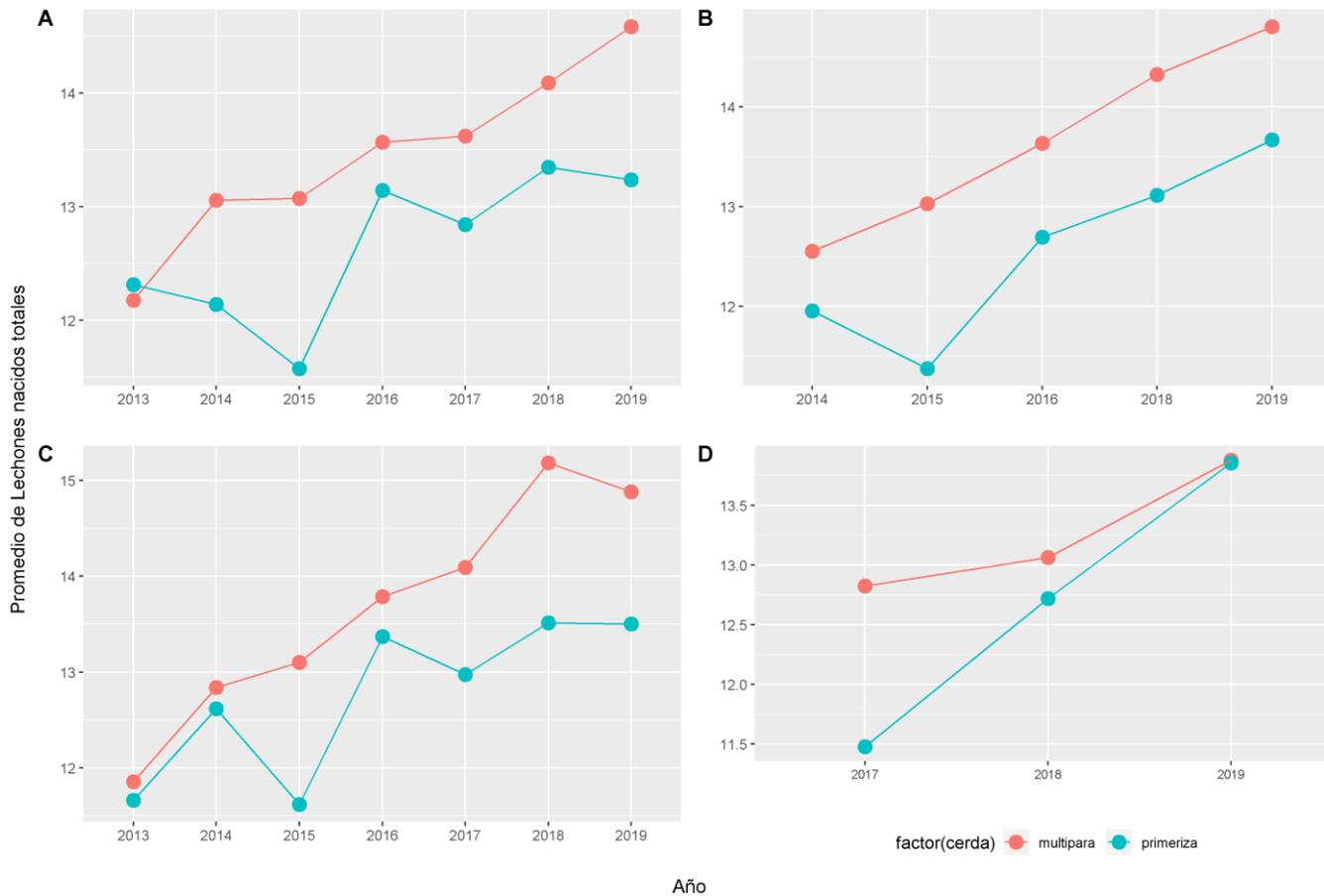


Ilustración 6. Promedio de lechones nacidos totales por granja

A: Granja 1, B: Granja 2, C: Granja 3, D: Granja 4. Número promedio de lechones nacidos totales por granja y por tipo de cerda, datos capturados a partir de programas de gestión de las granjas evaluadas, obsérvese que las cerdas primerizas presentan menor desempeño productivo. Gráficos realizados con ggplot2.

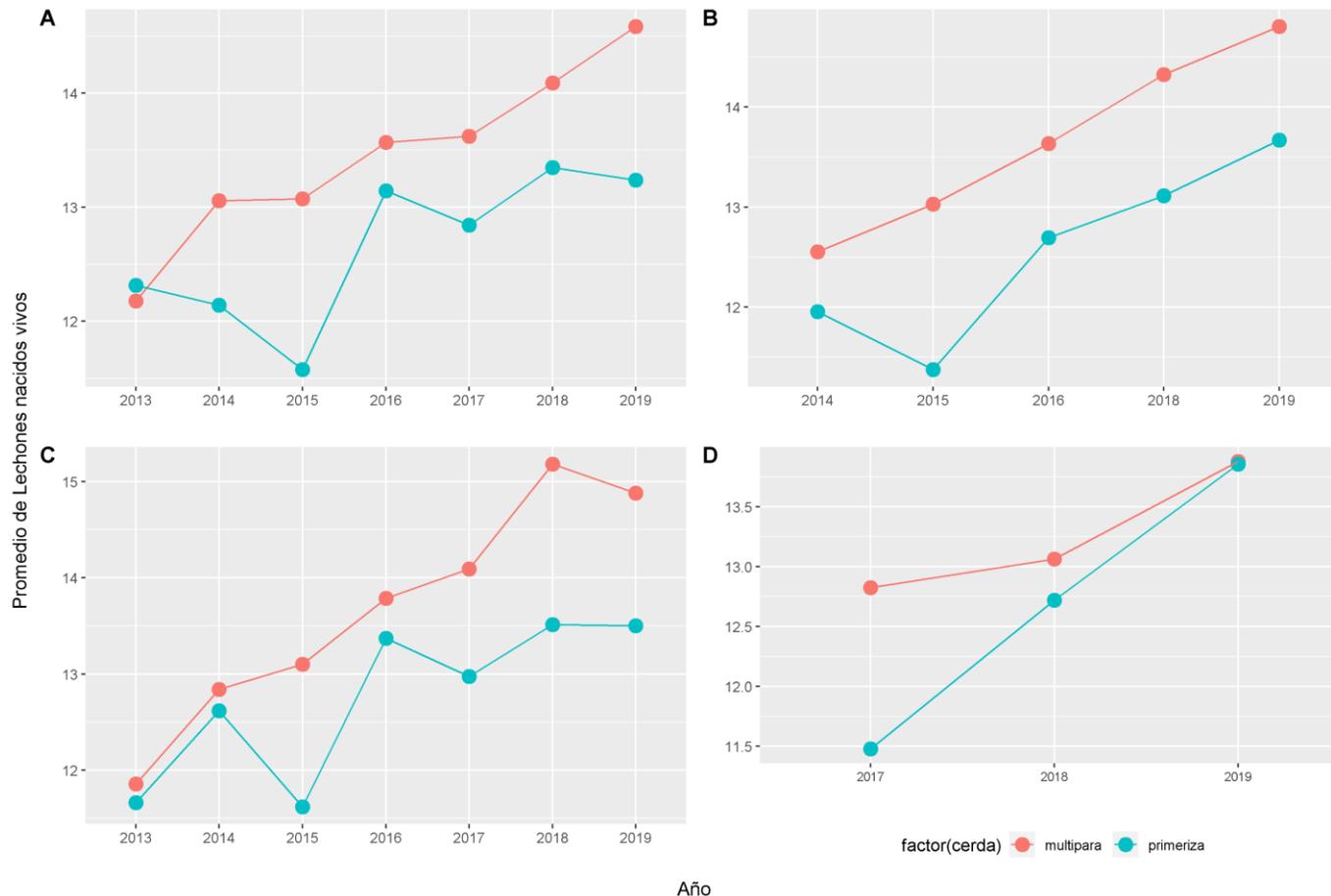


Ilustración 7. Promedio de lechones nacidos vivos por granja

A: Granja 1, B: Granja 2, C: Granja 3, D: Granja 4. Número promedio de lechones nacidos vivos por granja y por tipo de cerda, datos capturados a partir de programas de gestión de las granjas evaluadas, obsérvese que las cerdas primerizas presentaron una disminución de LNV en el año 2015 (después del brote de diarrea epidémica porcina). Estos resultados fueron similares en granjas (1-3). Gráficos realizados con ggplot2.

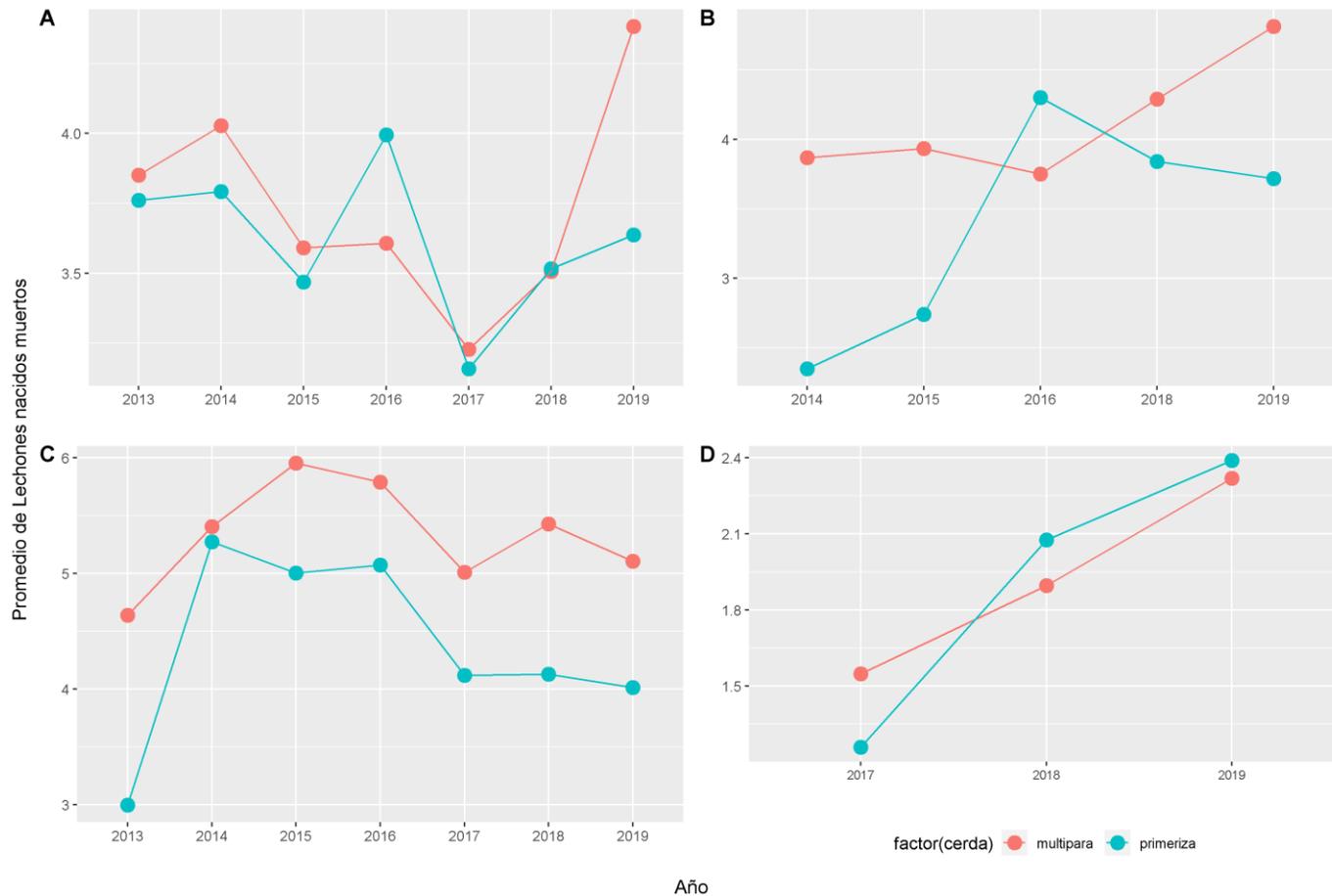


Ilustración 8. Promedio de Lechones nacidos muertos por granja

A: Granja 1, B: Granja 2, C: Granja 3, D: Granja 4. Número promedio de lechones nacidos muertos por granja y por tipo de cerda, datos capturados a partir de programas de gestión de las granjas evaluadas, obsérvese que las cerdas primerizas presentaron un incremento de LNM en el año 2014 (después del brote de diarrea epidémica porcina) para la granja 3 y en el 2016 para la granja 1 y granja 2 y en 2018 para la granja 4. Gráficos realizados con ggplot2.

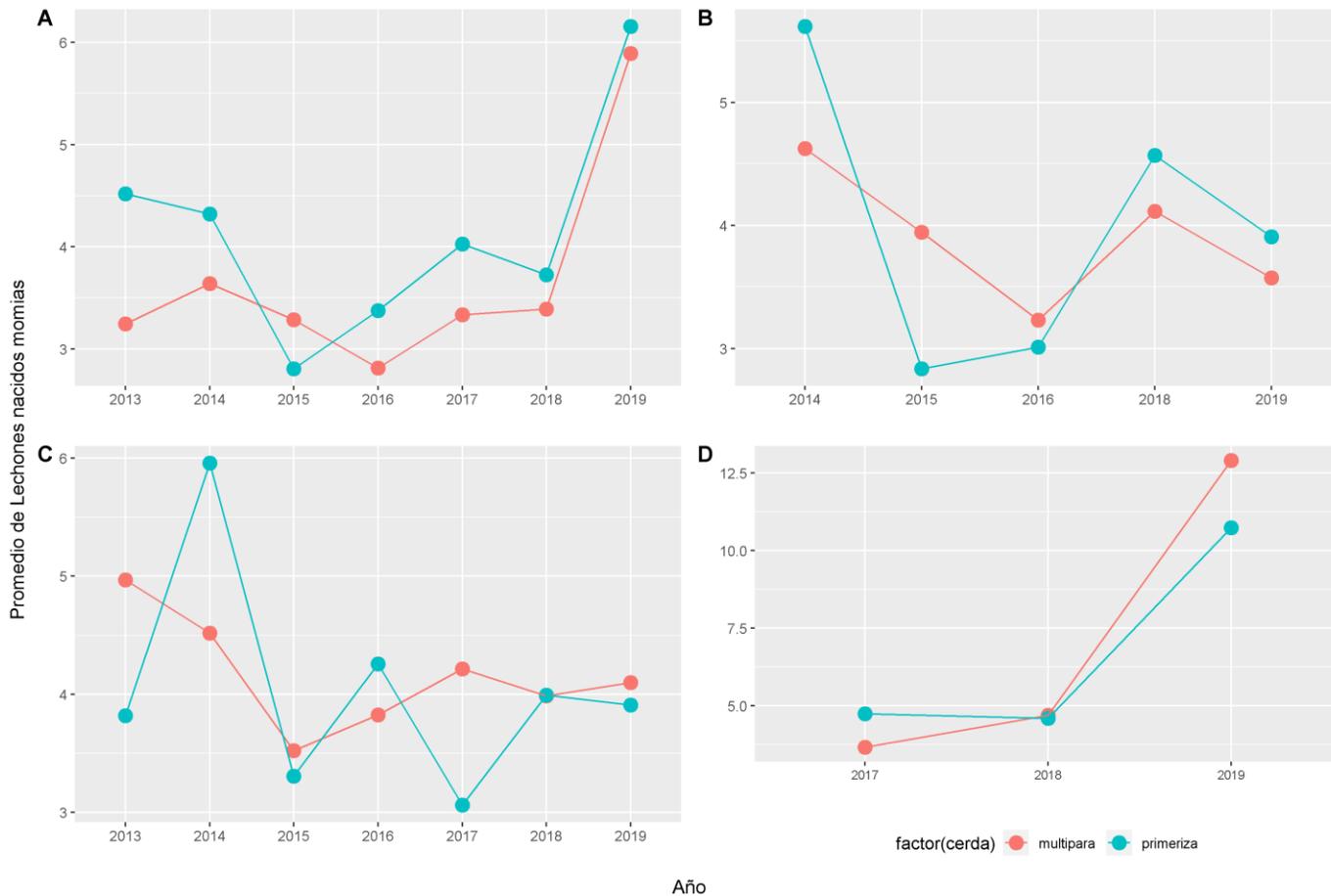


Ilustración 9. Promedio de lechones nacidos momias por granja

A: Granja 1, B: Granja 2, C: Granja 3, D: Granja 4. Número promedio de lechones nacidos momias por granja y por tipo de cerda, datos capturados a partir de programas de gestión de las granjas evaluadas, obsérvese que las cerdas primerizas presentaron un incremento de LNM en el año 2013 y 2014 (después del brote de diarrea epidémica porcina) para las granjas 1-3 y en el 2017 y 2019 para la granja para la granja 4. Gráficos realizados con ggplot2.

4.2 Resultados del primer muestreo

Para su representación gráfica los datos fueron transformados a Logaritmo en base 10 se realizaron gráficos tipo boxplot donde se presentan los resultados por área y por granja. El punto de corte se representa con una **línea punteada roja** la cual se presenta en 2.68 (log10 de 480), (punto de corte establecido por el laboratorio) (Galván *et al.*, 2019). Las gráficas fueron realizadas con el Software para análisis estadísticos R bajo la interfaz de Rstudio, por medio de la librería ggplot2, las cuales se presentan en las ilustraciones 10-12 y las tablas con todos los datos en la sección de anexos (Tablas 16-19).

Los resultados de la prueba de IHA para parvovirus porcino procedentes de las diferentes granjas evaluadas fueron los siguientes: de 97 muestras procedentes de la granja 1 el 100% resultaron positivas; de 99 muestras recolectadas de la granja 2, 80 muestras que equivalen al 80.81% dieron positivas; de 90 muestras pertenecientes a la granja 3, el 80% (72 muestras) dieron positivas a la prueba. De 135 muestras recolectadas de la granja 5, el 90.37% (122 muestras) fueron positivas a la prueba; de 83 muestras recolectadas de la granja 6, el 56.63% (47 muestras) dieron positivas a la prueba. En todas las granjas los resultados positivos presentaron títulos con valores desde 1:480 hasta 1:7680.

Diversos trabajos publicados, principalmente en foros de investigación, a través de diferentes años, donde se han realizado trabajos referentes a la prevalencia o la frecuencia de positividad contra parvovirus porcino, en distintas áreas productivas, donde se presentan frecuencias de positividad frente a parvovirus porcino desde 45.34-100% para cerdas adultas y verracos, mientras que para la línea productiva (maternidad, destete y engorda) presentaron una frecuencia de positividad de 11.76-87.5%, lo cual se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Análisis retrospectivo, Parvovirus porcino

Autor	Year	Country	Test	Animal	Productive area	Sample	Frequency reported%
Vannier <i>et al.</i>	1982	France	HAI	Sows	Reproductive	Serum	51.62
Thacker <i>et al.</i>	1982	USA	HAI	Sows	Reproductive	Serum	82.00
Thacker <i>et al.</i>	1982	USA	HAI	Boars	Reproductive	Serum	80.90
Thacker <i>et al.</i>	1982	USA	HAI	Sows	Reproductive	Ovaries	74.60
Gurria, F	1983	Mexico	HAI	Sows	Reproductive	Serum	88.70
Ramírez <i>et al.</i>	1986	Mexico	HAI	Sows	Reproductive	Serum	82.00
Rodríguez <i>et al.</i>	1986	Mexico	HAI	Sows	Reproductive	Serum	85.71
Contreras <i>et al.</i>	1988	Mexico	HAI	Gilts	Reproductive	Serum	80.00
Contreras <i>et al.</i>	1988	Mexico	HAI	Sows	Reproductive	Serum	96.50
Contreras <i>et al.</i>	1988	Mexico	HAI	Boars	Reproductive	Serum	100.00
Rodríguez <i>et al.</i>	1991	Mexico	HAI	Grow finish	Productive	Serum	61.00
Ramírez <i>et al.</i>	1993	Mexico	HAI	Fetuses	Gestation	Organs	30.50
Ramírez <i>et al.</i>	1997	Mexico	HAI	Suckling pigs	Productive	Serum	87.50
Ramírez <i>et al.</i>	1997	Mexico	HAI	Weaned	Productive	Serum	33.00
Ramírez <i>et al.</i>	1997	Mexico	HAI	Pre finish	Productive	Serum	11.76
Carrera <i>et al.</i>	2011	Mexico	HAI	Sows	Reproductive	Serum	45.34
Cano, R	2018	Mexico	HAI	Sows	Reproductive	Serum	76.27

HAI: Hemagglutination inhibition assay

Los resultados presentados por los autores a través de los años concuerdan con los encontrados en el presente trabajo, puesto que, de las granjas evaluadas se observó una frecuencia/prevalencia que va desde el 56.63-100%. Siendo un promedio de 81.56% de positividad.

