



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO Y PRODUCTIVO DE UN BROTE
DE DELTACORONAVIRUS EN UNA PRODUCCIÓN PORCINA UBICADA EN EL
SURESTE DE MÉXICO”**

TESIS

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

PRESENTA:

GONZÁLEZ SOLÓRZANO KARLA LETICIA

Asesores:

**MVZ Juvencio García Sánchez
MVZ MC Rosalba Carreón Nápoles**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

DEDICATORIA

A esa niña de hace ya muchos años atrás que siempre anheló conocer más de lo que se le ofrecía, queriendo sobresalir y explotar todas esas cosas desconocidas y fascinantes del mundo y de la vida.

Que ya de adulta aconseja lo mismo siempre:

“Sé extraordinario”.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres y a mi hermano Jorge, por brindarme las bases para formarme como persona y apoyarme en la vida, en todos los aspectos posibles.

A Zared, por hacer de mi vida la mayor y más hermosa de las aventuras.

A mis asesores, el Dr. Juvencio y la Dra. Rosalba por apoyarme y orientarme siempre con mucha paciencia y gusto durante todo el proceso de esta tesis. Gracias Dra., no solo por ser mi asesora, sino por ser mi amiga y mi madre a veces, gracias por su tiempo, cariño, todas sus enseñanzas y la confianza que siempre tuvo en mí.

A Soos, por siempre estar conmigo en todos los momentos importantes para mí y brindarme sus consejos. Gracias por estar en mi vida y dejarme ser parte importante de la tuya.

A mis amados amigos que siempre estuvieron y aún continúan conmigo en las buenas y en las malas: Cristian Basilio, Cynthia Vázquez, Lorena Adaya, Amaranta Velázquez, Bernardo Cruz, Emerita Santiago y a la Fam. Corona Ávila. No podría tener mejores personas a mi lado.

A mi malvado Dr. Tocino por regalarme de su tiempo para enseñarme lo que sabe y leer artículos conmigo.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por acogerme y ser mi segunda casa, por brindarme todo y hacerme parte de ella.

Gracias a todo el personal del Departamento de Medicina y Zootecnia de Cerdos, por siempre orientarme y ser excelentes personas conmigo.

CONTENIDO

	Página
Resumen.....	1
Introducción	
Antecedentes	2-3
Impacto de las enfermedades entéricas.....	4-5
Agente etiológico.....	6
Patogenia y signos clínicos.....	7
Diagnóstico.....	8
Epidemiología.....	9-11
Justificación.....	12
Hipótesis.....	13
Objetivos	
Objetivo general.....	14
Objetivos particulares.....	14
Material y métodos	
Generalidades de la granja.....	15-16
Descripción del brote.....	17-18
Análisis de la información.....	18-20
Resultados.....	21-31
Discusión.....	32-35
Conclusiones.....	36-37
Referencias.....	38-43
Lista de gráficas.....	44
Lista de tablas.....	45
Lista de figuras.....	46
Anexos.....	47

Resumen

GONZALEZ SOLORZANO KARLA LETICIA. Evaluación del impacto económico y productivo de un brote de Deltacoronavirus en una producción porcina ubicada en el sureste de México (Bajo la asesoría de: MVZ Juvencio García Sánchez y MVZ MC Rosalba Carreón Nápoles)

La enfermedad entérica provocada por *Deltacoronavirus porcino* (PDCoV) se caracteriza por ocasionar diarrea severa, deshidratación y mortalidad en lechones durante sus primeras semanas de vida, además de vómito y diarrea en animales adultos; lo cual genera variaciones en los parámetros productivos y un aumento en los costos de producción. Se realizó un análisis retrospectivo y comparativo de estos en una granja tecnificada multisitios ubicada en el sureste de México que presentó un brote por PDCoV en los meses de enero y febrero del 2018 para con base en la información obtenida, estimar el posible impacto económico y productivo ocasionado por PDCoV en los periodos antes, durante y después del brote.

Los resultados obtenidos de este estudio reflejan un aumento del 14.33% en la mortalidad de los lechones en lactancia durante el brote de la enfermedad respecto al que se venía manejando los meses antes del brote, siendo la principal causa la diarrea. En los sitios 2 y 3 disminuyó el peso a la venta 1.65 kg y aumentó la conversión alimenticia 0.15 durante el brote y 0.28 después del mismo. Los gastos de la granja aumentaron \$50,736.26 pesos durante el brote y \$42,981.37 pesos en el periodo después, principalmente en tratamientos y desinfectantes. Los ingresos por venta de animales finalizados disminuyeron \$82,688.68 pesos durante el brote y de \$42,981.37 pesos después del mismo.

Introducción

Antecedentes

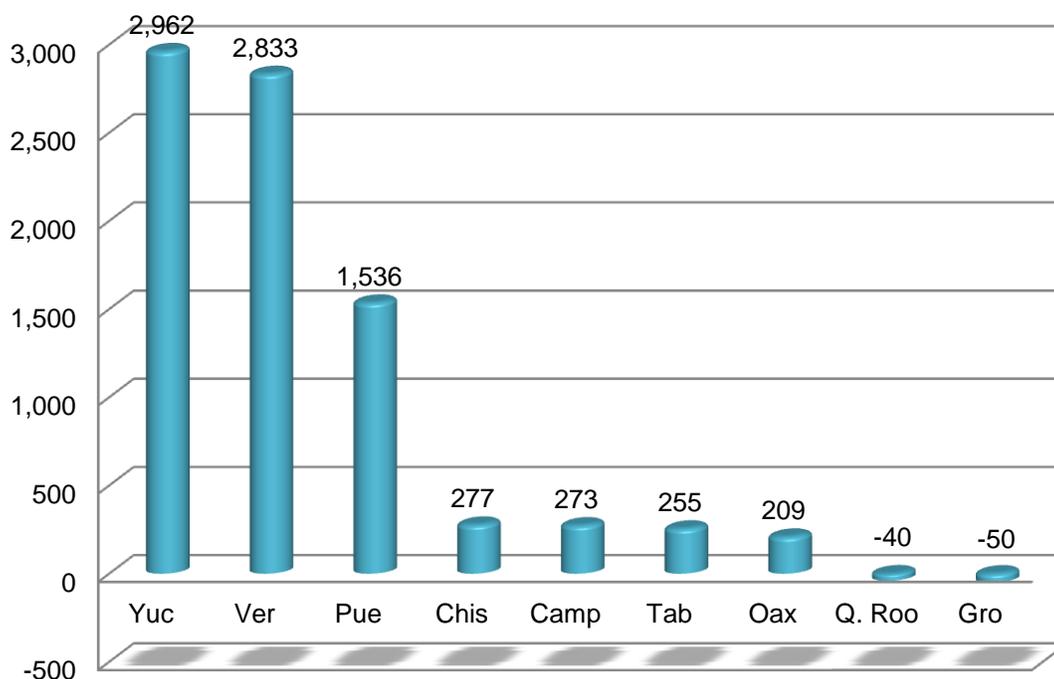
La porcicultura es considerada una de las áreas ganaderas más dinámicas que existe en el país, junto con la producción de bovino y aves, registrando un consumo *per cápita* de aproximadamente 17.2 kg en el año 2018 (SAGARPA-SIAP, 2018).

En el 2018, la producción porcícola de la república mexicana al primer semestre se tiene reportada en 689 mil toneladas, lo que representa 28 mil 265 (4.1%) adicionales a las obtenidas en el mismo periodo de 2017. Del sacrificio de animales realizado en junio de 2018, se reportan 124 mil 283 toneladas de carne en canal, volumen 2.9% mayor al conseguido en el mismo mes del año anterior (SIAP, 2018).

Con lo que respecta a la producción de carne en algunas entidades del país, se puede observar un comportamiento favorable, siendo la porcicultura de los estados de Sonora y Jalisco las que presentan los mayores aumentos absolutos de la producción de carne (SAGARPA-SIAP, 2018).

En la **gráfica 1**, se muestra la tasa media anual de crecimiento en el período acumulado en el 2018 respecto al mismo periodo acumulado en el año anterior perteneciente a los estados que integran la región Sur-Sureste del país, integrada por los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (SEDATU) donde se observa un aumento favorable, con excepción de los estados de Q. Roo y Guerrero, respectivamente.

Variación acumulada 2017 vs. 2018 (Toneladas)



Gráfica 1. Tasa media anual de crecimiento en el 2018, respecto al 2017 en la región Sureste (SAGARPA-SIAP, 2018).

El impacto que tiene una enfermedad en los animales destinados para el consumo humano y que pertenecen a la industria alimentaria puede llegar a ser de gran importancia. En el momento en el que aparece y se propaga una enfermedad en una producción, existen alteraciones en los animales que pueden provocar una disminución en su productividad e incrementar los costos de producción ya que, algunas enfermedades son capaces de ocasionar consecuencias tales como: reducciones dramáticas de la producción, paros parciales o totales con socios comerciales, así como una vacilación por parte de los consumidores para adquirir productos cárnicos y sus derivados de regiones en donde no se han encontrado brotes en las producciones (Schulz, 2015).