La prevalencia más baja fue para la granja 4, sin embargo, esta granja tiene menor cantidad de muestras dado que cuando se realizó el muestreo transversal no había cerdos en maternidad y en engorda de las edades que se muestrearon, debido a que existía un porcentaje elevado de momias, donde el inventario de cerdos en la línea era muy bajo, por lo que podría explicarse la menor cantidad de positividad. Sin embargo, para el pie de cría (cerdas y verracos) la prevalencia fue del 100%.

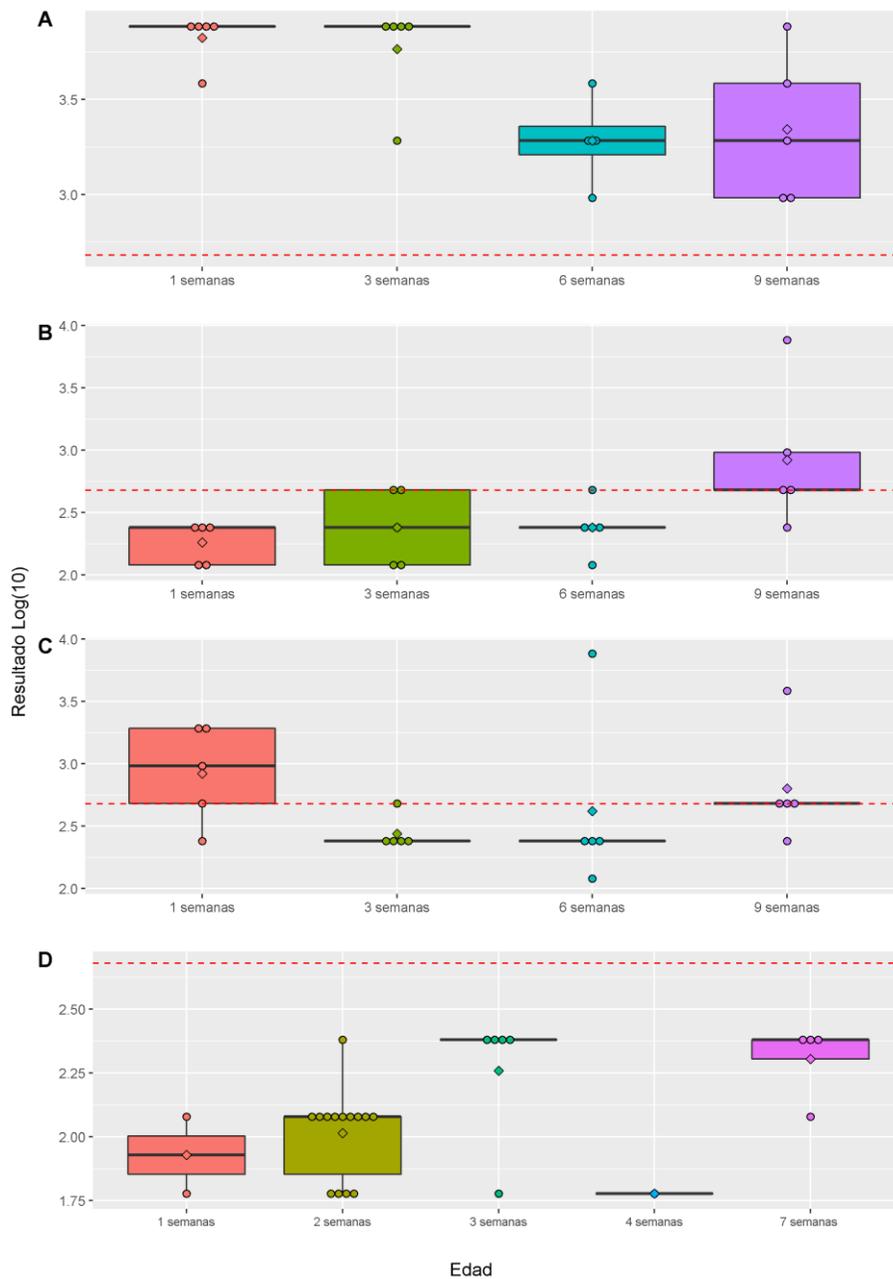


Ilustración 10. Resultados de la prueba de IHA en el área de maternidad y destete

A: Granja 1, B: Granja 2, C: Granja 3, D: Granja 4. El punto de corte se encuentra ejemplificado por una línea punteada. Maternidad (1-3 semanas), Destete (4-9 semanas), datos capturados a partir de programas de gestión de las granjas evaluadas. Gráficos realizados con ggplot2.

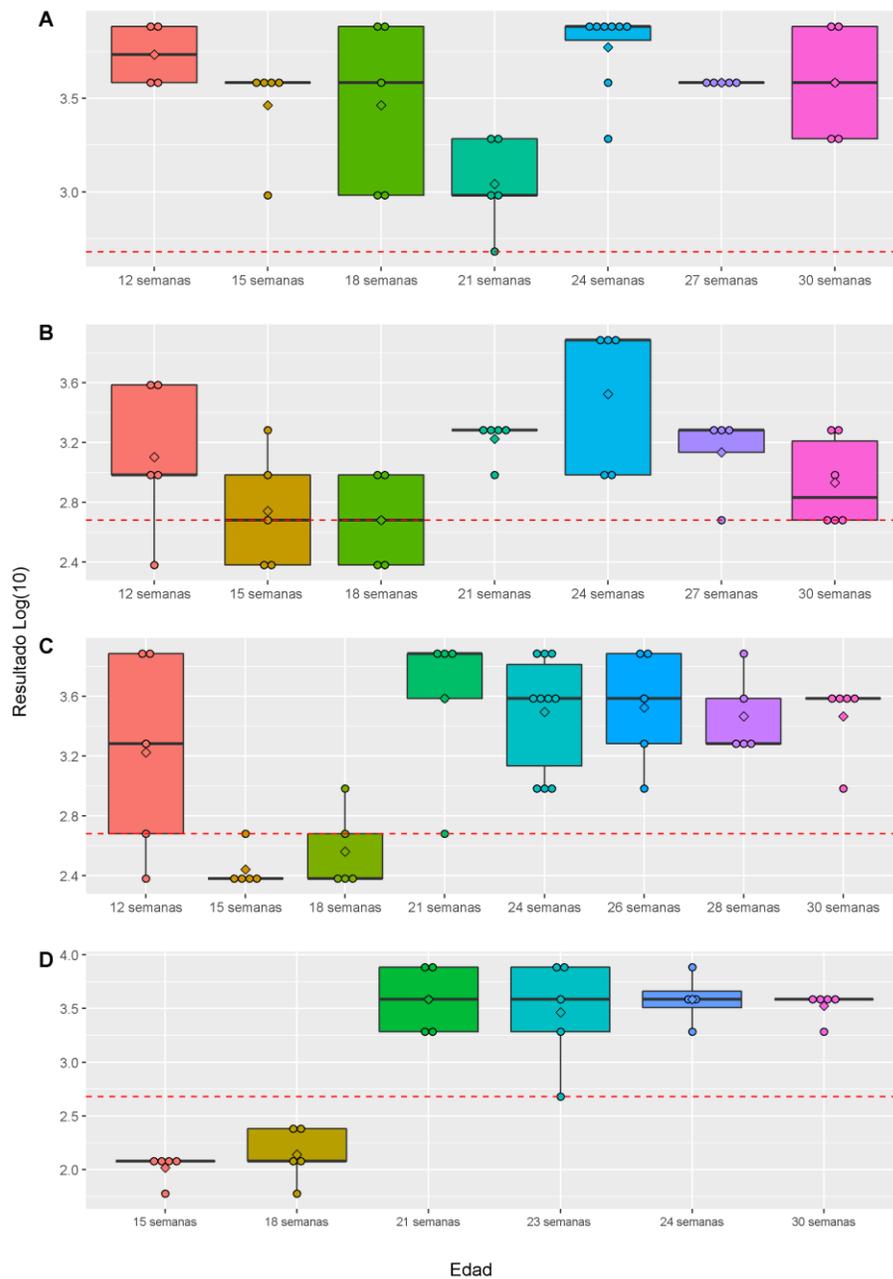


Ilustración 11. Resultados de la prueba de IHA en el área de cuarentena

A: Granja 1, B: Granja 2, C: Granja 3, D: Granja 4. El punto de corte se encuentra ejemplificado por una línea punteada, datos capturados a partir de programas de gestión de granjas evaluadas. Gráficos realizados con ggplot2.

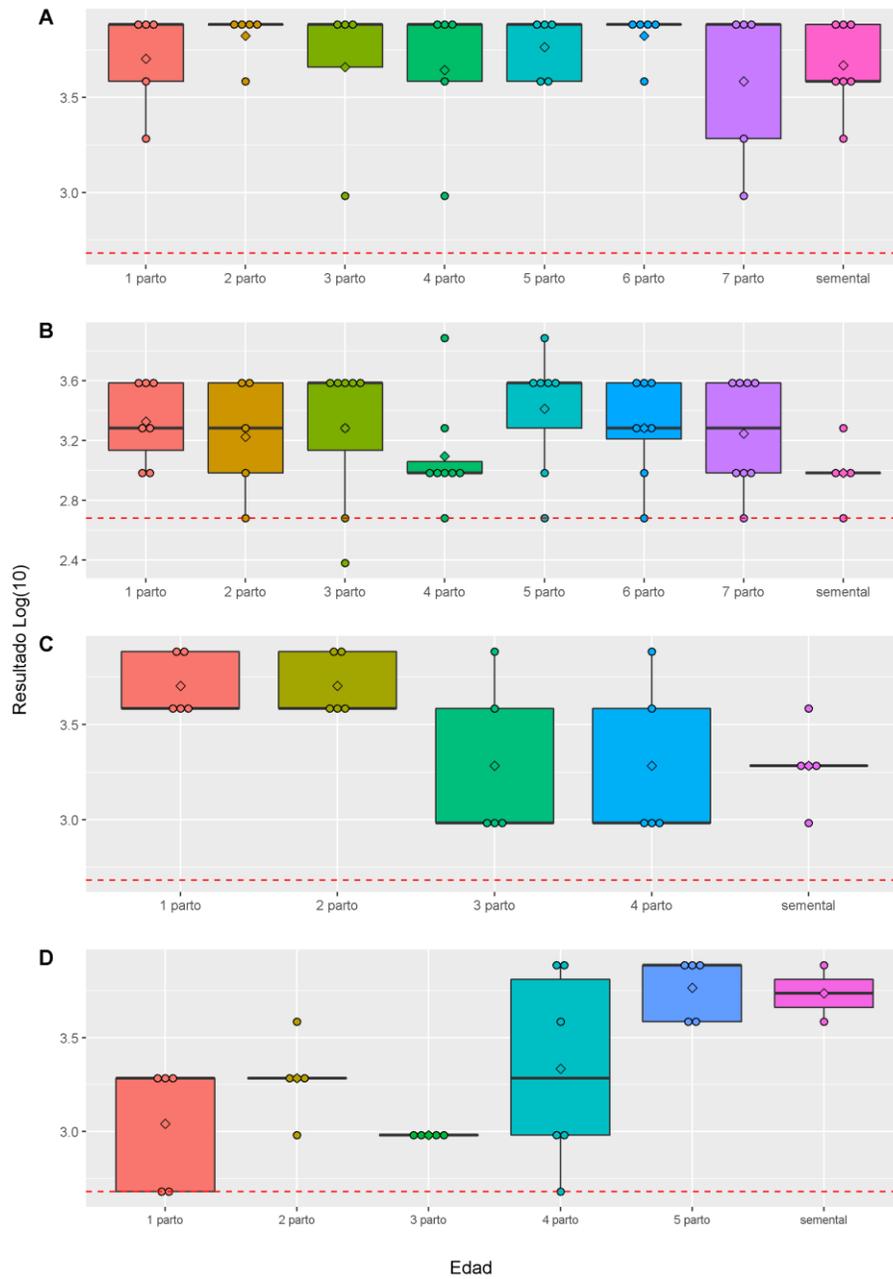


Ilustración 12. Resultados de la prueba de IHA en el área de pie de cría

A: Granja 1, B: Granja 2, C: Granja 3, D: Granja 4. El punto de corte se encuentra ejemplificado por una línea punteada, datos capturados a partir de programas de gestión de granjas evaluadas. Gráficos realizados con ggplot2.

En la tabla 12 se presentan los resultados de la prueba de IHA contra parvovirus porcino a través de la media \pm error estándar (anexos tabla 20, información completa). Los promedios para las áreas de cuarentena y pie de cría fueron muy similares para todas las granjas, mientras que para el área de maternidad y destete se presentó una mayor dispersión de los resultados entre granjas, indicando una mayor diversidad en los títulos de la prueba para estas últimas, mientras que para las áreas de cuarentena y pie de cría los resultados se presentaron más homogéneos, siendo una respuesta favorable o un indicador deseado en los lotes de cerdas, ya que es indicativo de una inmunidad de hato estable. Sin embargo, los valores promedio expresados en Log10, los cuales se presentan en la tabla 11, son equivalentes a títulos de anticuerpos provocados por una respuesta al virus de campo, ya que como lo menciona Leengoed en 1983 (Leengoed *et al.*, 1983), quien realizó un estudio de seguimiento a cerdas con falla reproductiva, donde se muestrearon cerdas en diferentes momentos y vieron seroconversión de las cerdas en diversas etapas. Esto se asoció a la respuesta inmunológica provocada por la infección por parvovirus porcino, donde los títulos de anticuerpos post infección son similares a los que se encontraron en el muestreo transversal de este estudio.

Del mismo modo, Morrilla en 2005 (Morrilla, 2005) menciona que cuando una seroprevalencia dentro de las granjas es mayor o igual al 80% de positividad en el hato, este no debe vacunarse, puesto que el efecto de la vacunación no se observaría considerando que las vacunas no generan una respuesta mayor a 1:240 de títulos de anticuerpos .

Además, en sus investigaciones menciona que, los mayores o iguales a 1:5120, lo que es igual de 3.19 -370 en Log10 son indicativos de un brote por parvovirus porcino. Los títulos de anticuerpos contra PPV en las granjas evaluadas presentaron títulos similares a los reportados por Morrilla, por lo que se confirma que las granjas presentaron falla reproductiva, asociada a PPV y Truyen y Streck concuerdan con lo reportado por Morrilla (Truyen and Streck, 2019).

Tabla 12. Media y error estándar de los resultados de la prueba de IHA por granja

Área	Granja	Mean±Std.error
Cuarentena	Granja 1	3.517± 0.072
Cuarentena	Granja 2	3.042 ±0.073
Cuarentena	Granja 3	3.25 ±0.082
Cuarentena	Granja 4	3.034 ± 0.138
Destete	Granja 1	3.317± 0.106
Destete	Granja 2	2.651± 0.158
Destete	Granja 3	2.711± 0.182
Destete	Granja 4	2.2 ±0.12
Maternidad	Granja 1	3.795± 0.064
Maternidad	Granja 2	2.32 ±0.075
Maternidad	Granja 3	2.681± 0.119
Maternidad	Granja 4	3.374± 0.168
Pie de cría	Granja 1	3.709± 0.043
Pie de cría	Granja 2	3.24 ±0.048
Pie de cría	Granja 3	3.452± 0.07
Pie de cría	Granja 4	3.316 ±0.076

4.3 Resultados del muestreo longitudinal

Para los resultados del muestreo longitudinal, se tomaron los resultados de las pruebas de IHA de las cerdas que monitorearon desde las 24 semanas de edad hasta las 46 semanas de edad (parto) (7 muestreos).

Para la representación gráfica se realizaron graficas con líneas y puntos, agrupándose por número de muestreo y por granja; además, se añadió una barra de error, representando el título menor en la prueba y el título mayor. Los datos se representan en Log10 para una mejor apreciación gráfica (Ilustración 13).

Posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de un solo factor para los muestreos de las cerdas, en este análisis no se tomaron en cuenta la edad de las cerdas, solo los resultados por muestreo (Tabla 13). La hipótesis propuesta para el análisis de varianza es la siguiente:

$H_0 = \mu_1 \leq \mu_2$ (La respuesta inmunológica provocada por los diferentes manejos de las granjas son iguales).

$H_a = \mu_1 > \mu_2$ (La respuesta inmunológica provocada por los diferentes manejos de las granjas son diferentes).

Tabla 13. Análisis de varianza de primer muestreo longitudinal

Muestreo / Edad	Variable	G.L	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F. value	P. Valué
1 (24 semanas)	Granja	3	0.42	0.1401	1.023	0.398
2 (27 semanas)	Granja	3	1.081	0.3602	3.779	0.0173*
3(30 semanas)	Granja	3	2.406	0.8022	18.7	7.4e-08 ***
4 (34 semanas)	Granja	3	1.665	0.5548	15.84	1.13e-06 ***
5 (38 semanas)	Granja	3	0.7157	0.23855	5.916	0.00323 **
6 (42 semanas)	Granja	3	0.1869	0.06229	1.797	0.171
7 (46 semanas)	Granja	3	0.2713	0.09044	1.986	0.137

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1"

De acuerdo con los análisis de varianza para cada uno de los muestreos, se obtuvieron diferencias significativas menores a $P < 0.05$ para los muestreos 2, 3, 4 y 5. Por lo tanto, se rechaza la $H_0 = \mu_1 \leq \mu_2$ a favor de la hipótesis alterna debido a que se encontró una diferencia estadísticamente significativa de que la respuesta inmunológica generada por los diferentes manejos y/o condiciones de la granja son diferentes. Por lo tanto, se realizó la prueba HSD por el método de Tukey donde se hizo una comparación entre las granjas para saber en cuál de ellas es la que tuvo diferencias (Tabla 14).

Tabla 14. Comparación múltiple por el método de Tukey

	Manejo/granja	Diferencia	Min	Max	P. Valué
Segundo muestreo	Granja4-Granja3	0.37040	0.05756	0.68324	0.01464
Tercer muestreo	Granja4-Granja1	0.34357	0.11618	0.57095	0.00122
	Granja4-Granja2	0.47903	0.20568	0.75238	0.00017
	Granja4-Granja3	0.50913	0.29930	0.71897	0.00000
Cuarto muestreo	Granja4-Granja1	0.34482	0.09474	0.59489	0.00373
	Granja4-Granja2	0.46523	0.19086	0.73959	0.00032
	Granja4-Granja3	0.42760	0.21920	0.63599	0.00002
Quinto muestreo	Granja4-Granja3	0.35892	0.11138	0.60646	0.00262

Los resultados muestran que existen diferencias entre la granja 4 y todas las demás, no mostrando diferencias entre granjas 1, 2 y 3 pero sí la número 4 frente a todas, por lo que el manejo que se realiza en esta granja puede influir en el comportamiento inmunológico y este a su vez en la productividad de la granja.

En la literatura consultada no se encuentra un protocolo definitivo para la aclimatación de cerdas reproductoras, por lo que hay una gran variedad de manejos sanitarios para la adaptación de las cerdas que son empleadas en las granjas porcinas, sin embargo, la mayoría de la información concuerda con que en el manejo para la aclimatación contra PPV debe emplearse el uso de feedback, no obstante, mencionan que este no debe administrarse antes de las 20-22 semanas de edad en las cerdas, también se menciona que el uso que recomiendan algunas empresas de genética es de 3 veces por semana y debe ser administrado durante 3 semanas (Pinilla *et al.*, 2007; PIC, 2015).

Dentro de las granjas evaluadas, el manejo de las granjas 1, 2 y 3 utilizan “feedback” por tres semanas, desde las 21 a las 23 semanas de edad de las cerdas. Sin embargo, la edad recomendada para su administración en cerdas debe ser mayor, siendo las 24 semanas la edad recomendada para la exposición contra PPV por medio de feedback. Mientras que la granja 4 no emplea el inóculo para la aclimatación de las cerdas.

En el muestreo longitudinal de lechonas de granja 4 (ilustración 14) se muestra que las lechonas evaluadas estuvieron en contacto con el virus de campo en maternidad (muestreo 1). En muestreos subsecuentes presentaron títulos de anticuerpos por encima del punto de corte “línea punteada roja” y estos títulos permanecen hasta el muestreo 7 (18 semanas de edad), donde comienzan a descender. Cabe recalcar, que a las cerdas en este momento no se les realizó ningún manejo contra PPV.

Algunos autores como Truyen y Streck, (Truyen and Streck, 2019) mencionan que la infección por PPV puede detectarse por medio de la prueba de IHA desde la primera semana post infección y los títulos de anticuerpos por infección tienen una marcada diferencia entre la respuesta inducida por vacunas inactivadas, siendo menores a 1:500 mientras que la respuesta inducida por infección es superior a 1:2000. Además, estos autores describen que estos títulos pueden durar hasta 4 meses post infección. Por lo que estos resultados concuerdan con los encontrados en el presente estudio, ya que las lechonas se monitorearon por 18 semanas (4.5 meses), presentando una ligera caída de títulos de anticuerpos hasta el muestreo 7.

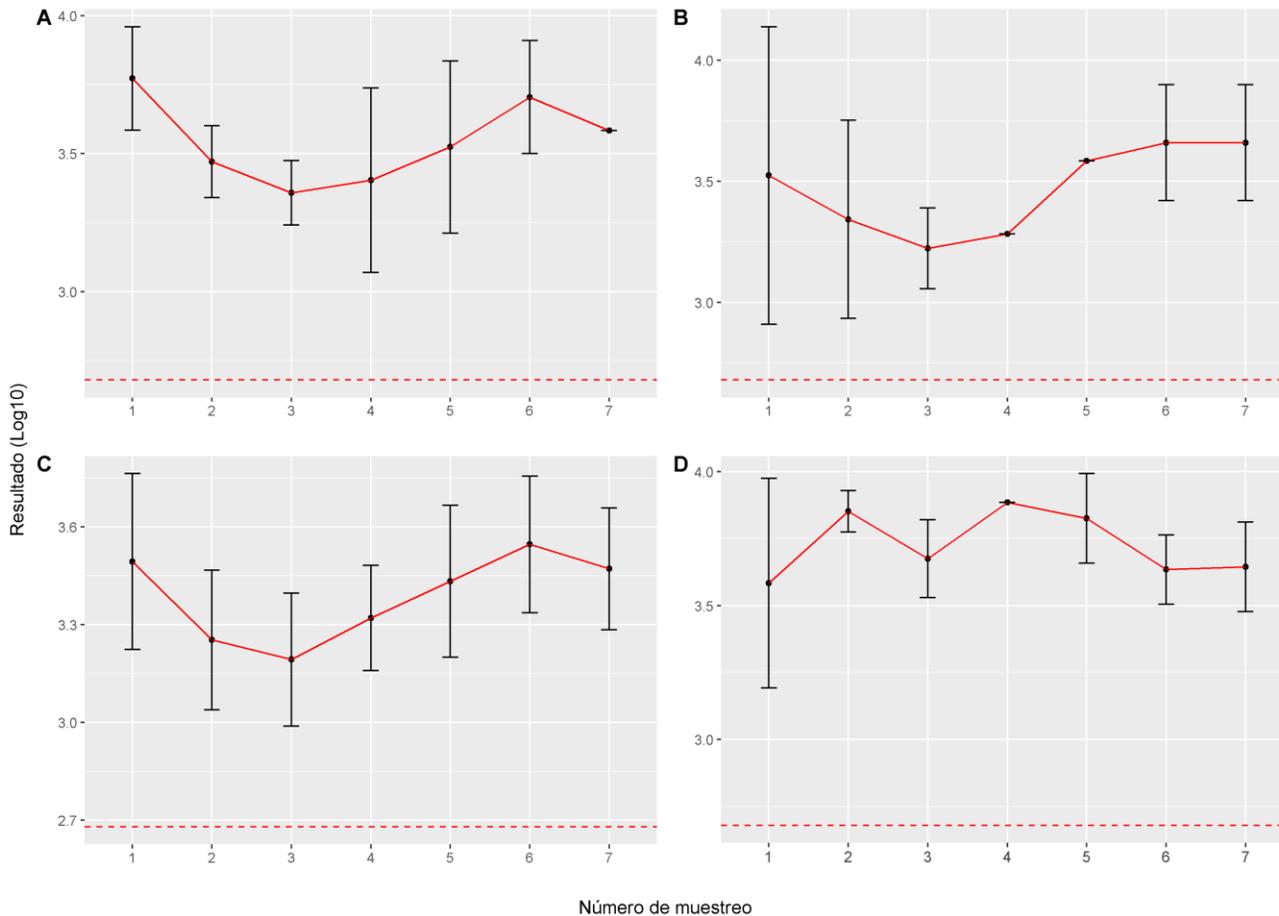


Ilustración 13. Resultados de muestreos longitudinales por granja

A: Granja 1, B: Granja 2, C: Granja 3, D: Granja 4. Resultados del monitoreo longitudinal de cerdas de reemplazo, desde las 24 semanas de edad (muestreo 1), hasta las 46 semanas de edad (muestreo 7). El punto de corte se encuentra ejemplificado por una línea punteada, granja 1-3 presentaron resultados similares en cuanto al seguimiento. Gráficos realizados con ggplot2.

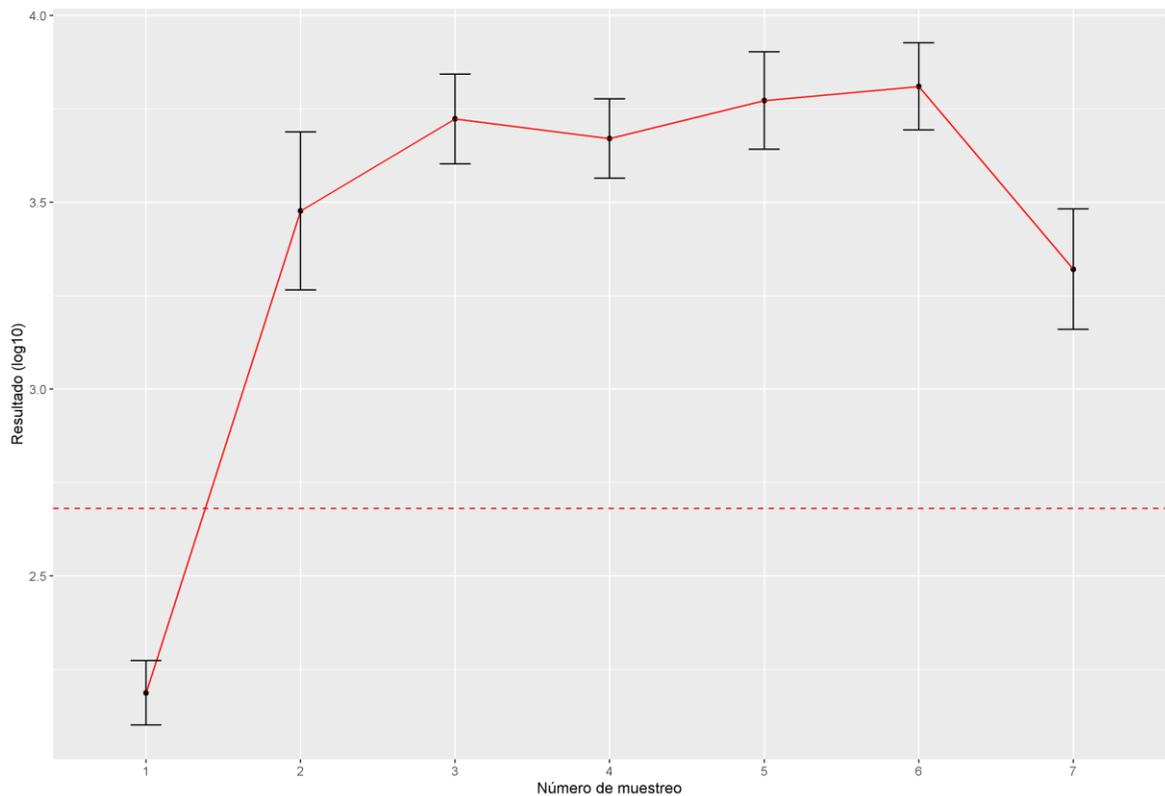


Ilustración 14. Perfil serológico a lechonas granja 4

Resultados del monitoreo longitudinal de lechonas desde la primera semana de edad (muestreo 1), hasta las 18 semanas de edad (muestreo 7). El punto de corte se encuentra ejemplificado por una línea punteada, obsérvese la seroconversión contra PPV que permanece desde las 3 semanas (muestreo 2) y hasta las 18 semanas comienza a descender (muestreo 7). Gráficos realizados con ggplot2.

4.4 Resultados serologías de lechones al parto

Se realizó un muestreo a los lechones de las cerdas que se monitorearon, el muestreo se hizo antes de que los lechones fueran calostrados. En ilustración 15 se muestran los resultados de la prueba de IHA.

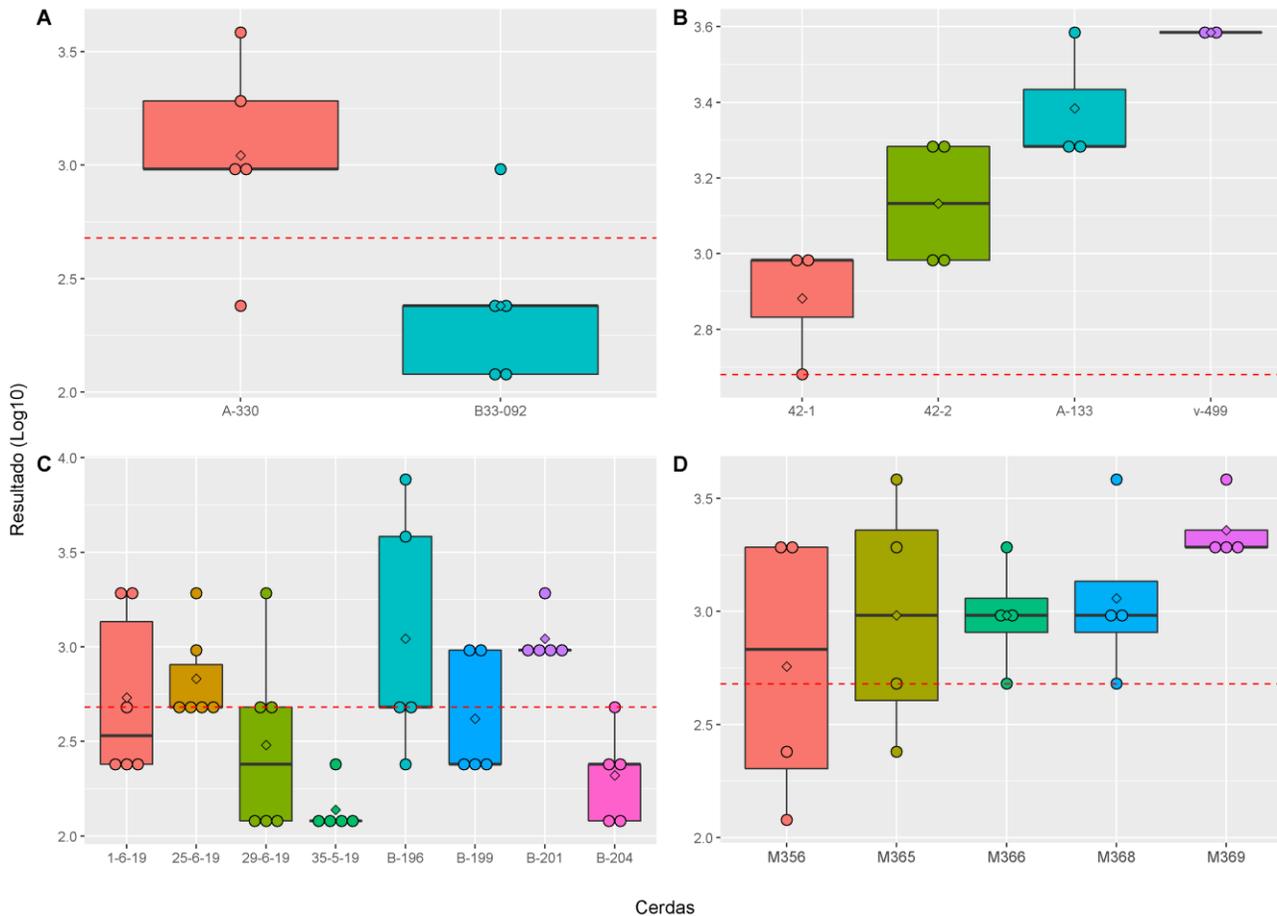


Ilustración 15. Resultados de la prueba IHA de lechones al parto por granja

A: Granja 1, B: Granja 2, C: Granja 3, D: Granja 4. Resultados de la prueba de IHA de camadas de las cerdas de las diferentes granjas. El punto de corte se encuentra ejemplificado por una línea punteada, obsérvese la dispersión de los títulos por camada. Los lechones con títulos mayores a 2.68 al nacimiento estuvieron en contacto con el virus de PPV durante la gestación. Gráficos realizados con ggplot2.

De acuerdo con la ilustración 14, se encontraron títulos de anticuerpos contra PPV para todas las granjas evaluadas. El gráfico muestra la dispersión de los resultados, debido a que las camadas presentaron diferentes títulos de anticuerpos. El punto de corte de la prueba se encuentra representado por una **línea punteada roja**.

De la misma manera, Morrilla en 2005, presenta que la presencia de títulos de anticuerpos contra PPV en lechones neonatos corresponde con la exposición de la madre durante la gestación; además, menciona que no todos los lechones pueden presentar títulos de anticuerpos. Sin embargo, se recomienda analizar a la par los parámetros productivos en las cerdas para confirmar la infección por PPV.

4.5 Parámetros productivos al parto

Los parámetros productivos de las granjas evaluadas (Tabla 15) presentaron un porcentaje de fertilidad mínimo de 50%, en la granja 6 y máximo de 80% de fertilidad al parto en las granjas 2 y 3, siendo estas las que presentaron menor porcentaje de LNMo, por otro lado, las granjas 1 y 6 tuvieron 3.79 y 2.70% respectivamente, del mismo modo estas dos presentaron el menor porcentaje de fertilidad al parto.

Tabla 15. Parámetros productivos al parto

Granja	%Fertilidad	pLNT	pLNV	%LNM	%LNMo
Granja 1	62.50	15.8	15.2	0	3.79
Granja 2	80.00	12.75	10	12.5	1.56
Granja 3	80.00	13.5	13.25	0	1.85
Granja 4	50.00	14.8	14.4	1.35	2.70

Herradora en 2012, (Herradora, 2012) menciona que, para el diagnóstico de problemas en granjas es importante el seguimiento de los parámetros productivos, principalmente del porcentaje de fertilidad en las cerdas, el cual es un excelente indicador de bienestar en la granja, por lo tanto, es necesario el monitoreo a través del tiempo para establecer cuándo ocurre un problema infeccioso, no obstante, este parámetro da información sobre un problema que pasó hace tiempo. Debido a esto, es recomendable no utilizarlo por sí solo.

5. RESUMEN DE RESULTADOS

En el presente trabajo, se muestra que las granjas, posterior al brote de diarrea epidémica porcina, presentaron los parámetros productivos alterados, principalmente en hembras primerizas, por lo que, es un indicativo de que las intervenciones para la exposición a los agentes de campo pueden provocar problemas dentro de las granjas de cerdos.

Por medio de la prueba de IHA se encontró la presencia de anticuerpos contra PPV de hasta 1:7680 títulos, lo cual se asocia a una infección de campo. Demostrando que PPV es ubicuo de las granjas porcinas dado que se mantienen las condiciones para el agente, por lo que permite la preservación de PPV dentro de las granjas.

Las granjas porcinas evaluadas mostraron una prevalencia de hasta el 100% mostrando que la infección dentro de las granjas se presenta, y puede provocar problemas productivos y reproductivos si no se establece un monitoreo contra PPV. Dado que usualmente suele asociarse a otros agentes virales y no al presentado en este estudio.

Del mismo modo, se encontraron diferencias entre los métodos de aclimatación contra PPV, mostrando que las cerdas entran en contacto con el virus en el hato reproductor, además de que las intervenciones contra PPV pueden no hacerse de la manera correcta, por lo que, es de suma importancia para los productores el establecer un monitoreo contra los agentes de importancia productiva, siendo PPV un candidato obligatorio para su monitoreo, ya que, usualmente no se le da importancia clínica.

El efecto productivo y reproductivo que provoca PPV es muy importante, como lo muestran los resultados del presente trabajo, las cerdas de reemplazo presentaron porcentajes de fertilidad desde el 50-80 % al parto, esto puede ocasionar pérdidas económicas significativas, ya que la cerda primeriza es la más importante dentro del hato reproductor y dependiendo de su desempeño productivo en el primer parto será su conformación productiva a lo largo de su vida.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran evidencia de que los métodos de aclimatación como el uso de vacunas o el uso de feedback como manejo preventivo contra parvovirus porcino no se realizan de la manera adecuada, por lo que las cerdas de reemplazo entran en contacto con el virus dentro del hato reproductor, presentándose la infección en estas y provocando problemas reproductivos.

Los datos analizados demuestran que posterior al brote de diarrea epidémica porcina las cerdas de reemplazo presentaron problemas reproductivos asociados a parvovirus porcino, por lo que, los métodos de control de la enfermedad pueden provocar que se presenten problemas infecciosos tras administrar el “feedback”.

A causa de los brotes de diarrea epidémica porcina y a la exposición controlada “feedback” las granjas presentan recirculación viral de parvovirus porcino.

7. ANEXOS

7.1 Protocolo de la prueba de Inhibición de la Hemoaglutinación

7.1.1 Tratamiento de las muestras de suero

Con el propósito de eliminar proteínas inespecíficas inhibidoras de la hemoaglutinación, las muestras de suero deben ser previamente identificadas y se debe realizar un proceso de adsorción con caolín en microtubos Axygen ® MCT-150-C de 1.5ml estériles, las cantidades a depositar en cada tubo son las siguientes: 50 µL de suero, 50 µL de caolín y 50 µL de eritrocitos de cobayo al 5%.

- Quedando el suero en una dilución de 1:3. Las muestras se dejarán en refrigeración a 4 °C para ser trabajadas 24 horas después.
- Posterior a las 24 horas, los sueros serán centrifugados a 1500 RPM por 10 minutos para la realización de la prueba de IH con los sobrenadantes del tratamiento (Cobos and Valdéz, 2015).

7.2 Lavado y preparación de eritrocitos de cobayo al 0.75%

Para lavar los eritrocitos se agregará solución amortiguadora de fosfato (PBS, por sus siglas en inglés) y serán centrifugados a 3000 RPM por 10 minutos. El sobrenadante será desechado y se repetirá este paso en tres ocasiones.

Posteriormente, los eritrocitos se prepararán a una concentración del 0.75%, para ello se elaborará una regla de tres. Una vez terminado, los eritrocitos serán utilizados para las pruebas de hemoaglutinación (Cobos and Valdéz, 2015).

7.3 Estandarización del antígeno a 8 Unidades Hemoaglutinantes (UHA)

- Se colocará 25 µL de PBS en cada uno de los pozos.
- En la primera línea se colocará por duplicado en forma vertical diluciones 225 µL del antígeno (Sobrenadante de la vacuna), obteniendo 12 diluciones, desde 1:2 hasta 1:4096.
- Pipetear 5-7 veces en la primera fila y transferir a la siguiente línea, repetirlo hasta el último pozo y posteriormente eliminar el restante.

- Adicionar 25 μ L de eritrocitos en cada uno de los pozos.
- Colocar 1 a 2 líneas que contengan PBS y eritrocitos (control de eritrocitos).
- Dejar incubar por 15-20 minutos.
- Hacer la lectura, la cual empieza en 1:2 y termina en 1:4096 UHA.
(Cobos and Valdéz, 2015)

7.4 Realización de la prueba de Inhibición de la hemoaglutinación

- Para la realización de la prueba, se utilizarán microplacas en fondo "V" de 96 pozos.
- Colocar 190 μ L de PBS en la fila "A" y 25 μ L de la fila "B" a la "H".
- Colocar 10 μ L de suero problema (sobrenadante de la adsorción) a la línea "A".
- Pipetear de 5-7 veces y diluir 25 μ L de la columna "A" a la "B" y así sucesivamente hasta la hilera "H".
- Eliminar los 25 μ L sobrantes en la pipeta.
- Las diluciones empiezan desde 1:60 hasta 1:7680.
- Colocar los sueros control positivo y negativo.
- Agregar 25 μ L de antígeno con 8 UHA en cada pozo a partir de la línea "B" a la "H".
- Agregar una hilera para el control de antígeno.
- Dejar incubar por 30 minutos a temperatura ambiente.
- Posterior al tiempo de incubación, agregar 25 μ L de eritrocitos de cobayo al 0.75% en todos los posos.
- Agregar una hilera como control de eritrocitos.
- Incubar a temperatura ambiente por 15-30 minutos o hasta que el control de eritrocitos sedimente.