Impacto de las enfermedades entéricas

En los cerdos, las enfermedades entéricas se pueden presentar a cualquier edad, principalmente en las etapas en donde el manejo que se realiza con los animales ocasiona un estado de estrés, como lo son los reagrupamientos, hacinamiento, traslados, cambios de alimentación o manejos realizados incorrectamente.

La manifestación más común de las enfermedades entéricas es la diarrea y los principales agentes etiológicos que ocasionan diarrea en los lechones lactantes son: *E. Coli* (Colibacilosis), *Cystoisospora suis*, *Coronavirus de Gastroenteritis Transmisible* (GET), *Coronavirus de Diarrea Epidémica Porcina* (DEP), *Rotavirus porcino* (PoRV), *Clostridium perfringens* Tipo C, y recientemente, el *Deltacoronavirus porcino* (PDCoV). El impacto económico de la presencia de un virus en una producción puede ser posible calcularlo observando los problemas clínicos que genera la enfermedad en los animales, así como los parámetros productivos que se ven afectados (Rougoor *et. al.*, 1996).

Los veterinarios pueden implementar varias medidas de control de PED y PDCoV con el objetivo de erradicar por completo la infección por el virus de los rebaños infectados; estas abarcan desde el cierre del hato de cría hasta los protocolos mejorados de bioseguridad en la granja (González *et. al.*, 2018) y el desarrollo de inmunidad a través de la exposición por retroalimentación (Chang, *et. al.*, 2019) o, en caso de existir, la vacunación; hasta ahora, se desconoce la rentabilidad de estas.

Los costos de un brote de enfermedades del ganado se han calculado típicamente a través de un modelo de hoja de cálculo de presupuesto parcial, basado en un marco básico descrito por McInerney *et. al.* (1992). Por ejemplo, Bennett *et. al.* (1999) desarrollaron un modelo de presupuesto parcial y estático para estimar los costos directos de 30 enfermedades diferentes del ganado en Gran Bretaña. En el sector porcino, Meuwissen *et. al.*, (1999) utilizaron un marco de análisis de presupuesto parcial para construir EpiLoss, que es un modelo de simulación de

enfermedad utilizado para determinar los costos directos y las pérdidas consiguientes atribuidas a un brote de fiebre porcina clásica. De manera similar, Alarcon *et. al.*, (2013a) desarrollaron un modelo de simulación epidemiológica estocástica para determinar los costos netos de producir un cerdo enfermo con síndrome de desgaste multisistémico post-destete (PMWS) o *circovirus porcino* infecciones de tipo 2 (PCV2SI). Asimismo, Alarcon *et. al.*, (2013b) utilizaron estas estimaciones de costos para identificar la rentabilidad de las estrategias de control alternativas. Todos ellos, demostrando la importancia de calcular los costos de las enfermedades, que en el caso de PDCoV aún no han sido estudiados en el país.

Agente etiológico

El *Deltacoronavirus porcino* (PDCoV) es un coronavirus enteropatógeno de reciente emergencia, el cual provoca diarrea severa, deshidratación y una importante mortalidad en los lechones neonatos seronegativos (Zhang *et. al.*, 2017), así como diarrea y vómito en cerdos adultos, lo cual resulta en la disminución de los parámetros productivos y grandes pérdidas económicas a nivel global para la industria porcina (Zhai *et. al.*, 2016).

Los coronavirus porcinos son virus ARN monocatenarios de polaridad positiva, envueltos, pertenecientes a la familia *Coronaviridae* y el orden de los *Nidovirales* (Jung y Saif, 2015). Son causantes de enfermedades respiratorias y gastrointestinales en humanos y animales (Wang *et. al.*, 2018).

Cinco tipos distintos se han detectado en cerdos: virus de la diarrea epidémica porcina (PEDv), virus de gastroenteritis transmisible (TGEv), coronavirus respiratorio porcino (PRCV), todos pertenecientes al género *Alphacoronavirus*; virus de encefalomiелitis hemaglutinante porcina (PHEV) en la familia *Betacoronavirus*, y *Deltacoronavirus porcino* (PDCoV) en el género *Deltacoronavirus* (Zhang, 2016).

PDCoV es un virus envuelto, de cadena simple, ARN de sentido positivo con un genoma de 25 Kb de longitud aproximadamente, su organización genómica contiene una región no traducida 5' (UTR), marco abierto de lectura 1a/1b (ORF1a/1b), proteína espícula (S), proteína de envoltura (E), proteína de membrana (M), proteína no estructural 6 (NS6), proteína de nucleocápside (N), proteína no estructural 7 (NS7) y región no traducida 3' (UTR) (Zhang, 2016).

Patogenia y signos clínicos

La enfermedad provocada por el PDCoV es clínicamente y patológicamente similar a la provocada por PEDv y TGEv (Jung *et. al.*, 2015), exceptuando que en la enfermedad por PDCoV el vómito es más común y las tasas de mortalidad reportadas en lechones son menores, siendo en PDCoV del 40-60% (Zhang, 2016) y en DEP del 90-100% (Zhang, 2016; Niederwerder, *et. al.*, 2018).

En Tailandia, los casos reportados nos hablan de una enfermedad que comienza con diarrea acuosa y profusa, pérdida del apetito y agalactia en los cerdos en crecimiento y gestación, en los lechones lactantes se reporta que se presenta depresión, fiebre, diarrea acuosa y deshidratación severa (Janetanakit *et. al.*, 2015).

Los efectos a nivel celular provocados por PDCoV son citolíticos y en los enterocitos causa necrosis aguda con atrofia de las vellosidades intestinales, siendo el yeyuno e íleon los primeros sitios de infección (Jung, *et. al.*, 2016). A diferencia de PED y GET, PDCoV no produce apoptosis de los enterocitos en el intestino delgado y se ha detectado también en células presentadoras de antígeno de la lámina propia intestinal. Al igual que PEDv y TGEv, la diarrea inducida por PDCoV es de tipo malabsortiva (Niederwerder, *et. al.*, 2018) debido a la pérdida masiva de enterocitos de las vellosidades intestinales, por ello, hay una pérdida de enzimas digestivas, lo cual conlleva a la acumulación de materia sin digerir en el lumen intestinal (Piñeyro, 2016).

El comienzo de la signología clínica coincide con la eliminación viral a las 48 horas después de la infección (Niederwerder, *et. al.*, 2018) y la diarrea puede persistir de 5 a 10 días aproximadamente. La eliminación del virus en heces puede detectarse incluso semanas después de que los animales ya no presentan signos clínicos (Piñeyro, 2016).

Diagnóstico

La severidad de un brote de la enfermedad causada por PDCoV depende principalmente de la edad de los animales afectados y si existe coinfección con otros agentes etiológicos como PEDv. Debido a su similitud con GET y DEP, el diagnóstico clínico es complicado, por lo que es necesario realizar el correcto diagnóstico virológico de PDCoV (Jung *et. al.*, 2015), el cual se lleva a cabo, principalmente por la reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa en tiempo real (RT-PCR); también se ha demostrado que la técnica mediante transcripción inversa de amplificación isotérmica mediada por bucle o LAMP (RT-LAMP) es una herramienta de rápido diagnóstico (Zhang *et. al.*, 2017) y las muestras para enviar a laboratorio son principalmente de suero, heces y contenido intestinal, de donde se puede extraer el ARN viral.

Epidemiología

La primera descripción clínica de la enfermedad entérica provocada por coronavirus se produjo en el Reino Unido y Bélgica a principios de los setenta, sin embargo, no fue hasta 1978 cuando el agente etiológico de estos brotes, un nuevo coronavirus se identificó como PEDv (Carvajal *et. al.*, 2015), en los años posteriores se extendió por los países europeos y desde entonces se han reportado brotes de diarrea en distintos lugares del mundo.

El origen y la virulencia de PDCoV se desconocen, recientemente fue detectado por primera vez en Hong Kong en el 2012 (Zhang, 2016) con el antecedente de ser reportado en aves en el año 2009 (Woo *et. al.*, 2009). En el mes de febrero de 2014 se detectó en Ohio e Indiana, Estados Unidos en casos de diarrea neonatal en cerdos (Wang *et. al.*, 2014); y eventualmente se reportaron casos en otros países como Canadá, Corea del Sur, Tailandia, algunas provincias de China y en México (Zai, 2016; Janetanakit, 2016).

La rápida propagación de PEDv en Estados Unidos durante el año 2013 fue un indicativo de que PDCoV seguiría un patrón epidemiológico similar tras sus primeros brotes, lo cual se pudo confirmar después (Zhang, 2015).

La información que se tiene en Estados Unidos después de diciembre del 2013 demuestra una curva epidemiológica exponencial, lo cual sugiere un origen común de la fuente de estos brotes, seguido de una propagación altamente contagiosa. Se ha especulado que el virus probablemente ya había estado circulando silenciosamente con anterioridad, pero no se detectó debido a que su signología y mortalidad es de bajo perfil (McCluskey, 2015).

En China, investigaciones realizadas revelan que la prevalencia de PDCoV es alta (>30%), y las coinfecciones con PEDv son comunes (51%) (Jung, 2016). En un estudio realizado en Jiangxi, China, se demostró que la prevalencia de PDCoV en muestras de heces donde PEDv es negativo es elevada (Song *et. al.*, 2015). Es importante mencionar que todas las cepas de PDCoV reportadas en China tienen

una elevada similitud con otras cepas identificadas a nivel global, por lo que, esto implica, una posible circulación global de un mismo genotipo (Jung, 2016) aunque, se ha registrado que las co-infecciones con otros agentes virales depende de la cepa origen del PDCoV (Marthaler *et. al.*, 2014).

En México, el día 8 de agosto del 2014 se emitió un diagnóstico pre-confirmatorio de PED mediante PCR por parte del laboratorio de bioseguridad nivel 3, de la Comisión México-Estados Unidos para la Prevención de la Fiebre Aftosa y otras Enfermedades Exóticas de los Animales (CPA) a raíz de la notificación de una mortalidad atípica principalmente de lechones en la zona centro-occidente del país, con evidencia clínica sugerente de la ocasionada por PEDv (OIE, 2014). Los servicios veterinarios oficiales en coordinación con los productores iniciaron un diagnóstico de situación sobre esta enfermedad que incluyó el muestreo epidemiológico en granjas de ciclo completo, engorda, pie de cría, traspatio y rastros con evidencia clínica (SENASA). En la investigación epidemiológica, se analizaron entre agosto de 2013 y mayo de 2014 un total de 2,309 muestras por prueba RT-PCR en tiempo real en 19 entidades federativas del país: Aguascalientes, Baja California, Colima, Ciudad de México, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Veracruz; del total de las muestras analizadas únicamente el 30% fueron positivas a PEDv y el 70% restantes resultaron negativas, de igual manera, las muestras que fueron remitidas de los estados de Yucatán y Oaxaca resultaron negativas a PEDv (OIE, 2014), lo cual podría ser sugerente a que exista otro agente causal involucrado en la enfermedad en cuestión.

En México, la enfermedad por PDCoV se encuentra en el grupo 3 del acuerdo mediante el cual se dan a conocer en los Estados Unidos Mexicanos las enfermedades y las plagas exóticas y endémicas de notificación obligatoria de los animales terrestres y acuáticos, clasificándose como endémica de notificación mensual obligatoria (SAGARPA, 2016). Sin embargo, no se encuentra disponible

ningún tipo de fuente oficial que proporcione mayor información sobre la presencia y distribución de la enfermedad por PDCoV en el país así como ningún tipo de análisis productivo ni económico de sus efectos, aunque en un estudio realizado por Pérez-Rivera *et. al.* (2019) se analizaron muestras de cinco diferentes regiones de México, encontrando un elevado porcentaje de positivos a PDCoV en las regiones centro y sureste del país, además de reportar que la cepa mexicana está filogenéticamente relacionada a las cepas reportadas en los Estados Unidos.

Justificación

Debido a que la enfermedad provocada por PDCoV es de reciente emergencia, se desconoce el impacto que tiene en la porcicultura de México; la investigación del caso pretende realizar la evaluación económica y productiva del PDCoV en una granja ubicada en el sureste de México, cuyo seguimiento del brote desde sus inicios proporcionará una parte de la información que se necesita para estimar el comportamiento de la enfermedad una vez dentro de una granja y los procedimientos a seguir en caso del surgimiento de nuevos brotes.

Esta evaluación es de gran utilidad para determinar el presupuesto económico que se necesita y, de esa manera desarrollar un programa de gestión sanitaria para una producción, para ello, es necesario conocer cuáles son las alteraciones que se presentan en la producción, así como las pérdidas económicas que se generan a partir del brote de la enfermedad.

Hipótesis

La enfermedad entérica provocada por PDCoV tiene un impacto económico y productivo de importancia en las producciones porcinas y representa un riesgo para su crecimiento y rentabilidad.

Objetivos

Objetivo general

Realizar la determinación del impacto en los parámetros productivos y la afectación económica de una granja antes, durante y después de un brote de PDCoV.

Objetivos particulares

- Evaluar los parámetros productivos de la granja 6 meses antes, durante el brote de PDCoV y 6 meses después.
- Evaluar los costos de producción de la granja 6 meses antes, durante el brote de PDCoV y 6 meses después.
- Con base en la información obtenida y su interpretación, estimar el posible impacto económico y productivo de la enfermedad por PDCoV en granjas tecnificadas.

Material y métodos

El presente análisis considera un estimado del impacto económico y productivo en un caso individual de una producción porcina con un brote de PDCoV confirmado. Es decir, se enfoca en las alteraciones ocurridas antes, durante y después del brote de la enfermedad por PDCoV. Se realiza un análisis retrospectivo y comparativo de las variaciones en la información procesada durante los meses antes del brote, los que duró el mismo y los meses posteriores en los parámetros productivos, así como en los costos atribuidos al brote en cada uno de los sitios de producción, utilizando un enfoque de presupuesto para resaltar el costo total de las pérdidas de productividad.

Generalidades de la granja

Granja porcina tecnificada ubicada en el sureste de México, productora de cerdos para abasto con un sistema de producción de ciclo completo con multisitios (S1-S2-S3). Actualmente tiene una población de 980 hembras en producción, donde únicamente se ingresa semen para la obtención de autoreemplazos. Se atienden aproximadamente 43 partos semanalmente y se maneja una lactancia de 21 días, con un promedio de peso al destete de 5-6 kg.

Se tienen medidas de bioseguridad que incluyen: cerco perimetral, desinfección de vehículos con gluteraldehídos y cuaternarios de amonio, tapetes sanitarios por área, ingreso únicamente de personal autorizado, baños y vestidores para el aseo del personal que ingresa y sale de la granja, utilización de ropa y calzado de trabajo exclusivamente para la granja.

El manejo de excretas se lleva a cabo mediante su disposición en una fosa de sedimentación que se encuentra del otro lado del cerco perimetral a una distancia aproximada de 300m de la granja.

Las enfermedades que se monitorean en el sitio 1 son la enfermedad del síndrome respiratorio y reproductivo porcino (PRRS por sus siglas en inglés: Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome), en el sitio 2 y 3 se monitorean las enfermedades de influenza y neumonía enzoótica, para lo cual aproximadamente cada 5 o 6 meses se envían sueros para su diagnóstico por medio de la prueba de ensayo por inmovinabsorción ligado a enzimas (ELISA).

En el sitio 1 se realizan inmunizaciones en lechones contra *Streptococcus suis* y *Haemophilus parasuis* con bacterina emulsionada e inactivada, además de un toxoide contra *Clostridium novyi* en combinación con vacuna inactivada contra *Escherichia coli*. En área de gestación se aplica una vacuna combinada contra Circovirus porcino tipo 2 y *Mycoplasma hyopneumoniae*.

En la línea de producción se utiliza la misma vacuna combinada contra Circovirus porcino tipo 2 y *Mycoplasma hyopneumoniae* además de una vacuna inactivada polivalente contra Parvovirus porcino, *Erisipela rhusopathiae* y *Leptospira spp.*

A continuación, en la **figura 1** se describe la distribución del sitio 1.

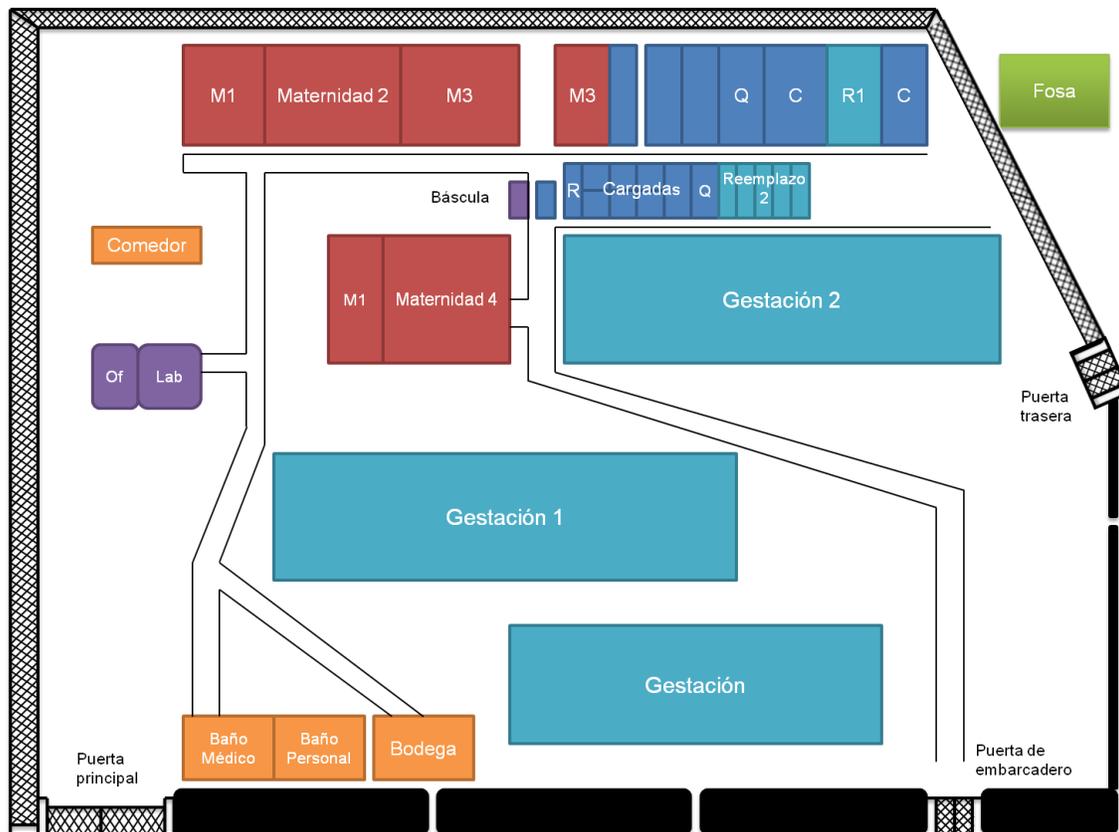


Figura 1. Mapa del sitio 1, lugar donde comenzó el brote. (M=Maternidad, Of=Oficina, Lab=Laboratorio, R=Reemplazos, Q=Quedadas, C=Cargadas)

Descripción del brote

El 10 de enero del 2018 se reportaron cuadros de diarrea y vómito en 4 hembras de las casetas 2, 3 y 4 de maternidades.