(Cobos and Valdéz, 2015)

Tabla 16. Resultados muestreo transversal granja 1

Área	Edad	Número de muestras	Positivos	Negativos	1:480	1:960	1:1920	1:3840	1:7680	Titulo Máximo	Titulo Mínimo
Maternidad	1-3 semanas	10	10	0	0	0	1	1	8	1:7680	1:1920
Destete	6-9 semanas	9	9	0	0	3	3	2	1	1:7680	1:960
Engorda	12-15-18 semanas	14	14	0	0	3	0	7	4	1:7680	1:960
Cuarentena	21-24-27-30 semanas	23	23	0	1	2	5	7	8	1:7680	1:480
Sementales	1 año >	7	7	0	0	0	1	3	3	1:7680	1:1920
Múltiparas	1 parto	5	5	0	0	0	1	1	3	1:7680	1:1920
Múltiparas	2 parto	5	5	0	0	0	0	1	4	1:7680	1:3840
Múltiparas	3 parto	4	4	0	0	1	0	0	3	1:7680	1:960
Múltiparas	4 parto	5	5	0	0	1	0	1	3	1:7680	1:960
Múltiparas	5 parto	5	5	0	0	0	0	2	3	1:7680	1:3840
Múltiparas	6 parto	5	5	0	0	0	0	1	4	1:7680	1:3840
Múltiparas	7 parto	5	5	0	0	1	1	0	3	1:7680	1:960
Total		97	97	0	1	11	12	26	47		
Porcentaje			100.00%	0.00%	1.03%	11.34%	12.37%	26.80%	48.45%		

Tabla 17. Resultados muestreo transversal granja 2

Área	Edad	Número de muestras	Positivos	Negativos	1:120	1:240	1:480	1:960	1:1920	1:3840	1:7680	Título Máximo	Título Mínimo
Maternidad	1-3 semanas	10	2	8	4	4	2	0	0	0	0	1:480	1:120
Destete	6-9 semanas	10	5	5	1	4	3	1	0	0	1	1:7680	1:120
Engorda	12-15-18 semanas	15	10	5	0	5	2	5	1	2	0	1:3840	1:240
Cuarentena	21-24-27-30 semanas	20	20	0	0	0	4	4	9	0	3	1:7680	1:480
Sementales	1 año >	5	5	0	0	0	1	3	1	0	0	1:1920	1:480
Múltiparas	1 parto	5	5	0	0	0	0	1	2	2	0	1:3840	1:960
Múltiparas	2 parto	5	5	0	0	0	1	1	1	2	0	1:3840	1:480
Múltiparas	3 parto	6	5	1	0	1	1	0	1	3	0	1:3840	1:240
Múltiparas	4 parto	6	6	0	0	0	1	3	1	0	1	1:7680	1:480
Múltiparas	5 parto	5	5	0	0	0	1	1	0	2	1	1:7680	1:480
Múltiparas	6 parto	6	6	0	0	0	1	1	2	2	0	1:3840	1:480
Múltiparas	7 parto	6	6	0	0	0	1	3	0	2	0	1:3840	1:480
Total		99	80	19	5	14	18	23	18	15	6		
Porcentaje			80.81%	19.19%	5%	14%	18.18%	23.23%	18.18%	15.15%	6.06%		

Tabla 18. Resultados muestreo transversal granja 3

Área	Edad	Número de muestras	Positivos	Negativos	1:120	1:240	1:480	1:960	1:1920	1:3840	1:7680	Título Máximo	Título Mínimo
Maternidad	1-3 semanas	10	5	5	0	5	2	1	2	0	0	1:1920	1:240
Destete	6-9 semanas	10	5	5	1	4	3	0	0	1	1	1:7680	1:120
Engorda	12-15-18 semanas	15	7	8	0	8	3	1	1	0	2	1:7680	1:240
Cuarentena	21-24-26-28-30 semanas	30	30	0	0	0	1	5	4	11	9	1:7680	1:480
Sementales	1 año >	5	5	0	0	0	0	1	3	1	0	1:3840	1:960
Múltiparas	1 parto	5	5	0	0	0	0	0	0	3	2	1:7680	1:3840
Múltiparas	2 parto	5	5	0	0	0	0	0	0	3	2	1:7680	1:3840
Múltiparas	3 parto	5	5	0	0	0	0	3	0	1	1	1:7680	1:960
Múltiparas	4 parto	5	5	0	0	0	0	3	0	1	1	1:7680	1:960
Total	Total	90	72	18	1	17	9	14	10	21	18		
Porcentaje	porcentaje		80.00%	20.00%	1%	19%	10.00%	15.56%	11.11%	23.33%	20.00%		

Tabla 19. Resultados muestreo transversal granja 4

Área	Edad	Número de muestras	Positivos	Negativos	1:60	1:120	1:240	1:480	1:960	1:1920	1:3840	1:7680	Título máximo	Título mínimo
Maternidad	1-3 semanas	21	0	21	6	10	5	0	0	0	0	0	1:240	1:60
Destete	4-7 semanas	5	0	5	1	1	3	0	0	0	0	0	1:240	1:60
Engorda	15-18 semanas	10	0	10	2	6	2	0	0	0	0	0	1:240	1:60
Cuarentena	21-23-24-30 semanas	19	19	0	0	0	0	1	0	5	8	5	1:7680	1:480
Sementales	1 año >	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1:7680	1:480
Múltiparas	1 parto	5	5	0	0	0	0	2	0	3	0	0	1:1920	1:480
Múltiparas	2 parto	5	5	0	0	0	0	0	1	3	1	0	1:3840	1:960
Múltiparas	3 parto	5	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1:960	1:960
Múltiparas	4 parto	6	6	0	0	0	0	1	2	0	1	2	1:7680	1:480
Múltiparas	5 parto	5	5	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1:7680	1:3840
Total		83	47	36	9	17	10	4	8	11	13	11		
Porcentaje			56.63%	43.37%	11%	20%	12%	4.82%	9.64%	13.25%	15.66%	13.25%		

Tabla 20. Estadísticos descriptivos muestreo transversal

Área	Granja	Mean	SD	lim. Inf	lim.sup	Variance	Max	Min	Std.error	lim. Inf	lim.sup
Cuarentena	Granja 1	3.517	0.376	2.780	4.254	0.142	3.885	2.681	0.072	3.376	3.658
Cuarentena	Granja 2	3.042	0.431	2.197	3.887	0.186	3.885	2.38	0.073	2.899	3.185
Cuarentena	Granja 3	3.25	0.553	2.166	4.334	0.306	3.885	2.38	0.082	3.089	3.411
Cuarentena	Granja 4	3.034	0.755	1.554	4.514	0.57	3.885	1.778	0.138	2.764	3.304
Destete	Granja 1	3.317	0.317	2.696	3.938	0.101	3.885	2.982	0.106	3.109	3.525
Destete	Granja 2	2.651	0.501	1.669	3.633	0.251	3.885	2.079	0.158	2.341	2.961
Destete	Granja 3	2.711	0.576	1.582	3.840	0.331	3.885	2.079	0.182	2.354	3.068
Destete	Granja 4	2.2	0.269	1.673	2.727	0.072	2.38	1.778	0.12	1.965	2.435
Maternidad	Granja 1	3.795	0.203	3.397	4.193	0.041	3.885	3.283	0.064	3.670	3.920
Maternidad	Granja 2	2.32	0.237	1.855	2.785	0.056	2.681	2.079	0.075	2.173	2.467
Maternidad	Granja 3	2.681	0.375	1.946	3.416	0.141	3.283	2.38	0.119	2.448	2.914
Maternidad	Granja 4	2.065	0.223	1.628	2.502	0.05	2.38	1.778	0.049	1.969	2.161
Pie de cría	Granja 1	3.709	0.277	3.166	4.252	0.077	3.885	2.982	0.043	3.625	3.793
Pie de cría	Granja 2	3.24	0.365	2.525	3.955	0.133	3.885	2.38	0.048	3.146	3.334
Pie de cría	Granja 3	3.452	0.348	2.770	4.134	0.121	3.885	2.982	0.07	3.315	3.589
Pie de cría	Granja 4	3.316	0.404	2.524	4.108	0.163	3.885	2.681	0.076	3.167	3.465

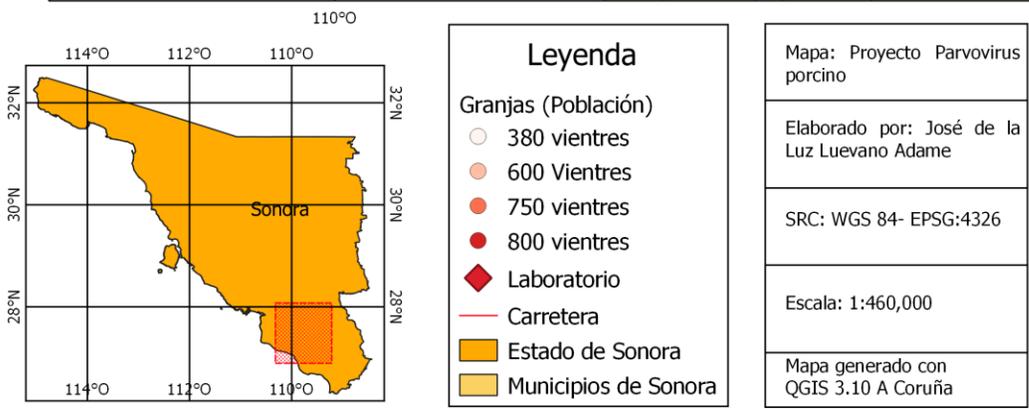
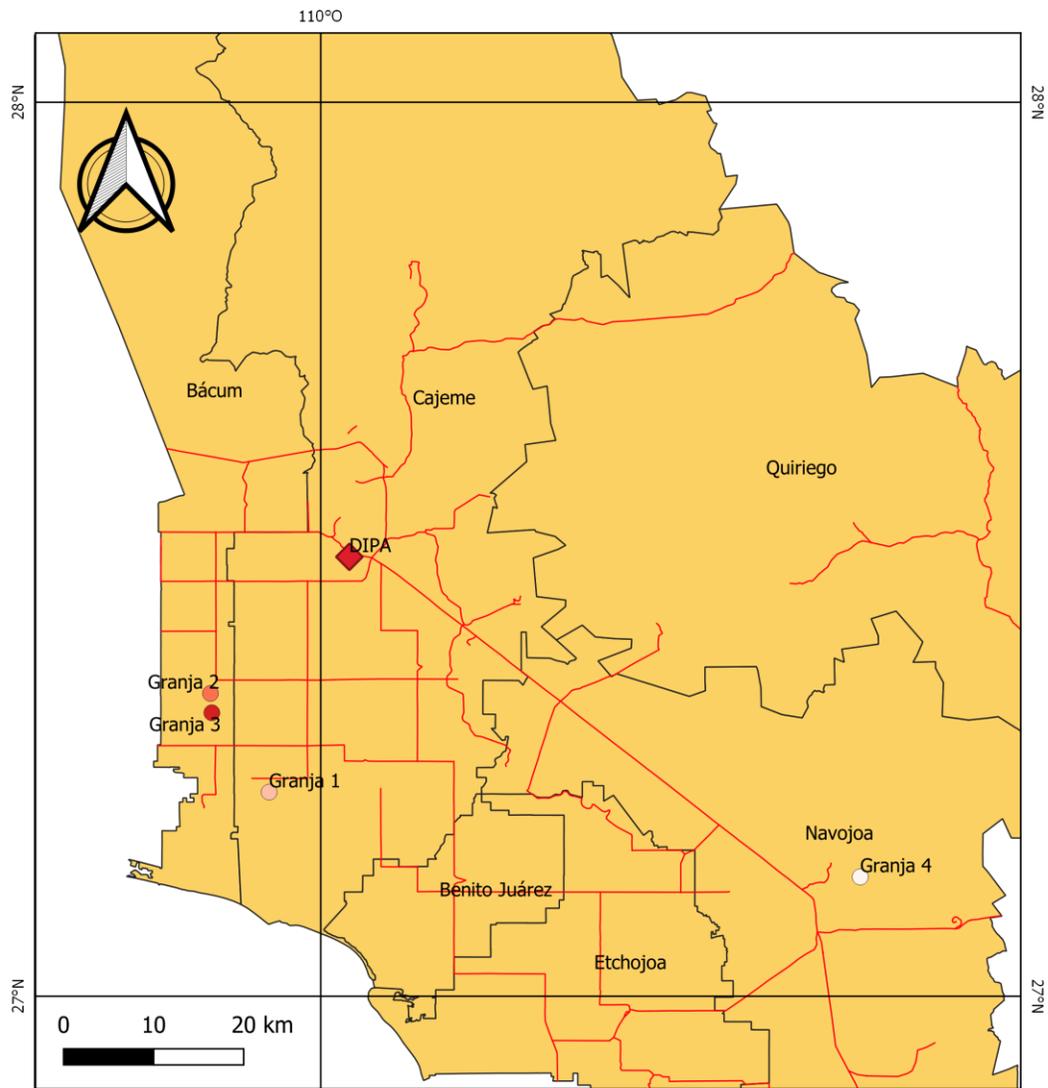


Ilustración 16. Mapa ubicación de las granjas

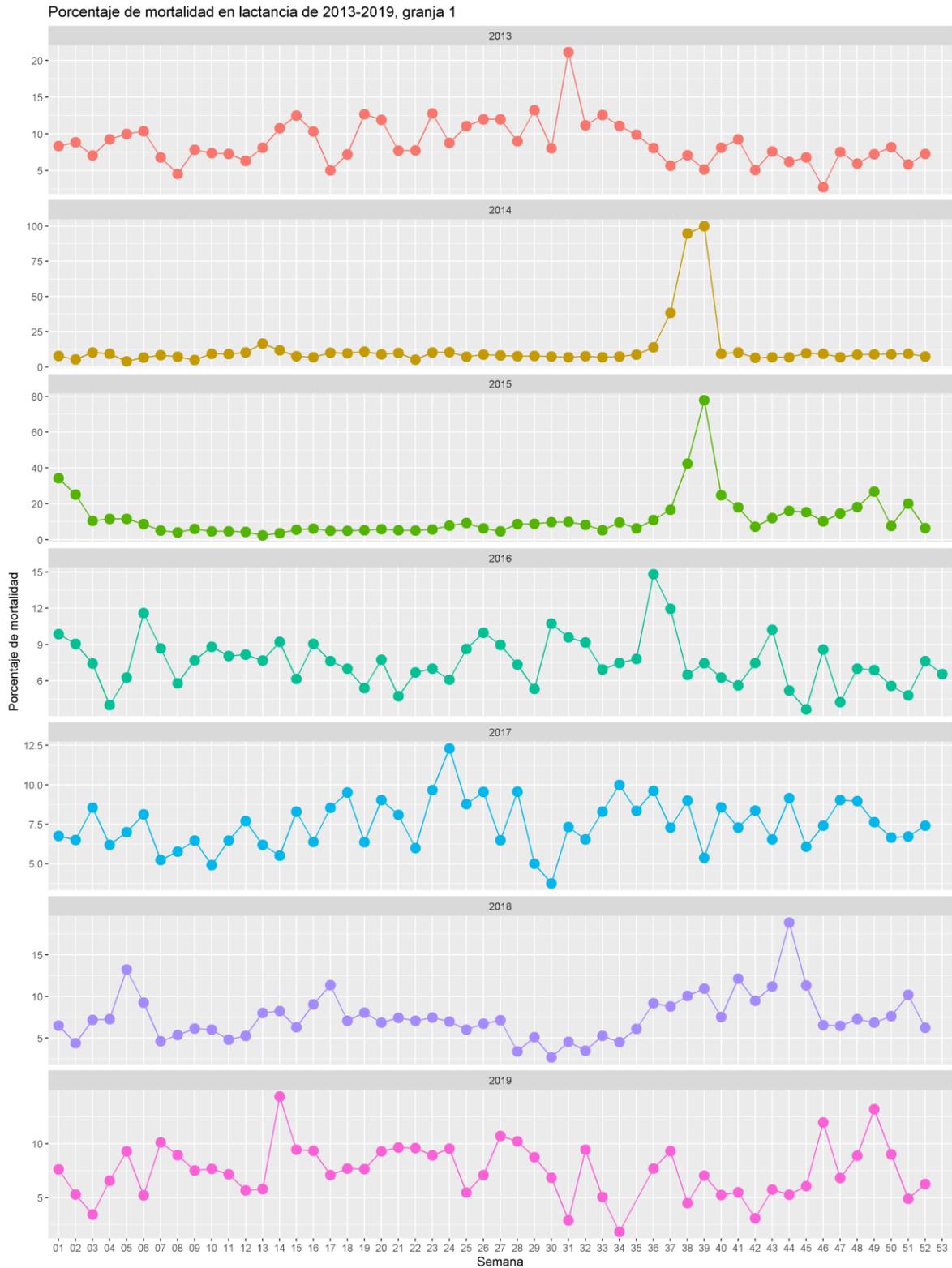
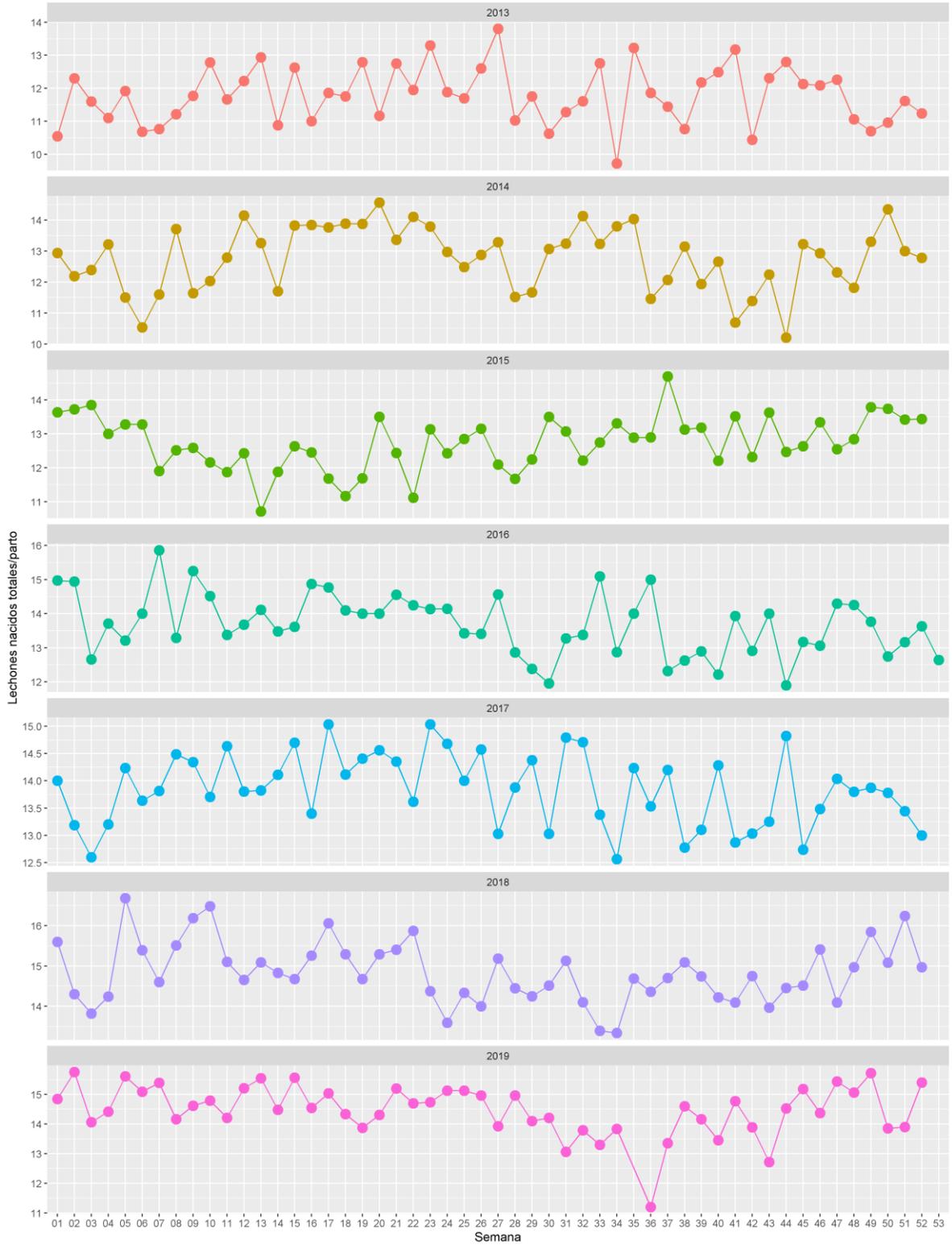
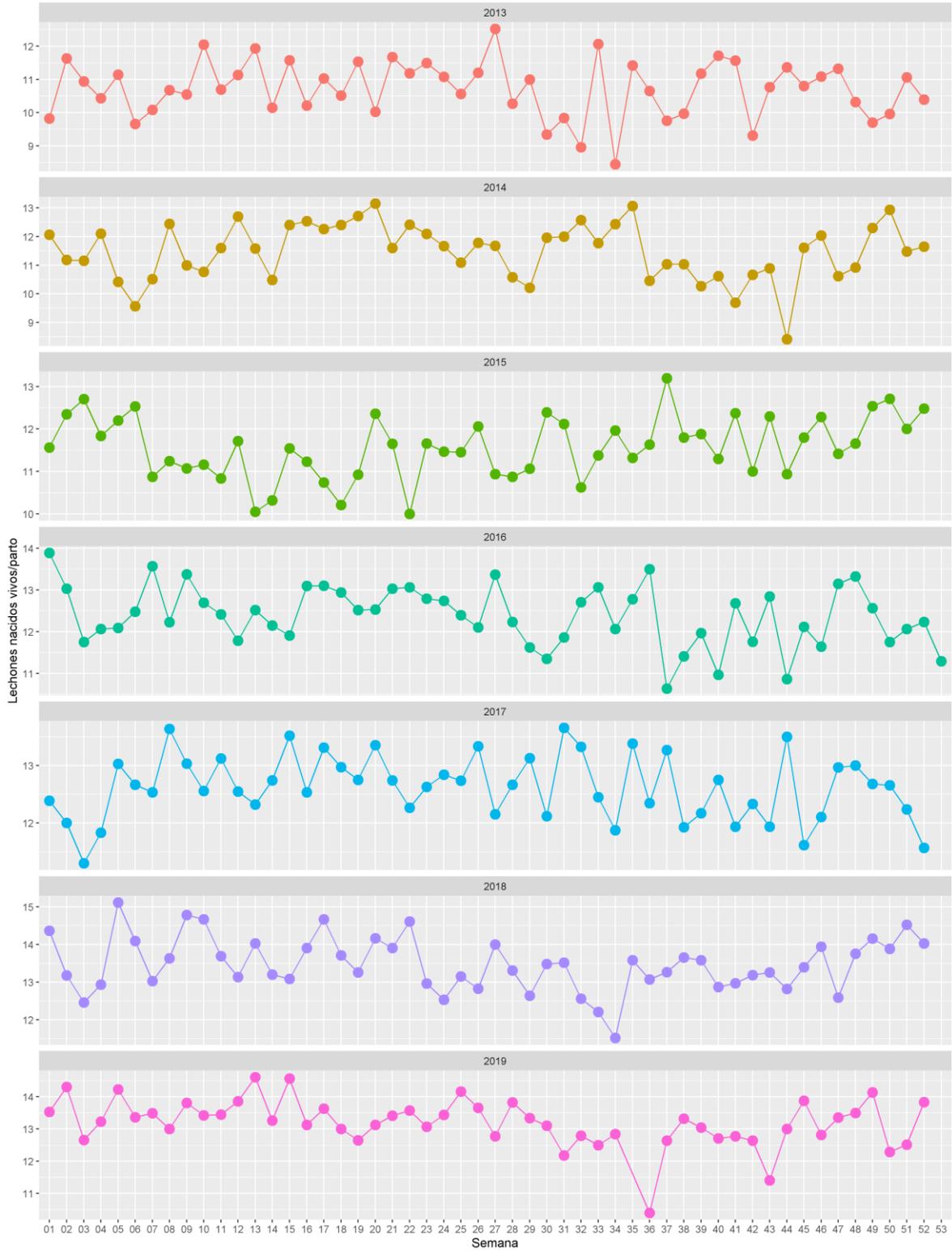