El 15 del mismo mes, se reportan 17 hembras de la gestación 1 con diarrea y en ese momento, se emiten 4 muestras de heces a laboratorio para diagnóstico por medio de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés: Polymerase Chain Reaction) para PEDv, TGEv y PDCoV las cuales resultan negativas a los dos primeros y positivas a PDCoV. Una semana después se reportan casos en las salas de maternidad afectando tanto a lechones como a hembras, surgiendo entonces los primeros casos con mortalidad.

El 22 de enero se decide implementar un tratamiento de exposición natural por retroalimentación (*feed back*), licuando heces de hembras que presentaban vómito y diarrea, contenido intestinal de lechones con cuadro clínico grave y leche en 10 L de agua. Se procedió a tratar a las hembras en las casetas donde se habían presentado los signos, administrando vía oral 20 ml al día durante 3 días consecutivos.

El 23 de enero se reportan otras 4 hembras en una sala diferente de gestación, por lo que entre el 23 y el 24 de enero se sacrifican 46 lechones con signología presente de los grupos 841 y 842 para dar tratamiento a las áreas de gestación, maternidades, reemplazos, crecimiento y sementales, además, se decide adelantar el destete del grupo 839.

El día 25 de enero se sacrifican 14 lechones del grupo 839 y 3 más del grupo 840 para el último día de tratamiento y al día siguiente 65 hembras en gestaciones 1 y 2 reaccionan al tratamiento presentando vómito y diarrea.

En total se trataron las 980 hembras en producción, 18 sementales y 276 reemplazos, al término del tratamiento se reportó que el 90% de la población presentó diarrea y vómito.

Análisis de la información

Se realizó la evaluación de las alteraciones en los parámetros productivos y de la economía de la granja partiendo de la información obtenida interrogando a los médicos veterinarios y zootecnistas encargados de la granja y presentes durante el brote de la enfermedad por PDCoV, además de la información recabada por medio de los registros de producción que la granja pudo proporcionar.

Se reordenó toda la información por grupos de animales que se trabajaron antes, durante y después del brote, obteniendo promedios de los parámetros productivos y de costos para facilitar el manejo de la información, en el caso de los grupos cuya información no se encontraba registrada y/o completa se eliminaron para evitar alteraciones en los valores finales.

El estudio se realizó obteniendo los registros de producción disponibles desde el año 2017 hasta los del 2018 de los tres sitios, con un enfoque principal en los cambios realizados en el manejo de los animales durante y después del brote.

Para obtener el efecto en los parámetros productivos, las variables del sitio 1 que se evaluaron en el área de maternidades fueron:

- Mortalidad en lechones.
- Mortalidad en hembras.
- Total de lechones nacidos.
- Total de lechones nacidos vivos.
- Total de lechones nacidos muertos.
- Total de lechones momificados.
- Cerdos destetados por hembra.
- Edad al destete en días.
- Peso al destete en kilogramos.
- Consumo de alimento por hembra en kilogramos.

Las variables del sitio 1 que se evaluaron en el área de servicios y gestación fueron:

- Mortalidad en hembras.
- Días de destete a primer servicio.
- Hembras anéstricas.
- Porcentaje de concepción.
- Porcentaje de abortos.

Para obtener el efecto en los parámetros productivos, las variables en el sitio 2 y 3 que se evaluaron fueron:

- Número de cerdos ingresados por grupo.
- Peso de los cerdos ingresados por grupo en kilogramos.
- Peso de los cerdos ingresados por animal en kilogramos.
- Edad en días de ingreso por grupo.
- Número de cerdos afectados por diarrea.
- Número de cerdos afectados por vómito.
- Porcentaje de mortalidad.
- Consumo diario de alimento por animal en kilogramos.
- Peso por animal a los 70 días en kilogramos.
- Peso por animal a la venta en kilogramos.
- Ganancia diaria de peso.
- Conversión alimenticia.

Para obtener el efecto económico general, los indicadores productivos que se tomaron en cuenta fueron:

- Los ingresos obtenidos por el total de animales vendidos.

Para calcular un aproximado de las pérdidas obtenidas por los animales muertos y los que sobrevivieron al brote y se recuperaron, se obtuvo el promedio de los kilogramos a la venta y el número de animales por clasificación de los grupos finalizados antes, durante y después del brote.

Se obtuvieron los promedios de los costos por alimento, tratamientos, uso de desinfectantes, diagnóstico, y en caso de haberse utilizado, suplementos.

Resultados

Los parámetros productivos analizados para estimar el efecto de la enfermedad por PDCoV en el área de maternidades se muestra en la **tabla 1**. Observando un aumento de 14.33% en la mortalidad de los lechones, hasta llegar a un 22.93% durante el brote de la enfermedad respecto al que se venía manejando los meses antes del brote (8.6%) y disminuyendo posteriormente un 12.82% para quedar en un 10.11% para el siguiente ciclo como el principal parámetro productivo afectado.

Tabla 1. Parámetros evaluados en maternidades del sitio 1 antes, durante y después del brote por PDCoV. (ND=No disponible)

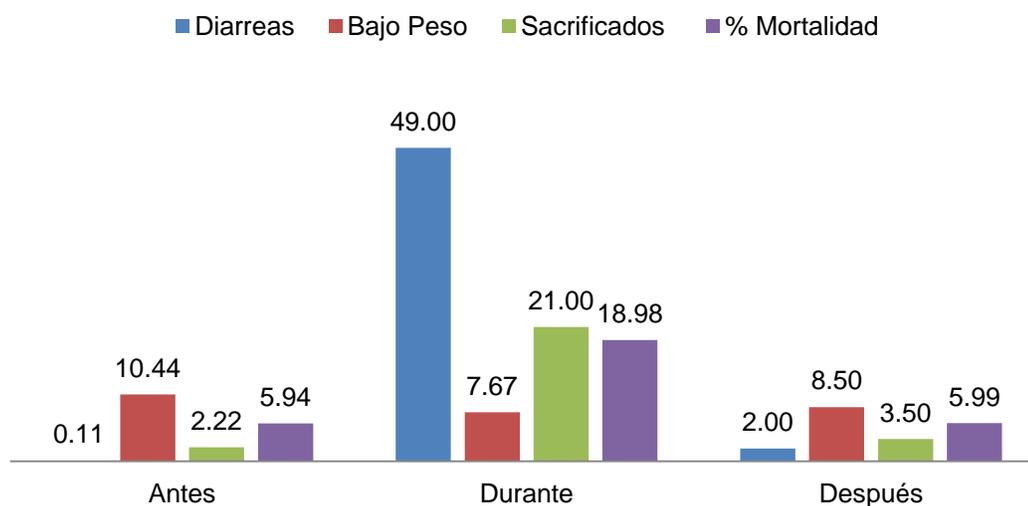
Parámetro evaluado	Antes del brote	Durante el brote	Después del brote
Mortalidad en lechones (%)	8.60	22.93	10.11
Mortalidad en hembras	ND	ND	ND
Lechones nacidos totales	490.96	513	499.5
Lechones nacidos totales por hembra	11.14	10.84	10.74
Lechones nacidos vivos	456.75	488.33	483
Lechones nacidos vivos por hembra	10.36	10.32	10.39
Lechones nacidos muertos	25.46	19.67	12

Lechones momificados	4.54	5	4.5
Cerdos destetados por hembra	8.86	7.96	9.33
Edad al destete (Días)	21	21	21
Peso al destete (Kg)	5.55	6.14	5.99
Consumo de alimento por hembra (Kg)	4.25	ND	ND

Se profundizó en la causalidad de las mortalidades de la misma manera que el resto de la información: antes, durante y después del brote por PDCoV, donde se observó un aumento del 13.04% en la mortalidad en los lechones durante la primera semana de lactación, aumentando significativamente la mortalidad por diarreas de un 0.02% antes del brote a un 10.03% durante el brote y manejando un 0.41% después del mismo y en el caso de los lechones sacrificados, en donde aumentó de un 0.47% antes del brote a un 4.3% durante el brote y manejando un 3.11% después del mismo, lo cual se muestra en la **gráfica 2** donde se observa el número de animales muertos por diarreas, bajo peso y sacrificados, además del porcentaje de mortalidad.

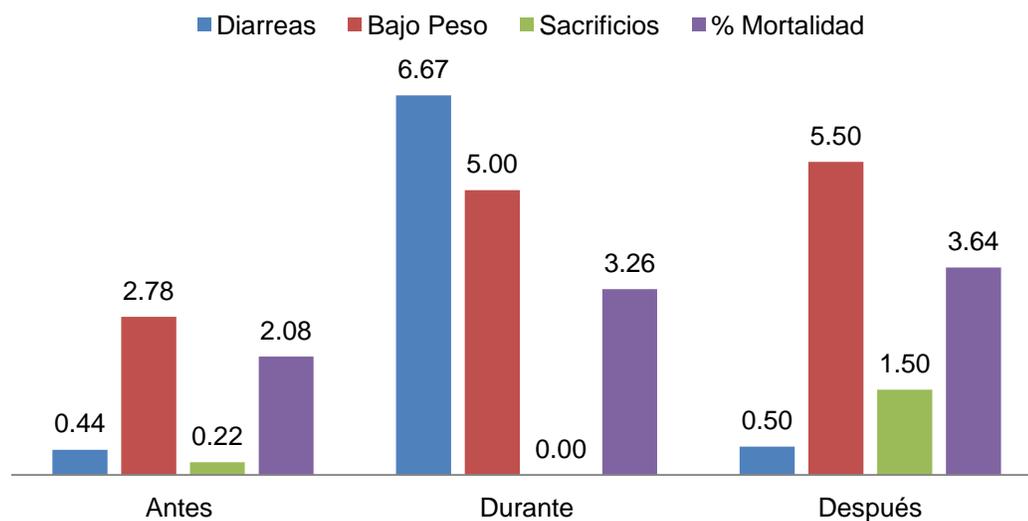
En la **gráfica 3** se observa el porcentaje de mortalidad en los lechones durante la segunda semana de lactación, donde se muestra un aumento del 1.57% durante el brote, y aumentando un 0.5% más después del mismo siendo la principal causa por diarreas. En el caso de la tercera semana de lactación, como se observa en la **gráfica 4**, se presentó un aumento del 0.57% en el porcentaje mortalidad de los animales durante el brote y volviendo a disminuir después del mismo, siendo la principal causa el bajo peso.

Causa de mortalidad en lechones durante la primera semana



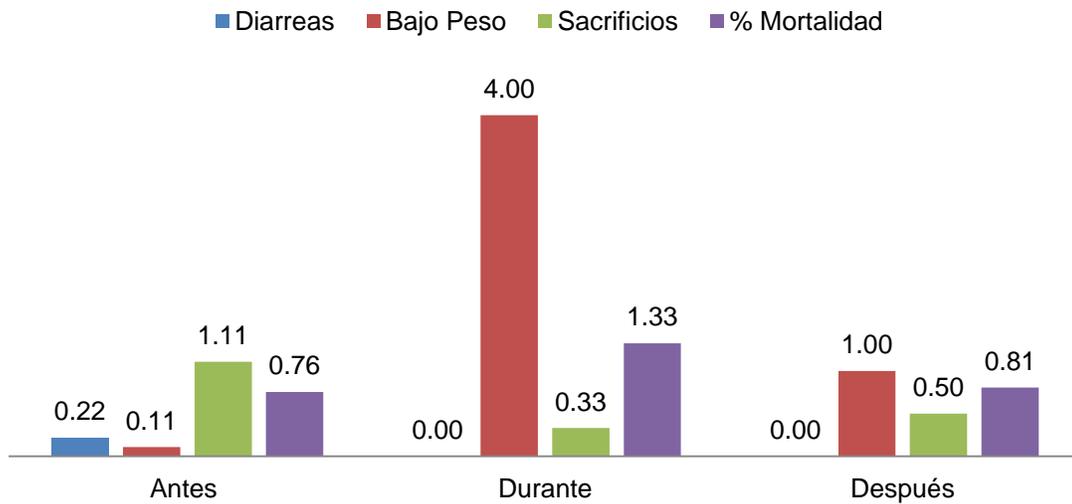
Gráfica 2. Causa de mortalidad en lechones durante la primer semana de lactación antes, durante y después del brote por *Deltacoronavirus porcino*.

Causa de mortalidad en lechones durante la segunda semana



Gráfica 3. Causa de mortalidad en lechones durante la segunda semana de lactación antes, durante y después del brote por *Deltacoronavirus porcino*.

Causa de mortalidad en lechones durante la tercera semana

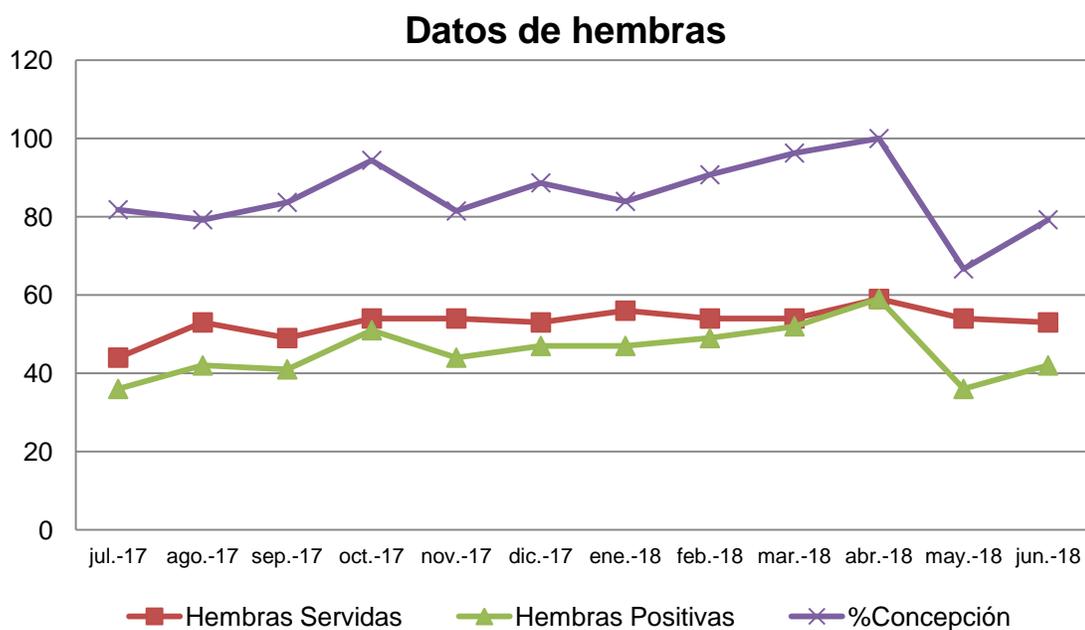


Gráfica 4. Causa de mortalidad en lechones durante la tercer semana de lactación antes, durante y después del brote por *Deltacoronavirus porcino*.

Los parámetros productivos analizados para estimar el efecto de la enfermedad por PDCoV en el área de gestación se muestra en la **tabla 2**. En donde con la información obtenida no se encontró alteración alguna. En cambio, en el análisis mensual que se muestra en la **grafica 4**, se puede observar una disminución del 17.5% en el porcentaje de concepción de las hembras en el mes de mayo del 2018 (69.49%), tres meses posteriores al brote por PDCoV, respecto al que se manejaba en el mes de abril del 2018 (86.99%).

Tabla 2. Parámetros evaluados en gestaciones del sitio 1 antes, durante y después del brote por *Deltacoronavirus porcino*. (ND=No disponible)

Parámetro evaluado	Antes del brote	Durante el brote	Después del brote
Mortalidad en hembras	ND	ND	ND
Días de destete a primer servicio	ND	ND	ND
Hembras anéstricas	ND	ND	ND
%Concepción	86.19	89.19	97.53
%Abortos	ND	ND	ND



Grafica 5. El porcentaje de concepción, número de hembras servidas y hembras positivas mensualmente durante el periodo comprendido entre julio de 2017 y junio de 2018 en el área de gestación.

Los parámetros productivos analizados para estimar el efecto de la enfermedad por PDCoV en las áreas de los sitios 2 y 3 se muestran en la **tabla 3**. Donde se observa una elevada mortalidad en general, además de un incremento de **0.33 kg** en el consumo diario de alimento por animal durante el brote y de **0.30 kg** después del mismo a comparación del manejo antes del brote, una disminución de **1.65 kg** en el peso a la venta durante el brote a comparación del manejo antes del brote y un aumento en la conversión alimenticia durante y después del brote de **0.15** y **0.28** respectivamente a comparación de la que se manejaba antes del mismo.

Tabla 3. Parámetros evaluados en las áreas del sitio 2 y 3 antes, durante y después del brote por *Deltacoronavirus porcino*. (ND=No disponible)

*Promedio general de todos los animales vendidos, sin clasificación alguna.