Ilustración 17. Parámetros productivos granja 1

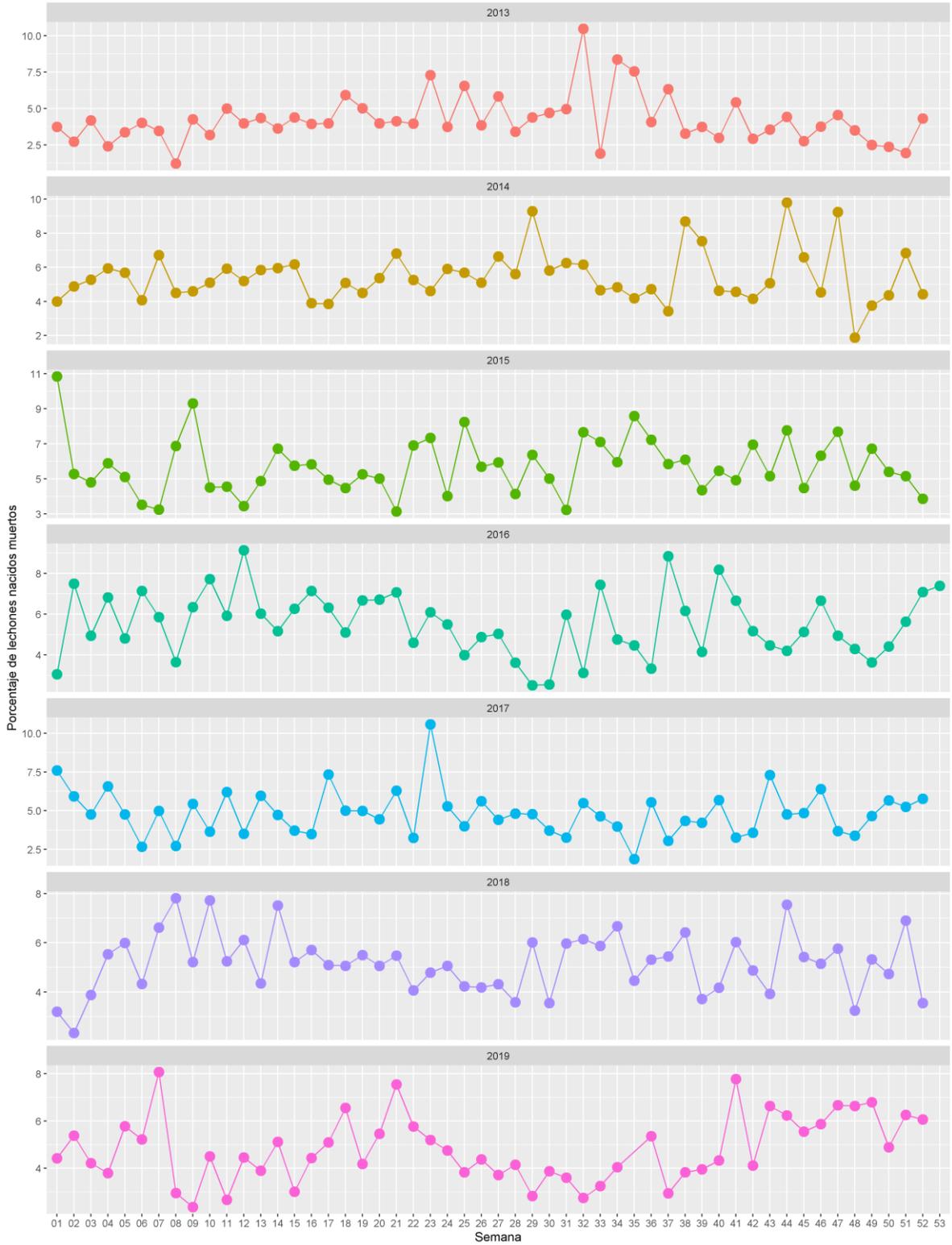
Promedio de lechones nacidos totales de 2013-2019, granja 1



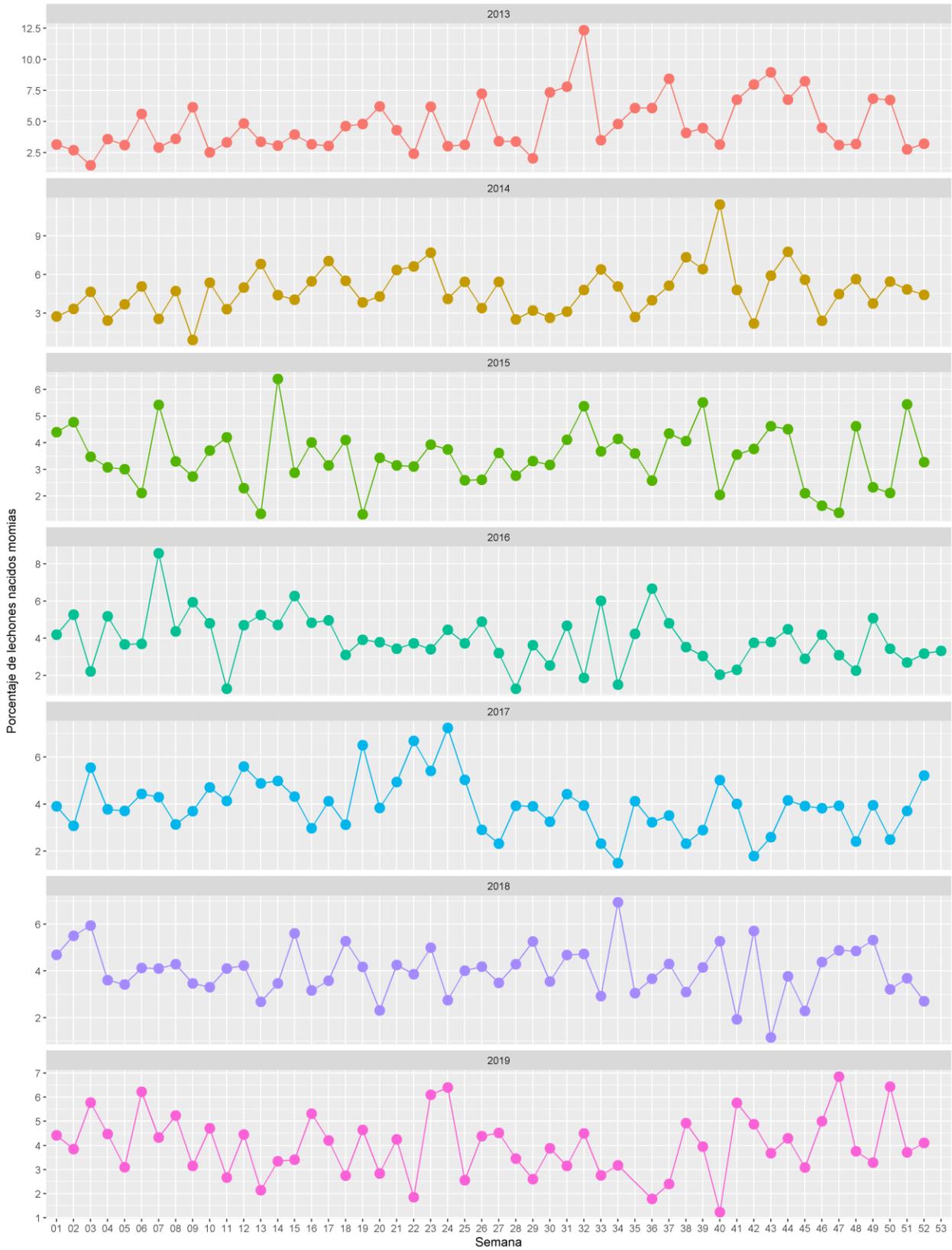
Promedio de lechones nacidos vivos de 2013-2019, granja 1



Porcentaje de lechones nacidos muertos de 2013-2019, granja 1



Porcentaje de lechones nacidos momias de 2013-2019, granja 1



Porcentaje de mortalidad en lactancia de 2014-2019, granja 2

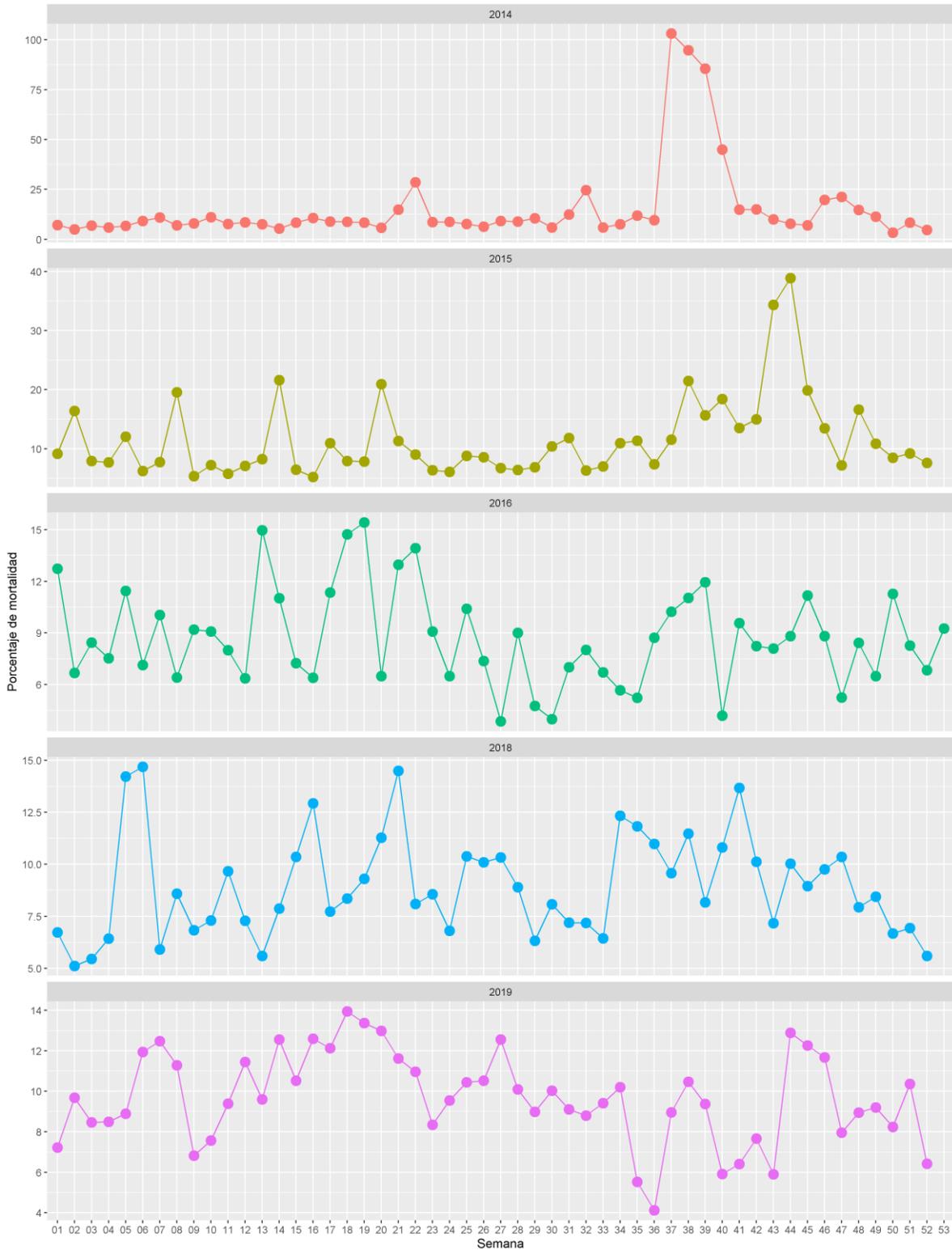
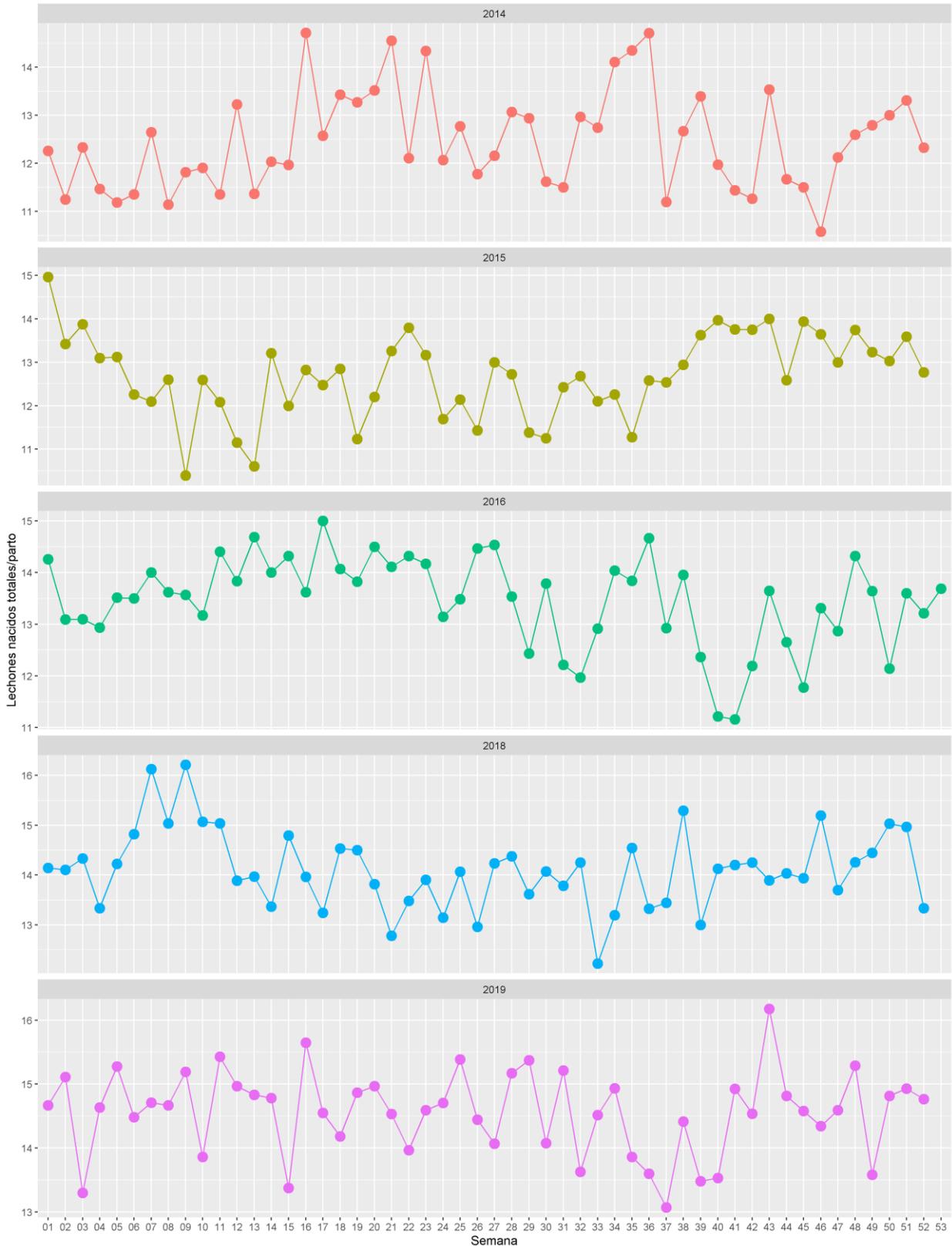
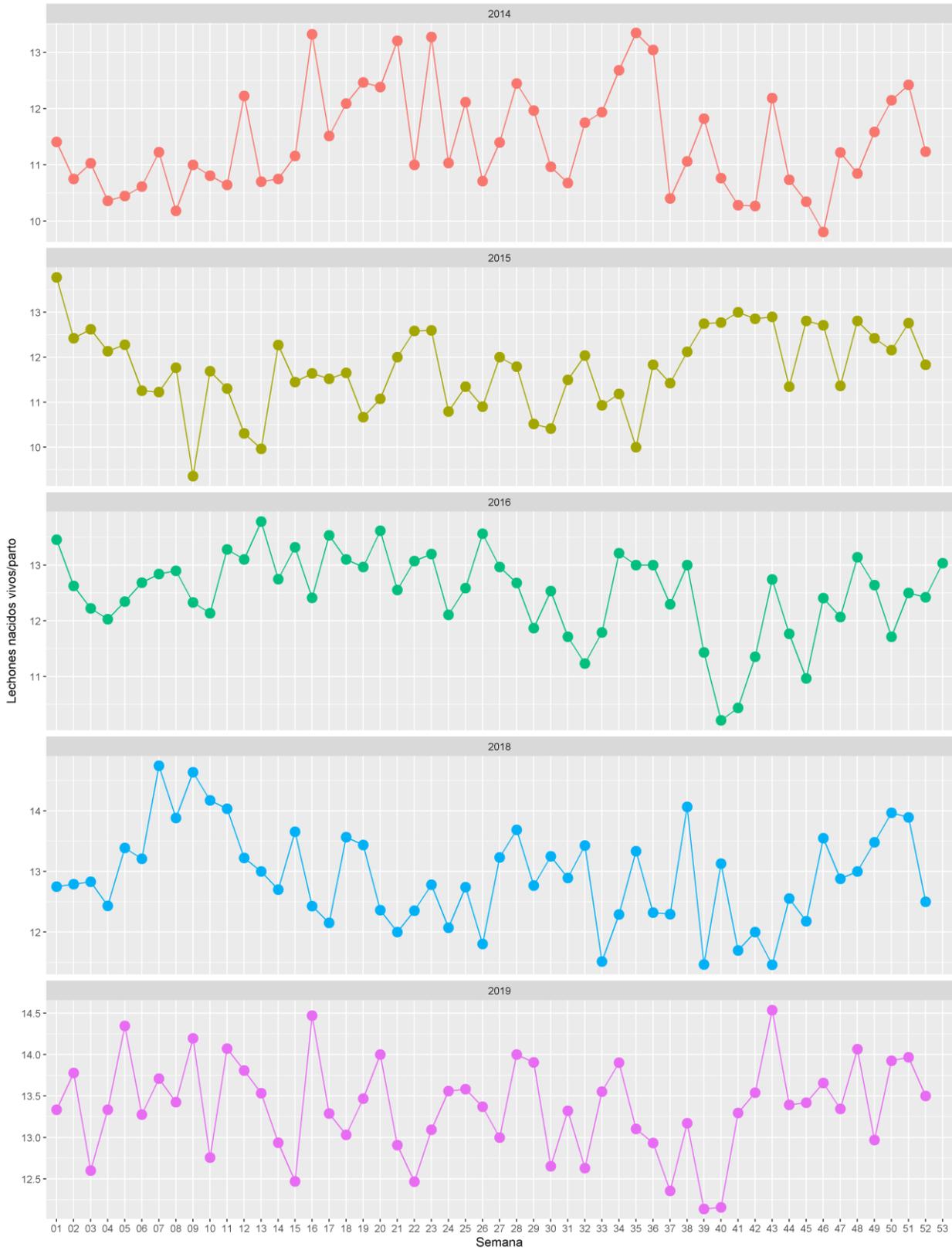


Ilustración 18. Parámetros productivos granja 2

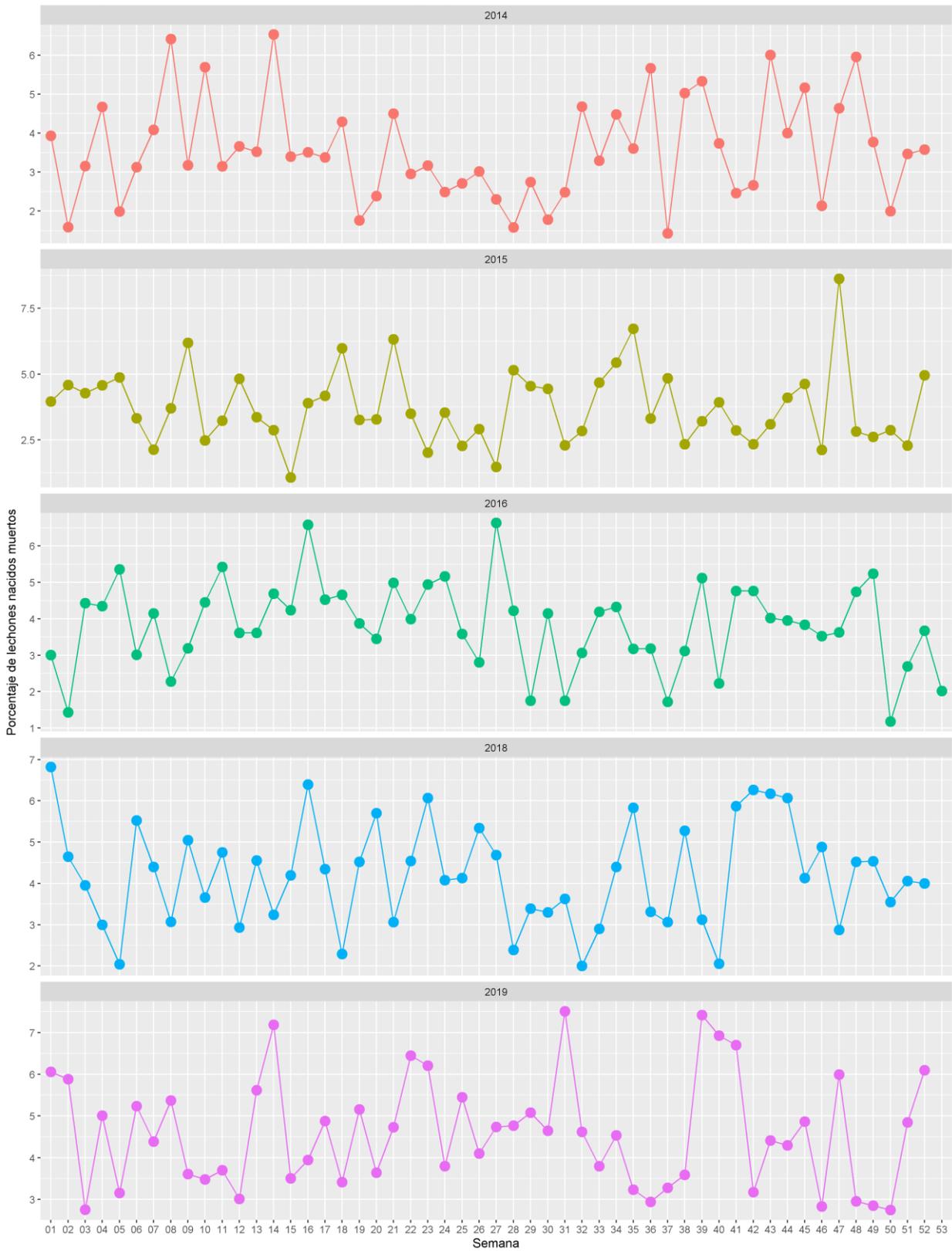
Promedio de lechones nacidos totales de 2014-2019, granja 2



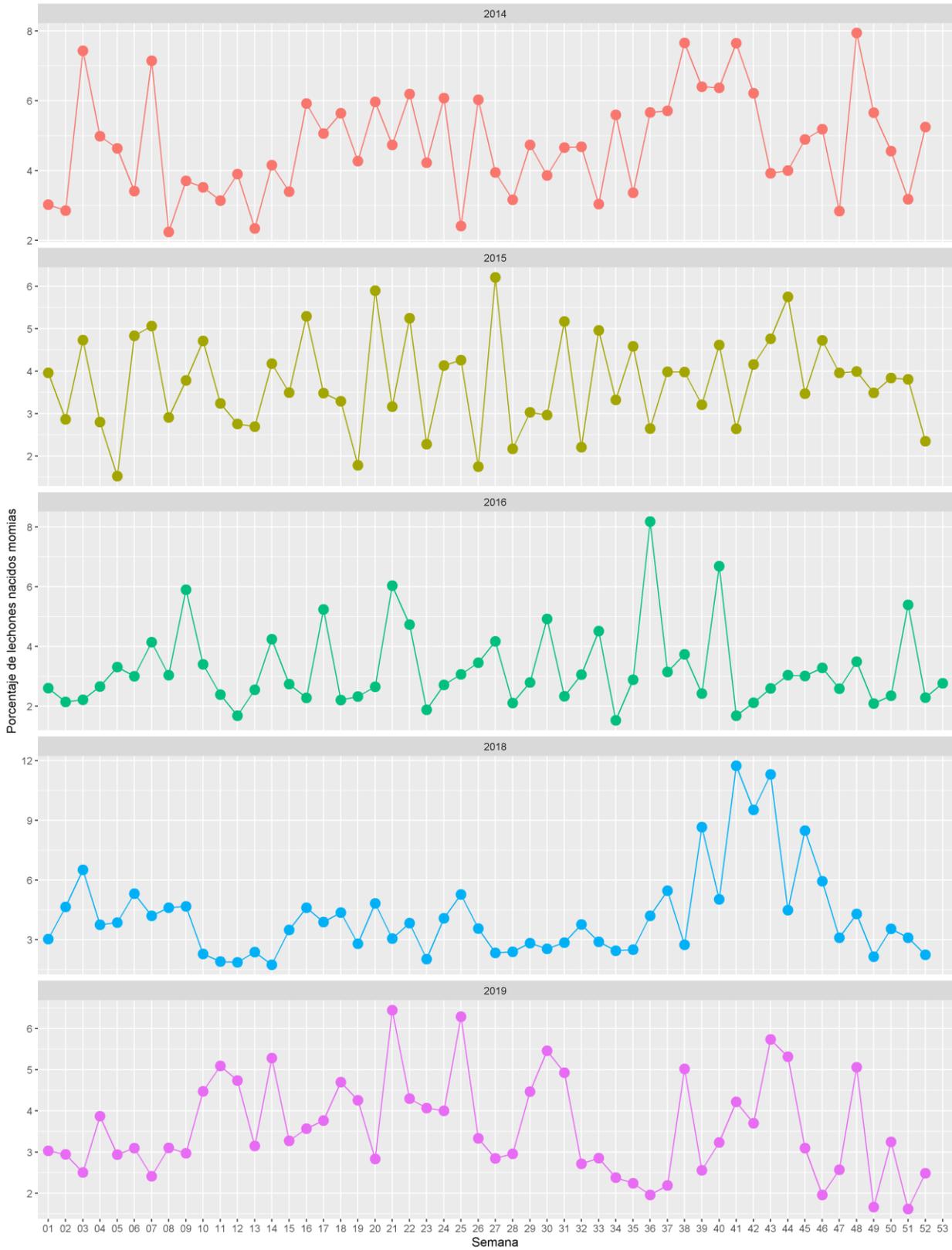
Promedio de lechones nacidos vivos de 2014-2019, granja 2



Porcentaje de lechones nacidos muertos de 2014-2019, granja 2



Porcentaje de lechones nacidos momias de 2014-2019, granja 2



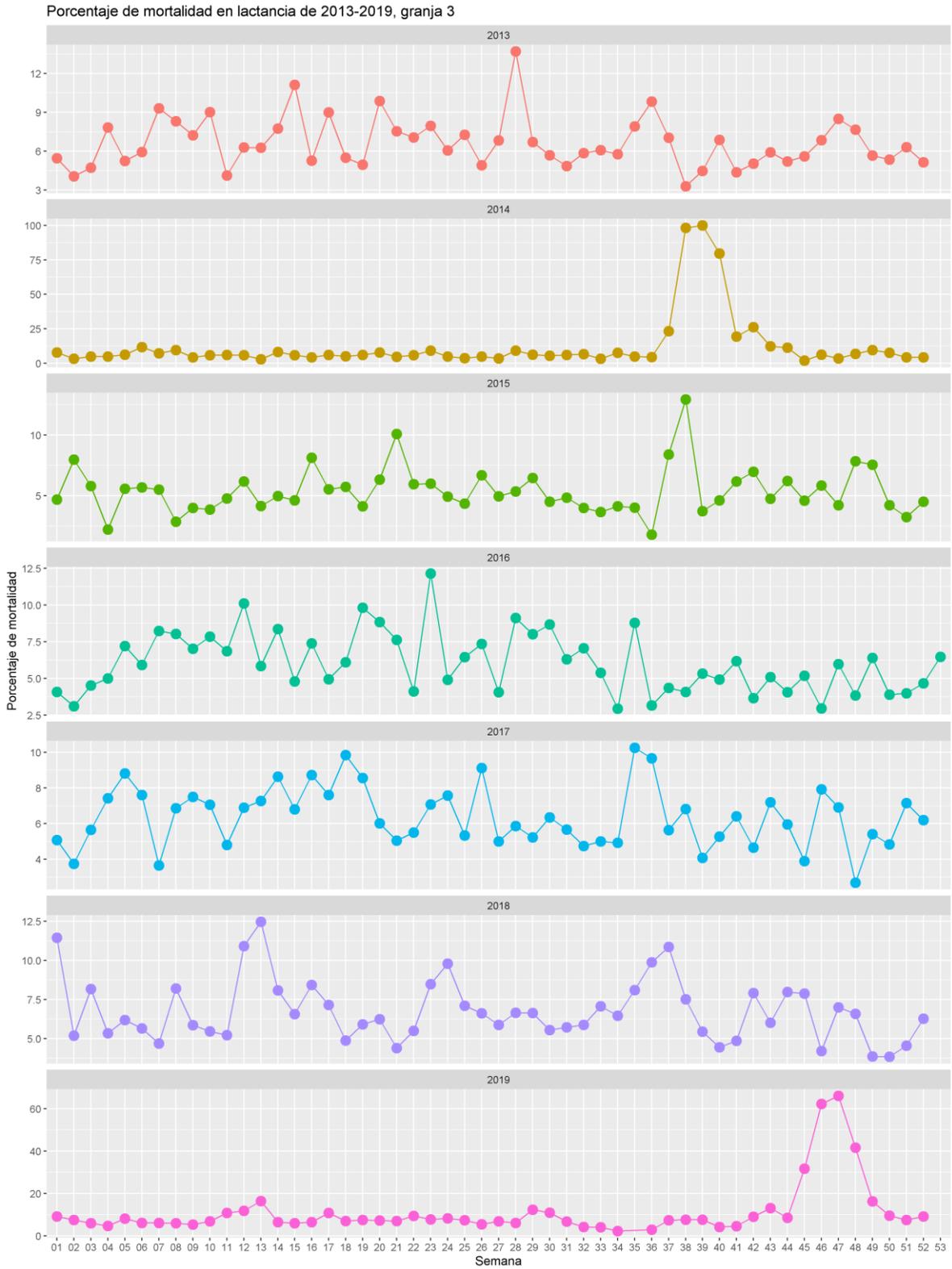
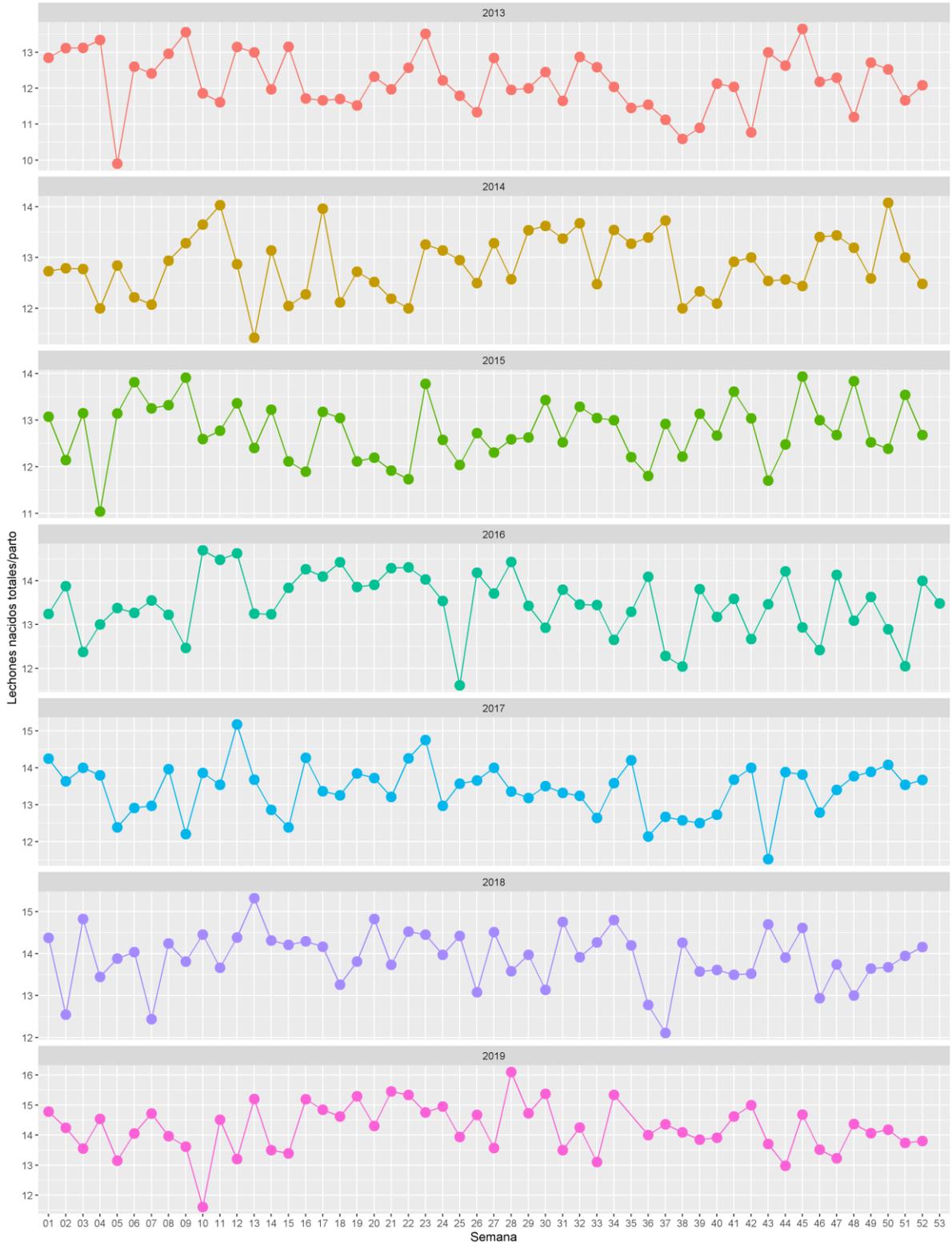
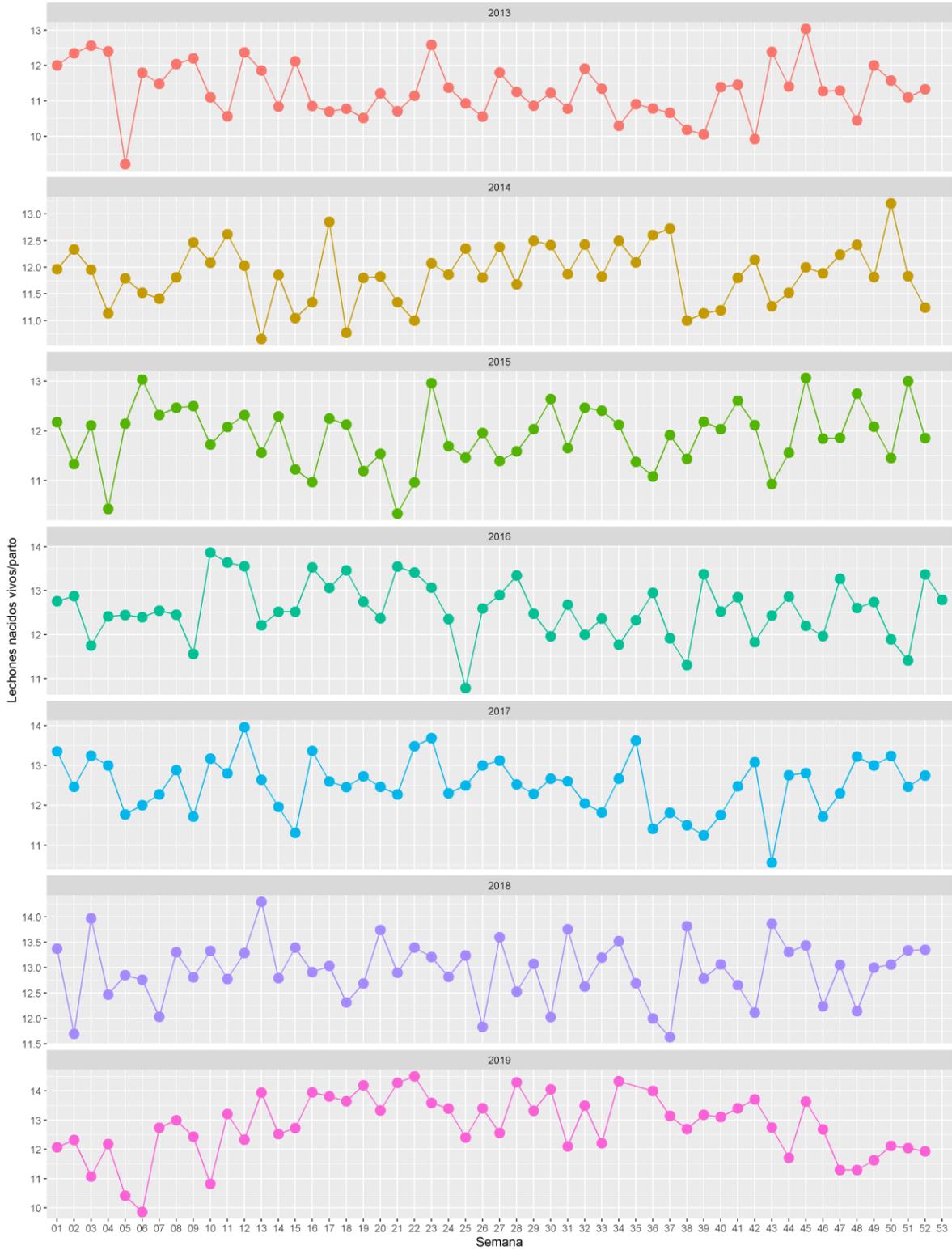