Parámetro evaluado	Antes del brote	Durante el brote	Después del brote
Cerdos ingresados/ grupo	414.5	395.8	408.61
Peso de cerdos ingresados/grupo (Kg)	11545	11032	11133.11
Peso de cerdos ingresados/ animal (Kg)	27.88	27.83	27.32
Edad de ingreso (días)	72.5	74	72.8
Cerdos afectados por diarrea	ND	ND	ND
Cerdos afectados por vómito	ND	ND	ND
%Mortalidad	6.33	5.54	6.10
Consumo de alimento/grupo (Kg)	77,810	75,905.2	81,201.1

Consumo diario de alimento/ animal (Kg)	1	1.33	1.30
Peso a los 70 días(Kg)	25.60	24.53	27.71
Peso a la venta (Kg)*	81	79.35	84.90
Días a Mercado	146	147	146
Ganancia Diaria de Peso (Kg)	0.366	0.350	0.396
Conversión Alimenticia	3.61	3.76	3.89

La evaluación del impacto económico en el sitio 1 se determinó realizando un análisis comparativo de las variaciones en los costos de los indicadores seleccionados. En la **tabla 4** se observa la totalidad de gastos que se realizaron antes, durante y después del brote, aumentando \$50,736.26 pesos durante los dos meses que duró el mismo, principalmente en gastos de tratamientos y desinfectantes, aumentando \$13,345.62 pesos y \$28,459.48 pesos respectivamente.

Las variables seleccionadas para estimar el efecto de la enfermedad por PDCoV en las áreas de los sitios 2 y 3 se muestra en la **tabla 5**. En donde se observa el ingreso por los animales vendidos al momento de la finalización en los periodos antes, durante y después del brote, disminuyendo **\$82,688.68 pesos** durante el periodo del brote y **\$42,981.37 pesos** en el periodo después del brote, a comparación del ingreso promedio manejado durante el periodo antes del brote por PDCoV.

Tabla 4. Costos variables generales evaluados antes, durante y después del brote por *Deltacoronavirus porcino*. (ND=No disponible)

Costos variables evaluados	Antes del brote	Durante el brote	Después del brote
Tratamientos	\$5,789.96	\$19,135.58	\$5,789.96
Diagnóstico	\$0.00	\$3,450.00	\$0.00
Desinfectantes	\$10,299.86	\$38,759.34	\$10,299.86
Suplementos	\$11,856.83	\$17,628.00	\$11,876.00
Alimento S1	ND	ND	ND
Alimento S2 y S3	\$12,214.20	\$11,924.19	\$12,620.52
Total	\$40,160.85	\$90,897.11	\$40,586.34

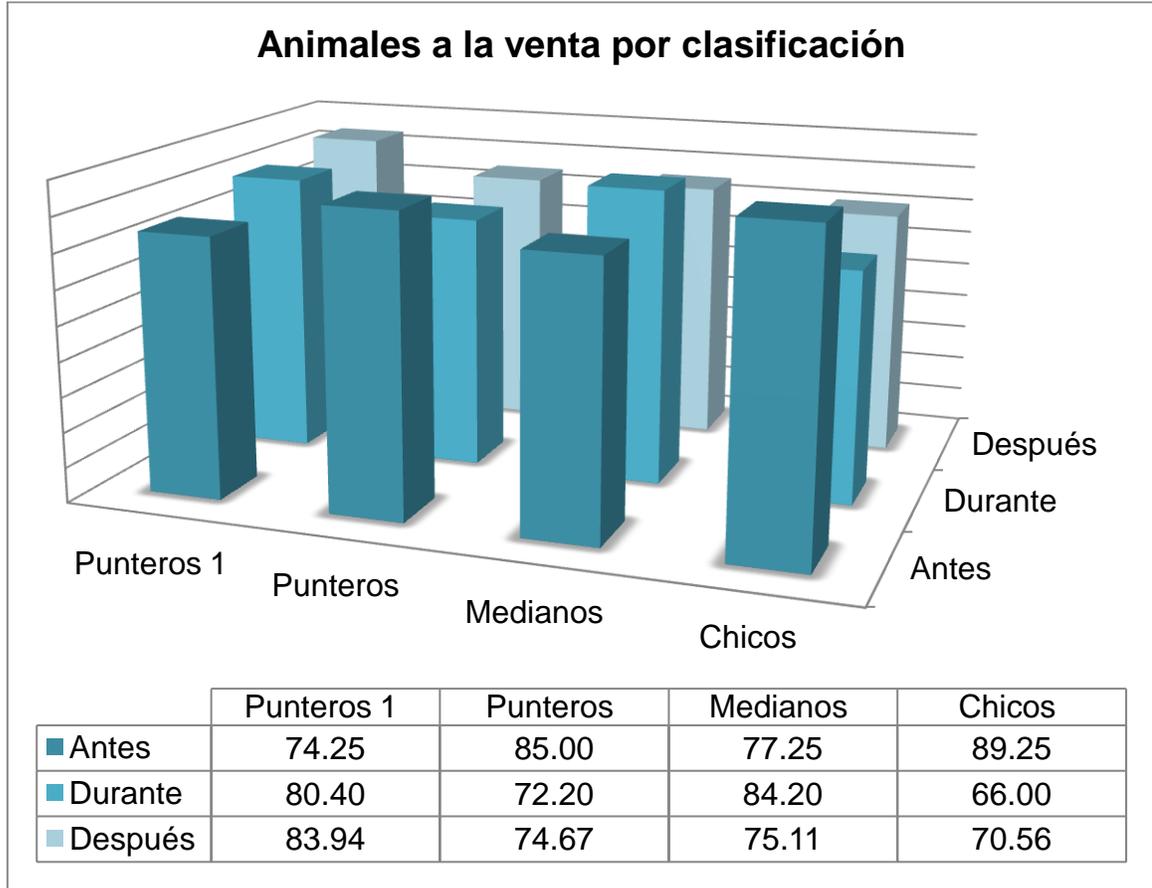
Tabla 5. Ingreso promedio por animales vendidos a finalización en los periodos antes, durante y después del brote.

Costos variables evaluados	Antes del brote	Durante el brote	Después del brote
Ingr/Anim Vend S3	\$968,561.38	\$885,872.70	\$925,580.01

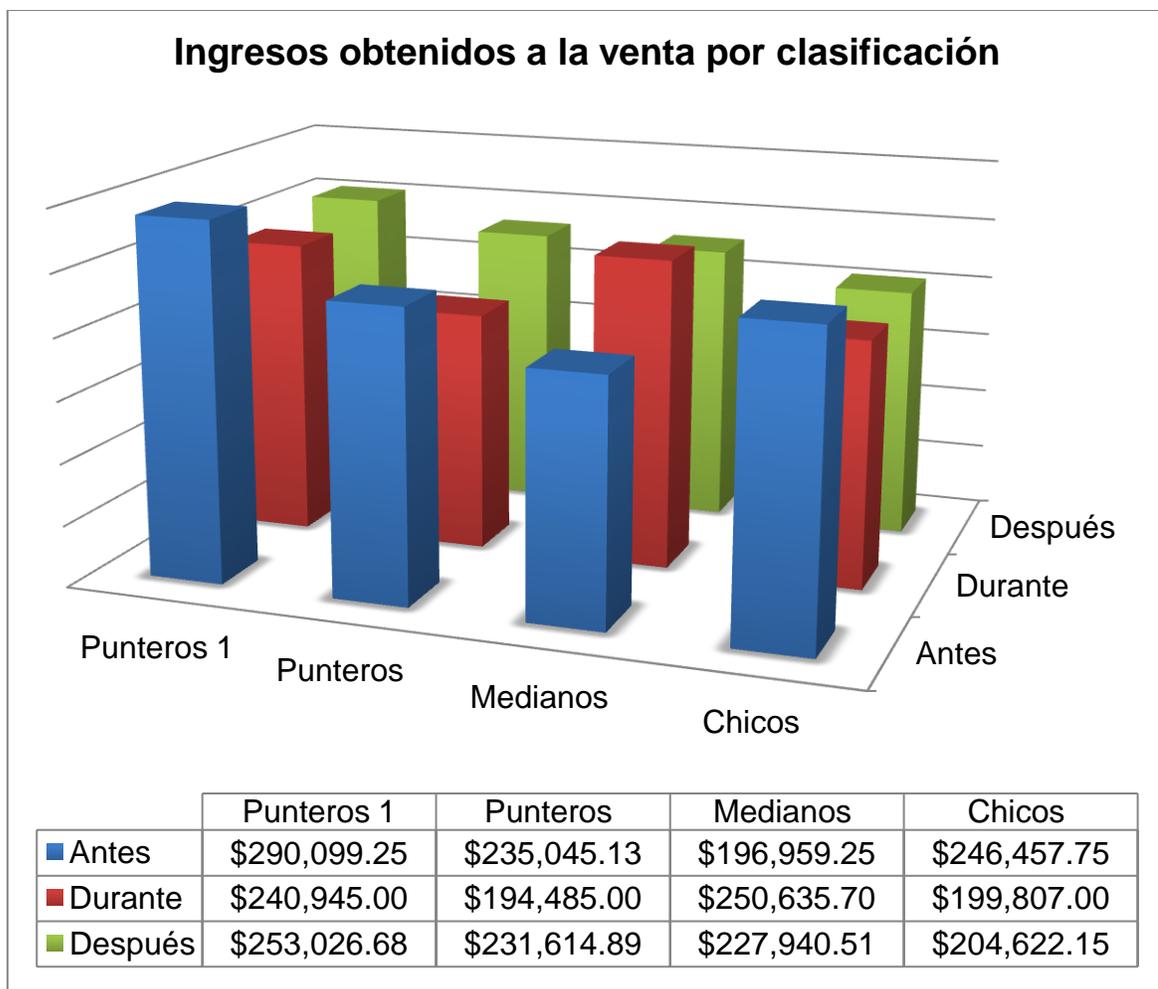
En las **gráficas 6 y 7** se observa que del total de los animales vendidos a finalización en el sitio 3 hubo un aumento del 4% en el número de animales vendidos clasificados como medianos durante el brote a comparación de los vendidos en el periodo antes del brote por PDCoV, aunque con el menor peso promedio (82.3 Kg/Animal), aportando un ingreso promedio a la venta de hasta **\$250,635.70**.