Ilustración 19. Parámetros productivos granja 3

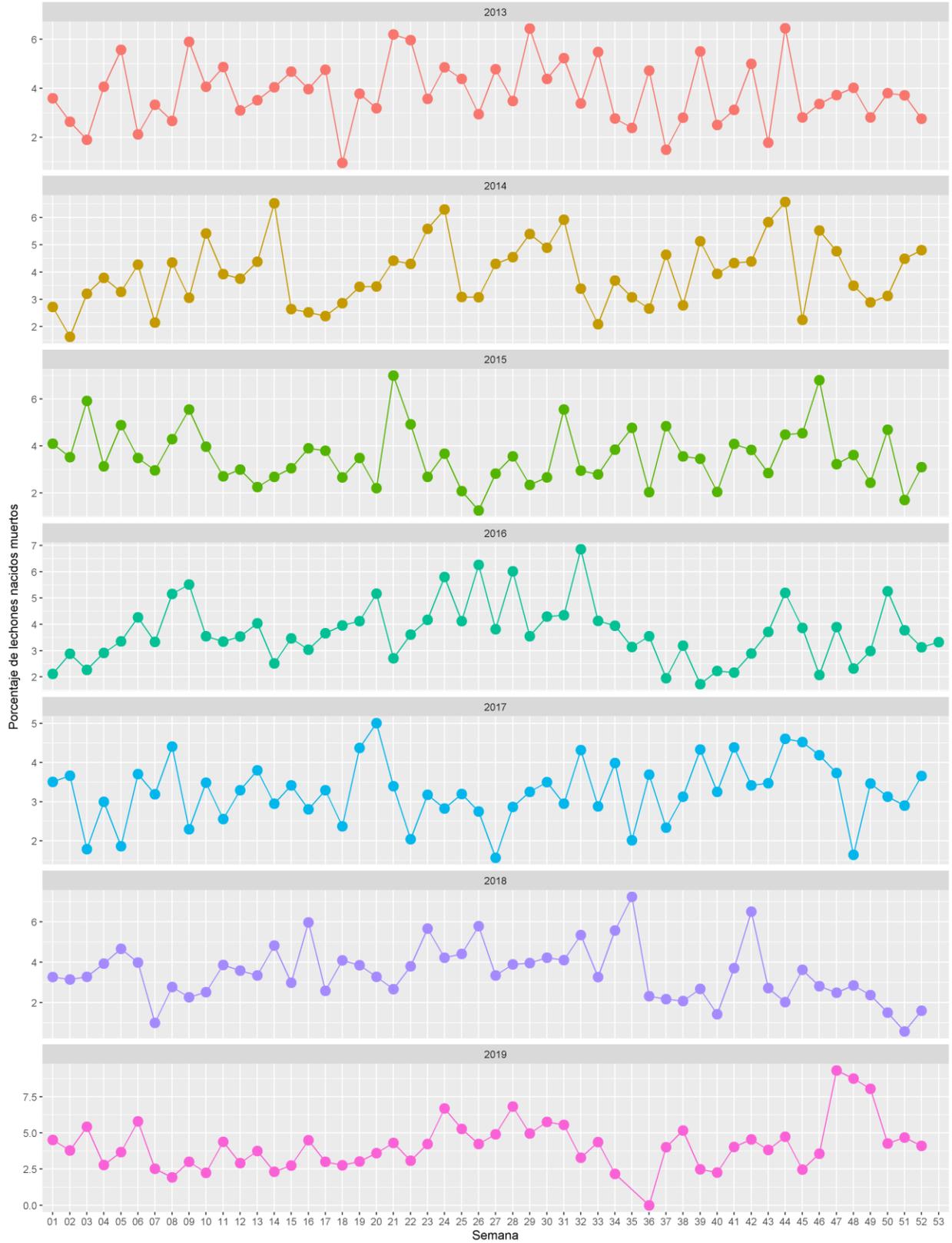
Promedio de lechones nacidos totales de 2013-2019, granja 3



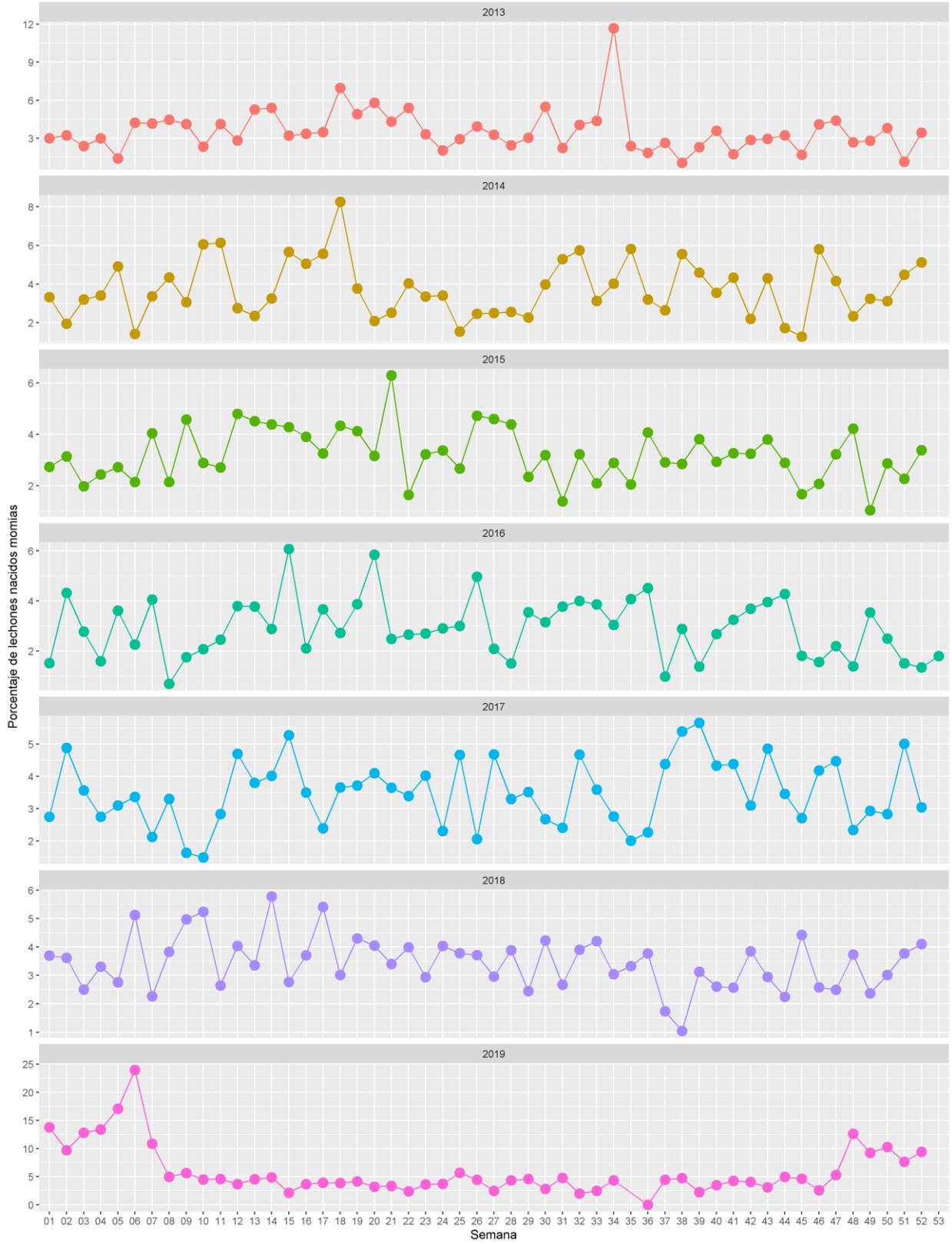
Promedio de lechones nacidos vivos de 2013-2019, granja 3



Porcentaje de lechones nacidos muertos de 2013-2019, granja 3



Porcentaje de lechones nacidos momias de 2013-2019, granja 3



Promedio de lechones nacidos totales de 2017- 2019, granja 4

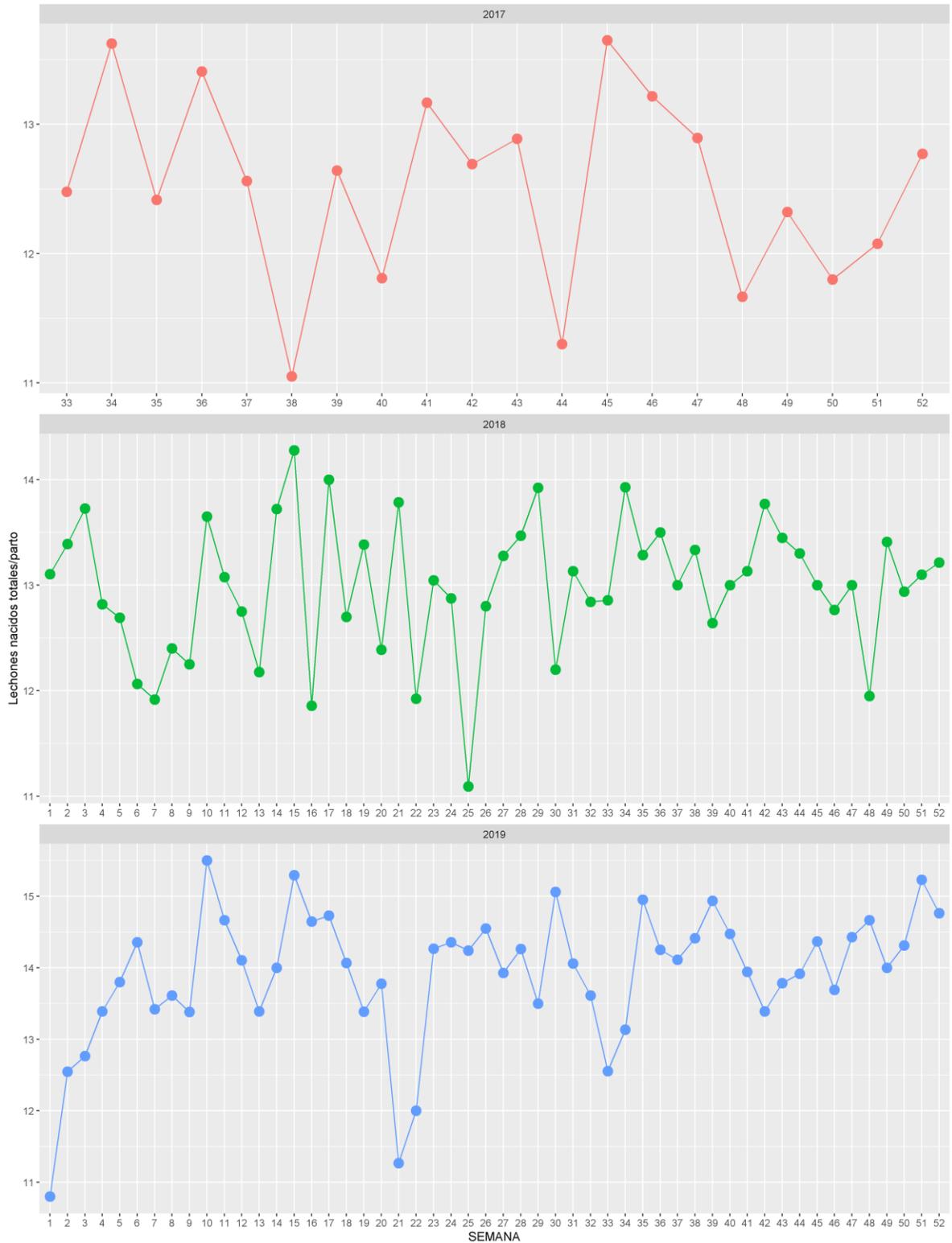
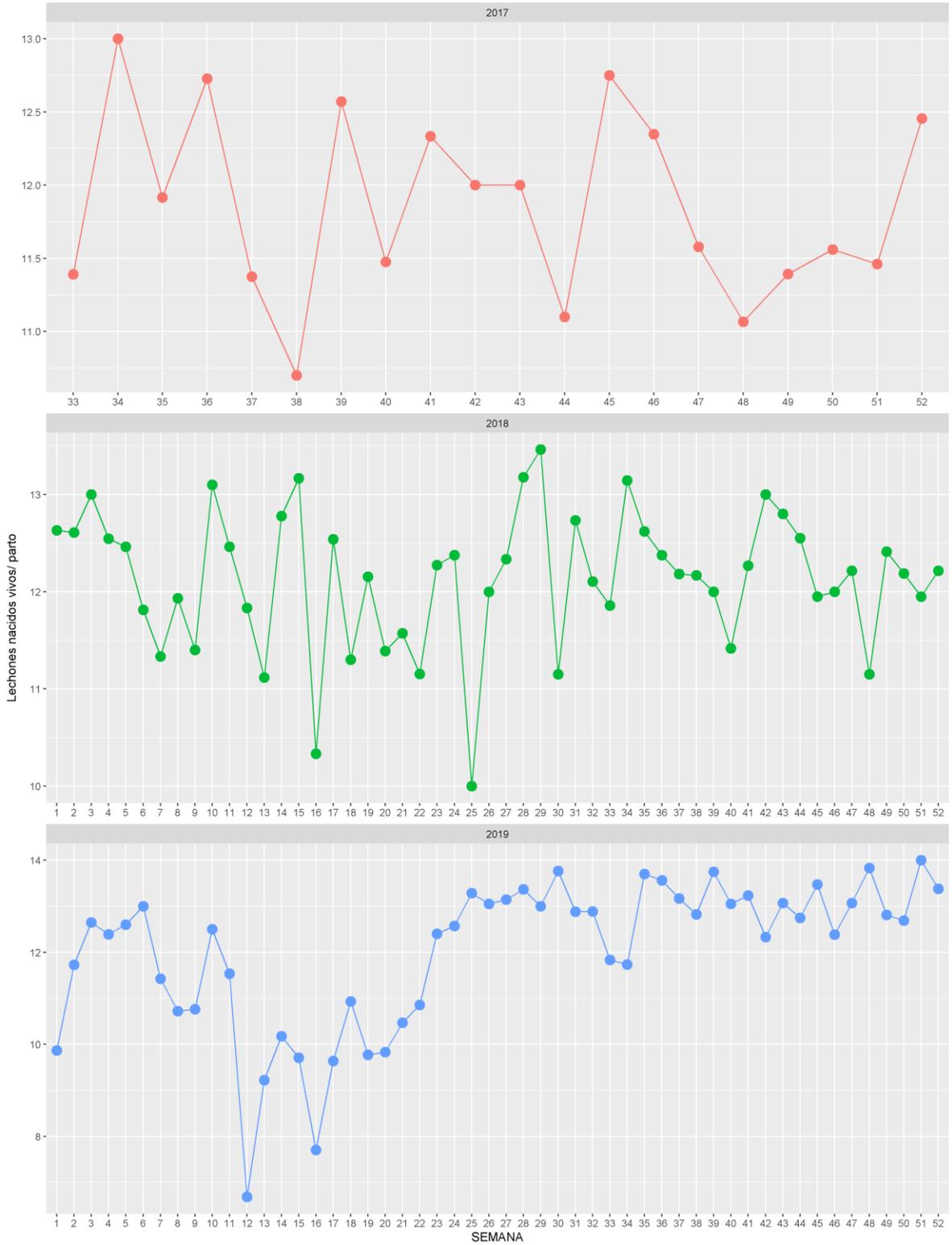
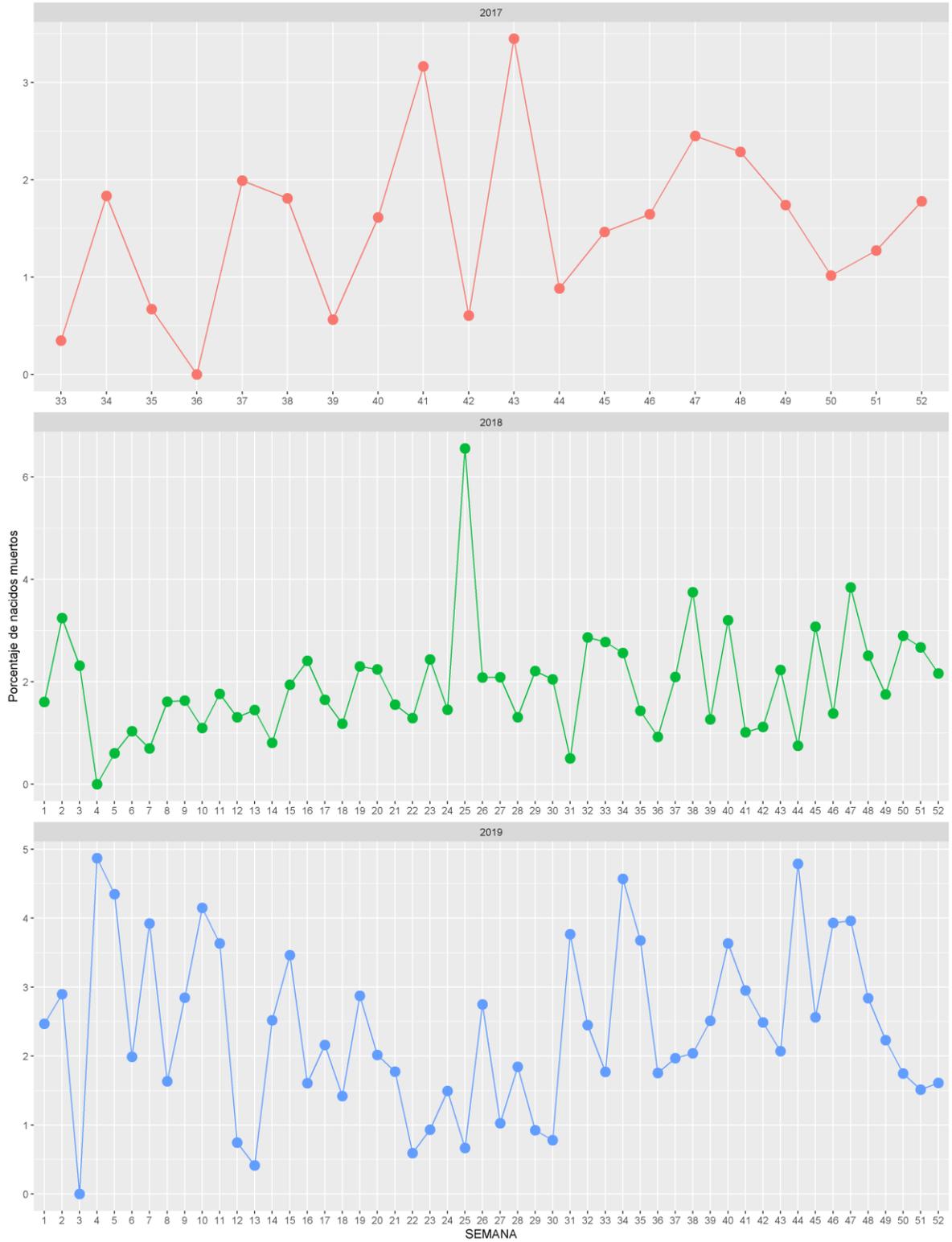