El mayor número de animales vendidos antes del brote se encuentran en la clasificación de chicos aunque los que más ingresos aportaron durante el mismo periodo son los de la clasificación punteros 1, aportando estos un ingreso promedio a la venta de hasta **\$290,099.25**.

En el periodo después del brote, los animales que más se vendieron y más ingresos aportaron fueron de nuevo los clasificados como punteros 1, aportando estos un ingreso promedio a la venta de **\$253,026.68**.



Gráfica 6. Número de animales a la venta en el sitio 3 por cada una de las clasificaciones de los animales por peso en: chicos, medianos, punteros y punteros 1, en los periodos antes, durante y después del brote.



Gráfica 7. Ingresos obtenidos por la venta de animales a finalización de acuerdo a su clasificación por peso en: chicos, medianos, punteros y punteros 1, en los periodos antes, durante y después del brote.

Discusión

Investigaciones recientes sugieren que las infecciones por PDCoV en el país probablemente no se han abordado adecuadamente debido a la alta prevalencia de PEDv desde 2013, y debido a su capacidad de coinfección entre estos dos virus (>50%) se cree que la presencia de PDCoV en México se ha visto enmascarada (Pérez-Rivera *et.al.*, 2019). En países como Estados Unidos desde el 2013-2014 el PEDv y PDCoV han generado una importante cantidad de muertes en cerdos y un importante impacto económico (Jung *et. al.*, 2016; Zhang, 2016) en cambio en México, no hay estudios presentes del impacto económico y productivo producidos por PDCoV.

La estimación del impacto económico y productivo por el brote de PDCoV de esta producción se realizó por medio de un análisis retrospectivo y comparativo enfocado en los promedios de las variables seleccionadas de los sitios 1, 2 y 3. Se comparó la productividad y el efecto económico observado en cada uno de los sitios entre los periodos comprendidos antes del brote, durante el brote y después del mismo. Los resultados mostraron que, como se esperaba, de las variables establecidas los parámetros productivos más afectados se encontraron en el S1 y S3.

El impacto primario de la enfermedad producida en cerdos por el PDCoV en los parámetros productivos se refleja en un aumento de **14.33%** en la mortalidad de los lechones en lactancia durante el brote de la enfermedad (23%) respecto al que se venía manejando los meses antes del brote (8.6%), lo cual concuerda con lo reportado en la literatura ya que la enfermedad producida por PDCoV se encuentra caracterizada por un aumento en la mortalidad entre los cerdos jóvenes

(Janetanakit, *et. al.*, 2015; Jung *et. al.*, 2015). Profundizando en la causa del aumento de las mortalidades, los resultados mostraron que la edad más afectada fue durante la primera semana de lactación (Zhang *et. al.* 2016; Ma *et.al.*, 2015), en donde la mortalidad por diarrea aumentó en un **10%** y en lechones sacrificados un **4%** en el periodo durante el brote; se estima que de los grupos afectados hubo aproximadamente 167 bajas por diarreas en los lechones lactantes y 73 lechones sacrificados para su uso en el *feed back*, en ambos casos de diferente grupo.

En el caso del área de gestación, y debido a la falta de información, únicamente se observó una alteración en el en el porcentaje de concepción de las hembras en el análisis mensual durante el periodo comprendido entre julio de 2017 y junio de 2018, en donde se observó una disminución del **17.5%**, disminuyendo de 86.99% en el mes de abril de 2018 a 69.49% para el mes de mayo del mismo año, tres meses después del brote por PDCoV. El efecto de las enfermedades entéricas por coronavirus sobre las hembras en el área de gestación depende del agente etiológico, incluso se ha registrado que puede provocar abortos en hembras gestantes y las hembras infectadas en los primeros días de gestación pueden sufrir una disminución en la tasa de partos y en el número de nacidos vivos, siendo más común en las cerdas primerizas (Piñeros, *et. al.*, 2015); en Tailandia, los casos estudiados describen que aunque los signos clínicos son detectados en menor medida en cerdos adultos se encuentra una pérdida de apetito y agalactia en los cerdos en crecimiento y gestación (Janetanakit, *et. al.*, 2015).

En los Sitios 2 y 3 (inicio, crecimiento, desarrollo y finalización) se observó un incremento de **0.33 kg** en el consumo diario de alimento por animal durante el brote y de **0.30 kg** después del mismo a comparación del manejado antes del brote además de una disminución de **1.65 kg** en el peso a la venta durante el brote y un aumento en la conversión alimenticia durante y después del brote de **0.15** y **0.28** respectivamente a comparación de la que se manejaba antes del mismo, lo cual es factible considerando que la enfermedad entérica provocada por PDCoV provoca la pérdida de enzimas digestivas (Piñeyro, 2016) y una mal

absorción de nutrientes por atrofia de las vellosidades intestinales en ausencia de otros patógenos (Cheng *et. al.*, 2015; Jung *et. al.*, 2015). La ganancia diaria de peso disminuyó a **0.016 kg**, de lo cual se tiene el antecedente del estudio realizado por Chen *et. al.* (2015) en donde se demostró una disminución del parámetro en cerdos inoculados con PDCoV, sin ser estadísticamente significativa.

Los costos directos del brote se ven reflejados en el presupuesto parcial que se obtuvo por clasificación seleccionada, este método se ha utilizado anteriormente para obtener las pérdidas económicas en el caso de otras enfermedades como DEP (Weng *et. al.*, 2016) y Fiebre Porcina Clásica (Meuwissen, *et. al.*, 1999).

Se observó que durante el periodo que duró el brote, aumentaron los gastos **\$50,736.26 pesos**, principalmente en tratamientos y desinfectantes, aumentando **\$13,345.62 pesos** y **\$28,459.48 pesos** respectivamente, siendo el gasto mayor en la adquisición de los desinfectantes, coincidiendo con la información obtenida del médico de la granja, quien nos indicó que todas las salas de la granja fueron lavadas, secadas y encaladas, que los drenajes fueron desinfectados por inundación utilizando creolina y la línea de agua con Iodo. Hasta la fecha se desinfecta por aspersion 2 veces al día con glutaraldehidos y cuaternarios de amonio además de usar agentes oxidantes. (Niederwerder, *et. al.*, 2018)

Los resultados obtenidos del análisis de los ingresos obtenidos en los sitios 2 y 3 al momento de la venta de animales a finalización en los periodos antes, durante y después de brote por PDCoV, muestran una disminución de **\$82,688.68 pesos** en los ingresos obtenidos de la venta de animales durante el periodo del brote y de **\$42,981.37 pesos** en el periodo después del mismo, en comparación del ingreso promedio manejado durante el periodo antes del brote por PDCoV.

En total, sacando la diferencia entre los ingresos obtenidos por la venta de animales finalizados y los gastos realizados durante el brote de las variables seleccionadas, se obtienen ingresos de **\$794,975.59 pesos** en este periodo, 14%

menos de los obtenidos antes del brote, que se calcularon en **\$928,400.53 pesos** y en el periodo después del brote se obtuvieron ingresos de **\$884,993.67 pesos**, 5% menos de los obtenidos antes del mismo, por lo que se comprueba que los ingresos se ven disminuidos debido al impacto de la enfermedad y se correlaciona con lo reportado en este tipo de enfermedades digestivas como PED, en donde dado que ambas son enfermedades que afectan las mortalidades de los cerdos en sus primeras semanas de vida (Ma *et.al.*, 2015; Zhang *et. al.* 2016; Niederwerder, *et. al.*, 2018) el impacto primario en la productividad se refleja en la cantidad de animales vendidos por grupo o camada (Schulz *et. al.*, 2015), según sea el caso.