Ilustración 20. Parámetros productivos granja 4

Promedio de lechones nacidos vivos de 2017 - 2019, granja 4



Porcentaje de lechones nacidos muertos de 2017 - 2019, granja 4



Porcentaje de lechones nacidos momias de 2017 - 2019, granja 4

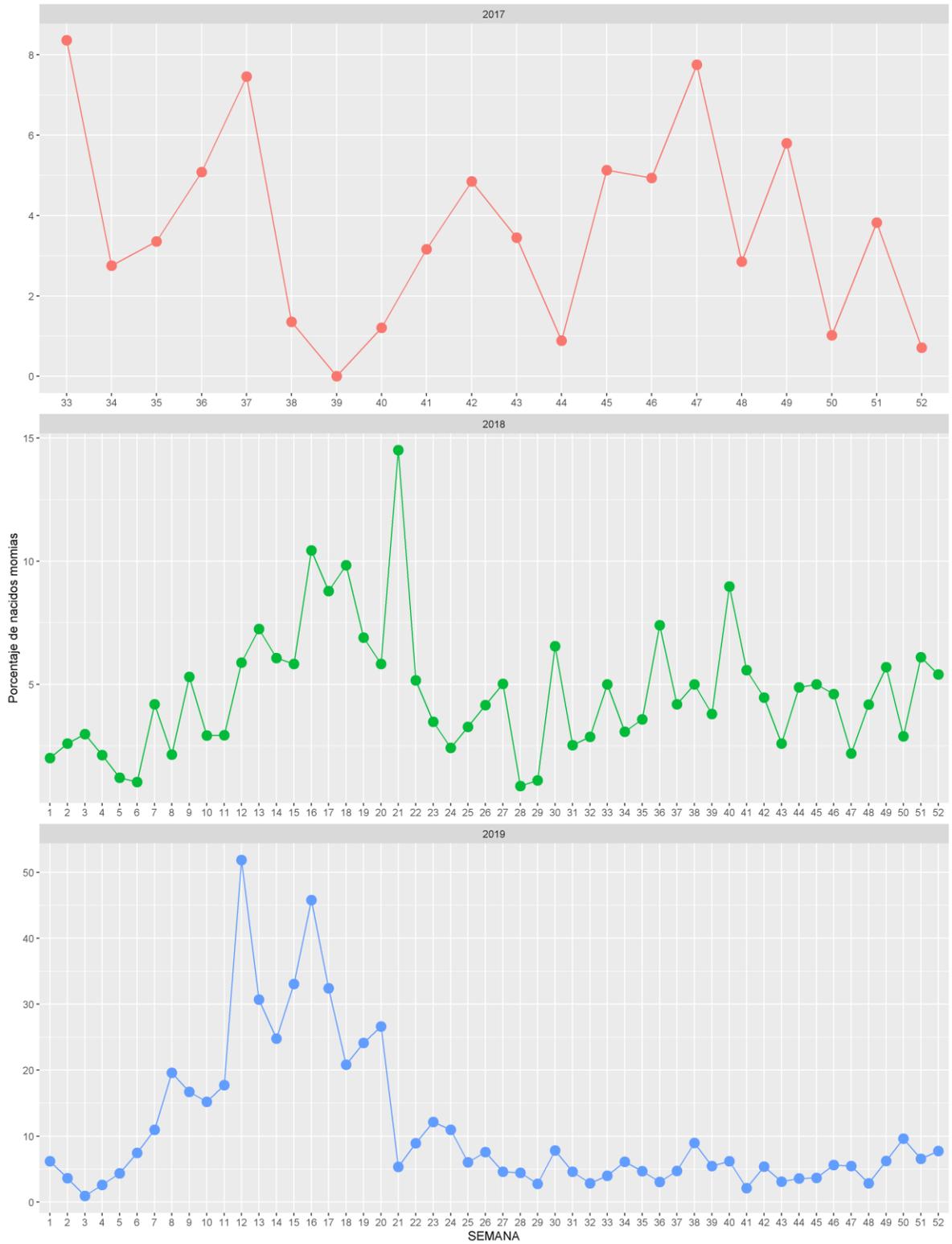




Ilustración 21. Momias recolectadas en granja



Ilustración 22. Lechones nacidos momias < 16 cm



Ilustración 23. Toma de muestra sanguínea en cerdas

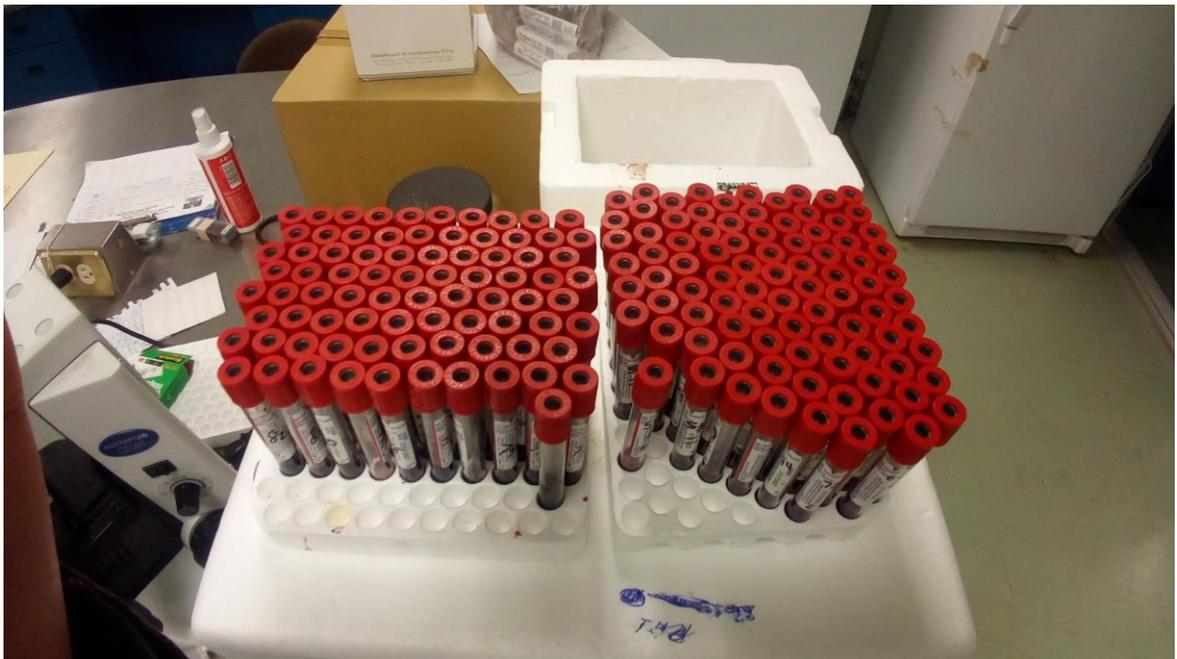


Ilustración 24. Muestras de suero procedentes de granja

Glosario de Abreviaturas

Acl	Aclimatación/Cuarentena
ADN	Acido desoxirribonucleico
AMVEC	Asociación de médicos veterinarios especialistas en cerdos
ANDEVA	Análisis de Varianza
ARN	Ácido Ribonucleico
ARNm	Ácido Ribonucleico mensajero
Cm	Centímetros
Dest	Destete
DIPA	Laboratorio de Diagnósticos Integrales en Patología Animal
EPC	Entrada a pie de cría
EPSG	Grupo encuestador petrolero europeo
Fase S	Fase de síntesis
FLU	Influenza porcina
FMVZ	Facultad de medicina veterinaria y zootecnia
FPC	Fiebre porcina clásica
GET	Gastroenteritis trasmisible
Gx	Gestación
HAI	Prueba de inhibición de la hemoaglutinación
HSD	Significancia mínima honesta
IC	Intervalo de confianza
IHA	Inhibición de la hemoaglutinación
ITRF	Marco internacional de referencia terrestre
ITSON	Instituto Tecnológico de Sonora
Lch	Lechones
Lim. Inf	Límite inferior
Lim. Sup	Límite superior
LNMo	Lechones nacidos momias
Log10	Logaritmo en base 10
Mat	Maternidad
Max	Máximo
MDV	Vacuna inactivada

mean	Media
Min	Mínimo
MLV	Vacuna atenuada
nm	Nanómetros
NS	Proteína no estructural
ORF	Marco abierto de lectura
P.value	Valor de P
PBS	Solución buffer fosfatos
PCV-2	Circovirus porcino
PED	Diarrea epidémica porcina
PEDV	Virus de la diarrea epidémica porcina
pH	Potencial de hidrogeno
pLNT	Promedio de lechones nacidos totales
pLNV	Promedio de lechones nacidos vivos
PPV	Parvovirus porcino
ppm	Partes por millón
PRRS	Síndrome respiratorio y reproductivo porcino
Pt	Parto
R	Software Estadístico R
RPM	Revoluciones por minuto
SAGARPA	Secretaria de agricultura y desarrollo rural
Scopus	Base de datos
SD	Desviación estándar
SENASICA	Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria
SICUAE	Subcomité institucional para el cuidado y uso de animales experimentales
SIV	Virus de influenza porcina
SPSS	Paquete estadístico para las ciencias sociales
SRC	Sistema de referencia de coordenadas
Std.error	Error estándar
UHA	Unidades Hemoaglutinantes
UIHA	Unidad inhibitoria de hemoaglutinación

UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USA	Estados Unidos de América
Vac	Vacuna
Variance	Varianza
VP	Proteína estructural
WGS84	Sistema geodésico mundial 1984
XG	Fuerzas gravitacionales
% fert	Porcentaje de fertilidad
% LNMo	Porcentaje de lechones nacidos momias
% mort	Porcentaje de mortalidad
%LNM	Porcentaje de lechones nacidos muertos
>	Mayor que
±	Mas - menos
≤	Menor que
°C	Grados Celsius
μ	Media
μL	Microlitro

LITERATURA CONSULTADA

AMVEC (2019) *Memorias de congreso AMVEC de 1966-2019, Asociacion Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos*. Available at: <https://www.amvec.com/blog/amvec-1/post/memorias-amvec-14> (Accessed: 16 February 2020).

Blomström, A. L. *et al.* (2009) 'Detection of a novel porcine boca-like virus in the background of porcine circovirus type 2 induced postweaning multisystemic wasting syndrome', *Virus Research*, 146(1–2), pp. 125–129. doi: 10.1016/j.virusres.2009.09.006.zz

Bower, B. (2001) *Porcine parvovirus : A field investigation into vaccine failure*, Allen D. Leman Swine Conference. USA.

Cano, P. (2018) *Identificación de parvovirus porcino (PVP), analisis productivo, reproductivo y economico en una granja porcina de ciclo completo, después de un brote de diarrea epidémica porcina (DEP)*. Univesidad Nacional Autónoma de México.

Carter, J. and Saunders, V. (2007) 'Parvoviruses (and other ssDNA Viruses)', in *Virology. Principles and aplicaciones*. United Kingdom: Wiley, p. 358.

Chen, H. Y. *et al.* (2009) 'A TaqMan-based real-time polymerase chain reaction for the detection of porcine parvovirus', *Journal of Virological Methods*, 156(1–2), pp. 84–88. doi: 10.1016/j.jviromet.2008.10.029.

Cobos, L. and Valdéz, L. (2015) 'Manual de prácticas: Temas selectos de profundización disciplinaria en virologia veterinaria'. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México, FMVZ, p. 136.

Daniel Givens, M. and Marley, M. S. D. (2008) 'Infectious causes of embryonic and fetal mortality', *Theriogenology*, 70(3), pp. 270–285. doi: 10.1016/j.theriogenology.2008.04.018.

Dieuzy, I. *et al.* (1987) 'EFFECTS OF EXPERIMENTAL PSEUDORABIES VIRUS INFECTION ON VACCINATED PREGNANT SOWS Dieuzy I , Vannier P , A . Jestin To cite this version : HAL Id : hal-00901711'.

Erazo, R. (1994) *Diagnostico Serologico de Leptospirosis, Ojo Azul, Brucelosis, Aujezky y Parvovirus Porcino en una Poblacion de Pecaris de Collar albergada en el Zoologico de Chapultepec.pdf*. Universidad Autónoma de Mexico.

Galvan, M. *et al.* (2019) *Elementos para el diagnóstico de enfermedades de los cerdos*. Edited by G. Ramírez and R. Martínez. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, FMVZ.

Geiger, J. O. and Connor, J. F. (2013) 'Porcine Epidemic Diarrhea, Diagnosis, and Elimination', *Veterinary service*, p. 4. Available at: <https://www.aasv.org/aasv website/Resources/Diseases/PED/13-05-29PEDWhitePaper.pdf>.

Hernández, E. (2016) *Estandarizacion de la tecnica de RT-PCR Para el Diagnostico del Virus de la Diarrea Epidemica Porcina y su Evaluacion en Muestras Clinicas Obtenidas en un Brote de Diarrea en una Granja Porcina de Ciclo Completo.pdf*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Jaramillo, C. and Martínez, J. (2010) *Epidemiología Veterinaria*. 1st edn. Edited by J. Morales. México D.F: Manual Moderno.

Knipe, D., Howley, M. and Peter, M. (2013) *FIELDS VIROLOGY*. Philadelphia, USA: Wolters Kluwer.

Kyriazakis, I. and Whittemore, C. T. (2006) *Whittemore 's Science and Practice of Pig Production*. Third edit. USA: Blackwell Publishing Ltd.

Lau, S. K. P. *et al.* (2008) 'Identification of novel porcine and bovine parvoviruses closely related to human parvovirus 4', *Journal of General Virology*, 89(8), pp. 1840–1848. doi: 10.1099/vir.0.2008/000380-0.

Leengoed, V. *et al.* (1983) 'Porcine parvovirus infection: Review and diagnosis in a sow herd with reproductive failure', *Veterinary Quarterly*, 5(3), pp. 131–141. doi: 10.1080/01652176.1983.9693887.

Loula, T. *et al.* (2004) *Feedback Programs*.

MacLchlan, N. J. and Dubovi, E. (2017) *FENNER'S VETERINARY VIROLOGY*. Fifth edit. USA: Elsevier.

Martinez, R. G. (1998) 'Principales factores que afectan la reproducción en el cerdo', *Ciencia Veterinaria*, pp. 187–222.

Masvidal, T. C. *et al.* (2008) 'Extracción de sangre en cerdas , cerdos de cebo y lechones en maternidad', *SERVET*, pp. 11–32. Available at: <http://www.avparagon.com/docs/reproduccion/r-041230-4.pdf>.

Mengeling, W. L., Lager, K. M. and Vorwald, A. C. (2000) 'The effect of porcine parvovirus and porcine reproductive and respiratory syndrome virus on porcine reproductive performance', *Anim Reprod Sci*, 60, pp. 199–210. doi: S0378432000001354 [pii].

Mészáros, I. *et al.* (2017) 'Biology of porcine parvovirus (Ungulate parvovirus 1)', *Viruses*, 9(12), pp. 1–14. doi: 10.3390/v9120393.

Morrilla, A. (2005) *Manual para el control de las enfermedades infecciosas de los cerdos*. 2a Edición. Edited by J. Morales. México: Manual Moderno.

Nava, J. and Amador, J. (2015) 'Evaluación de la eficiencia reproductiva', in *La cerda Reproductora*. 1st edn. México D.F: UNAM, pp. 675–693.

Oh, W.-T. *et al.* (2017) 'Perspectives on the Evolution of Porcine Parvovirus', *Viruses*, 9(8), p. 196. doi: 10.3390/v9080196.

Olanratmanee, E. on, Kunavongkrit, A. and Tummaruk, P. (2010) 'Impact of porcine epidemic diarrhea virus infection at different periods of pregnancy on subsequent reproductive performance in gilts and sows', *Animal Reproduction Science*. Elsevier B.V., 122(1–2), pp. 42–51. doi: 10.1016/j.anireprosci.2010.07.004.

Pardave, P. (2013) *Estudio de Parvovirus Porcino en Granjas de la Piedad Michoacan*. Universidad Nacional Autónoma de México.

PIC (2011) 'Manual de Manejo de Hembras y Primerizas'. USA: PIC, company, p. 58. Available at: <http://mx.pic.com/>.

PIC (2015) *Sow & Gilt Management Manual*.

Pinilla, J. *et al.* (2007) *Principios Básicos en el Manejo de los Reemplazos y las Cerdas*. USA.

Ramírez, A. (2014) 'Revisión actualizada y estrategias de control de la diarrea epidémica porcina', *Suis*, 108, p. 7.

Ren, X. *et al.* (2013) 'Phylogeny and evolution of porcine parvovirus', *Virus Research*. Elsevier B.V., 178(2), pp. 392–397. doi: 10.1016/j.virusres.2013.09.014.

Rico, S., Molina, S. and Pabón, F. (2003) 'Detección y aislamiento del Parvovirus porcino en Medellín, Colombia', *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 16(1), pp. 40–45. Available at: <http://www.redalyc.org/html/2950/295026121006/>.

Runnels, P., Cherni, J. and Peters, A. (2001) 'Serologic Response to and Duration of Immunity of a New Vaccine for Porcine Parvovirus, Erysipelas and Leptospirosis', 36(3), pp. 56–67.

Saekhow, P., Mawatari, T. and Ikeda, H. (2014) 'Coexistence of multiple strains of porcine parvovirus 2 in pig farms', *Microbiology and Immunology*, 58(7), pp. 382–387. doi: 10.1111/1348-0421.12159.

Sanchez, R. E. (2013) *Management of Porcine Epidemic Diarrhea*, College of Veterinary Medicine, University of the Philippines Los Baños.

Schirtzinger, E. E. *et al.* (2015) 'First identification of porcine parvovirus 6 in North America by viral metagenomic sequencing of serum from pigs infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus Other viruses (e.g. pox, papilloma, parvo, reoviridae)', *Virology Journal*. *Virology Journal*, 12(1), pp. 4–13. doi: 10.1186/s12985-015-0401-6.

Schwartz, K. J. *et al.* (2013) 'Infective material, concepts and procedures for intentional sow herd exposure to Porcine Epidemic Diarrhea virus', *AASV PEDv web page*, p. 8. Available at: <http://aasv.org/members/only/PED/Conceptsforherdexposure121713.pdf>.

Scopus - Analyze search results (2018). Available at: <https://www.scopus.com/term/analyzer.uri?sid=cca0ad2dfaf62119aaf1bea2731084bf&origin=resultlist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28Porcine+parvovirus%29&sort=plf-f&sdt=b&sot=b&sl=33&count=928&analyzeResults=Analyze+results&txGid=ad1c0d94ddf32d70331507314dce3ea6> (Accessed: 22 May 2018).

Segalés, J. *et al.* (2014) *Manual de diagnóstico laboratorial porcino*. USA: Intervet.

Spadaro, M., Pereyra, N., Biscia, M., Dibarbora, M., Cane, F., Sarradell, J. (2010) 'Descripción de un caso de Parvovirus Porcino con baja prevalencia serológica', *Memorias del X Congreso Nacional de Producción Porcina*, p. 2010.

Trujillo, M. *et al.* (2015) *La cerda reproductora*. 1st edn. Edited by UNAM. México D.F.

Trujillo, M. E. (2017) 'Eficiencia reproductiva. retos e incertidumbres', *Los porcicultores y se Entorno*, 118, pp. 1–6.

Trujillo, M. E. *et al.* (2017) 'Virus y el sector pecuario', in *La Virología en México. Situación actual, retos y oportunidades*. México D.F, p. 216. Available at: http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/La_Virologia_en_Mexico_Situacion_Actual_4.pdf.

Trujillo, M. E., Martínez, R. and Herradora, Ma. (2002) *La Piara Reproductora*. México D.F: Ediciones mundi prensa.

Truyen, Uwe, Streck, A. (2019) 'Parvoviruses - Relevance - Etiology', in Zimmerman, Jeffrey, Karriker, Locke, Ramirez, Alejandro, Schwartz, Kent, Stevenson, Gregory, Zhang, J. (ed.) *Diseases of swine*. 11th edn. Iowa, United States of America: Wiley Blackwell, pp. 611–621.

Truyen, U. and Streck, A. (2019) 'Parvoviruses', in Zimmerman, Jeffrey, Karriker, Locke, Ramirez, Alejandro, Schwartz, Kent, Stevenson, Gregory, Zhang, J. (ed.) *Diseases of Swine*. USA: Wiley Blackwell, pp. 635–645.

Vargas, J. and Vizcaíno, D. (2014) *Guía de prevención y control Diarrea Epidémica Porcina (PED)*, *Agrocalidad*. Available at: [http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Archivos/Guia de prevencion y control Diarrea Epidemica Porcina.pdf](http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Archivos/Guia%20de%20prevencion%20y%20control%20Diarrea%20Epidemica%20Porcina.pdf).

Wrathall, A. E. (1973) 'Reproductive disorders in pigs. I. Diagnosis.', *The British veterinary journal*, 129(2), pp. 106–115. doi: 10.1016/S0007-1935(17)36533-8.

Xiao, C. T. *et al.* (2013) 'Characterization of a Novel Porcine Parvovirus Tentatively Designated PPV5', *PLoS ONE*, 8(6), pp. 1–11. doi: 10.1371/journal.pone.0065312.

Xing, X. *et al.* (2018) 'First identification of porcine parvovirus 7 in China', *Archives of Virology*. Springer Vienna, 163(1), pp. 209–213. doi: 10.1007/s00705-017-3585-9.

Zimmerman, J. *et al.* (2012) *DISEASES OF SWINE*. WILEY-BLAC, *Disease of Swine: 9th Edition*. Ames, Iowa: Blackwell Publishing, WILEY-BLAC. USA. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.