Respecto a los resultados del número de animales a la venta por clasificación es importante mencionar que antes del brote la mayoría de los animales vendidos se encontraban dentro de la clasificación “chicos” aunque se obtenía el mayor ingreso por los animales clasificados como “punteros 1”; durante el brote los que se vendieron en su mayoría y aportaron el mayor ingreso fueron los clasificados como “medianos” y respecto al periodo después del brote, los animales que en su mayoría se vendieron y aportaron el mayor ingreso fueron los clasificados como “punteros1”. En el caso de PEDV los cerdos en estas etapas que se ven afectados generalmente sobreviven después de dejar de comer, lo que significa un retraso en la comercialización, aunque es necesario remarcar que los aspectos patogénicos de PDCoV son distintos a los de PEDV (Jung *et. al.*, 2016); estas variaciones mencionadas en el número de animales vendidos por clasificación son propias del manejo de esta producción en particular ya que como lo menciona Schulz *et. al.* (2015) cualquier estimación del impacto de estas enfermedades es inherentemente incierto dado el amplio rango de severidad y duración de la enfermedad después de un brote y cualquier posible confusión de los efectos con otras variables como los son los pesos de los cerdos, entre otros factores. Dicho esto, los datos disponibles se pueden usar para formular una estimación del impacto en el suministro de carne de cerdo. (Schulz *et. al.*, 2015)

Conclusiones

Este estudio demuestra que la enfermedad provocada por PDCoV afecta productivamente a los cerdos mayormente en sus primeras semanas de vida, aumentando las mortalidades hasta un 23% siendo la causa principal la diarrea.

Respecto a la disminución del 17.5 % en el porcentaje de concepción en el área de gestación, es importante analizar la información completa del área para poder asegurar que esté relacionada con el brote de PDCoV.

En los sitios 2 y 3 se vieron afectados el peso a la venta y la conversión alimenticia, disminuyendo el primero después del brote hasta 0.56 kg y aumentando la conversión alimenticia hasta 0.28 durante el brote y 0.15 después del mismo.

Los gastos de la granja aumentaron \$50,736.26 pesos durante el brote, principalmente en tratamientos y desinfectantes, los cuales aumentaron aproximadamente al triple.

Los ingresos obtenidos por la venta de animales a finalización se vieron disminuidos en un 8% durante el brote a comparación de los manejados antes del mismo. Analizando la diferencia entre los ingresos obtenidos y los gastos realizados durante el brote de las variables seleccionadas, se obtiene el 14% menos de ingresos que los obtenidos antes del brote y en el periodo después del brote del 5% menos de los obtenidos antes del mismo.

En conclusión, el impacto económico de un brote de una enfermedad tanto conocida como nueva en una granja va a depender de varios factores, como lo son: la cantidad de animales afectados, la edad de los mismos, la gravedad del

cuadro clínico que presentan, el o los agentes etiológicos involucrados, las decisiones que se tomen para el control de la enfermedad y las inversiones que se estén dispuestas a realizar con la finalidad de evitar el ingreso de una nueva enfermedad a la producción. Para su estimación es necesario contar con buenos registros de producción que nos proporcionen la información necesaria para analizar el costo-beneficio de cada una de las producciones, ya que debe considerarse cada una de ellas como un caso particular.

Referencias

1. Alarcon, P., Rushton, J., Nathues, H., Wieland, B., (2013^a). Economic efficiency analysis of different strategies to control post-weaning multi-systemic wasting syndrome and porcine circovirus type 2 subclinical infection in 3-weekly batch system farms. *Preventive Veterinary Medicine*. 110, 103-118. doi:10.1016/j.prevetmed.2012.12.006.
2. Alarcon, P., Rushton, J., Wieland, B., (2013^b). Cost of post-weaning multi-systemic wasting syndrome and porcine circovirus type-2 subclinical infection in England- An economic disease model. *Preventive Veterinary Medicine*. 110, 88-102. doi: 10.1016/j.prevetmed.2013.02.010.
3. Bennett, R., Christiansen, K., Clifton-Hadley, R., 1999. Preliminary estimates of the direct costs associated with endemic diseases of livestock in Great Britain. *Preventive Veterinary Medicine*. 39, 155–171. doi:10.1016/S0167-5877(99)00003-3
4. Carvajal, A., Argüello, H., Martínez-Lobo, F. J., Costillas, S., Miranda, R., G. de Nova, P. J., & Rubio, P. (2015). Porcine epidemic diarrhoea: new insights into an old disease. *Porcine Health Management*, 1(1). doi:10.1186/s40813-015-0007-9
5. Chang, C., Peng, J., Cheng, Y. *et al.* Development and comparison of enzyme-linked immunosorbent assays based on recombinant trimeric full-length and truncated spike proteins for detecting antibodies against porcine epidemic diarrhea virus. *BMC Vet Res* **15**, 421 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12917-019-2171-7>
6. Chen, Q., Gauger, P., Stafne, M., Thomas, J., Arruda, P., Burrough, E., and Welch, M. (2015). Pathogenicity and pathogenesis of a United States porcine

deltacoronavirus cell culture isolate in 5-day-old neonatal piglets. *Virology*, 482, 51-59.

7. Chung, H. C., Nguyen, V. G., Oh, W. T., My Le, H. T., Moon, H. J., Lee, J. H., Kim, H. K., Park, S. J., Park, B. K. (2017). Complete Genome Sequences of Porcine Deltacoronavirus Strains DH1/2016 and DH2/2016 Isolated in South Korea. *Genome announcements*, 5(18),e01706-16.

8. González Solórzano Karla L., Cruz Bolaños Bernardo D., Carreón Nápoles Rosalba. (2018). Importancia de la bioseguridad en las granjas porcinas con presencia de Deltacoronavirus porcino. *Los porcicultores y su entorno*. Año 21 No.125

9. Janetanakit, T., Lumyai, M., Bunpapong, N., Boonyapisitsopa, S., Chaiyawong, S., Nonthabenjawan, N., Kesdaengsakonwut, S., Amonsin, A. (2016). Porcine Deltacoronavirus, Thailand, 2015. *Emerging infectious diseases*, 22(4), 757-9.

10. Jung K, Hu H, Eyerly B, Lu Z, Chepngeno J, Saif LJ. (2015) Pathogenicity of 2 porcine *Deltacoronavirus* strains in gnotobiotic pigs. *Emerg Infect Dis*. 2015;21:650–4.

11. Jung, K., Hu, H., & Saif, L. J. (2016). Porcine deltacoronavirus induces apoptosis in swine testicular and LLC porcine kidney cell lines in vitro but not in infected intestinal enterocytes in vivo. *Veterinary microbiology*, 182, 57-63.

12. Jung, Kwonil, Hu, Hui, Saif, Linda J., (2016). Porcine deltacoronavirus infection: Etiology, cell culture for virus isolation and propagation, molecular epidemiology and pathogenesis. *Virus Research*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.virusres.2016.04.009>

13. Koonpaew S, Teeravechyan S, Frantz PN, Chailangkarn T and Jongkaewwattana A (2019) PEDV and PDCoV Pathogenesis: The Interplay Between Host Innate Immune Responses and Porcine Enteric Coronaviruses. *Front. Vet. Sci*. 6:34. doi: 10.3389/fvets.2019.00034

14. Ma Y, Zhang Y, Liang X, Lou F, Oglesbee M, Krakowka S, Li J. (2015). Origin, evolution, and virulence of porcine deltacoronaviruses in the United States. *mBio* 6(2): e00064-15. doi:10.1128/mBio.00064-15.
15. Marthaler, D.,L. Raymond, Y. Jiang, J.Collins, K. Rossow, and A. Rovira, 2014: Rapid detection, complete genome sequencing, and phylogenetic analysis of porcine Deltacoronavirus. *Emer. Infect. Dis.* 20, 1347-1349.
16. McCluskey, B.J., et al., Retrospective testing and case series study of porcine delta coronavirus in U.S. swine herds. PREVET (2015).
17. McInerney, J. P., Howe, K. S., & Schepers, J. A. (1992). A framework for the economic analysis of disease in farm livestock. *Preventive Veterinary Medicine*, 13(2), 137–154. doi:10.1016/0167-5877(92)90098-z.
18. Meuwissen MP, Horst SH, Huirne RB, Dijkhuizen AA. A model to estimate the financial consequences of classical swine fever outbreaks: principles and outcomes. *Preventive Veterinary Medicine*, 1999;42(3-4):249-270. doi:10.1016/s0167-5877(99)00079-3
19. Niederwerder MC, Hesse RA. Swine enteric coronavirus disease: A review of 4 years with porcine epidemic diarrhoea virus and porcine deltacoronavirus in the United States and Canada. *Transbound Emerg Dis.* 2018;65:660–675. <https://doi.org/10.1111/tbed.12823>
20. Schulz, L. L., & Tonsor, G. T. (2015). Assessment of the economic impacts of porcine epidemic diarrhea virus in the United States. *Journal of animal science*, 93(11), 5111–5118. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9136>
21. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2016. Acuerdo mediante el cual se dan a conocer en los Estados Unidos Mexicanos las enfermedades y plagas exóticas y endémicas de

notificación obligatoria de los animales terrestres y acuáticos. Diario oficial de la federación.

22. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SAGARPA-SIAP) 2018. Atlas Agroalimentario 2012-2018.

23. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SAGARPA-SIAP) 2018. Boletín mensual de avance de la producción de carne en canal de porcino.

24. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SAGARPA-SIAP) 2018. Boletín de Leche Abril-Junio de 2018.

25. Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SERDATU) 2014-2018. Programa regional de Desarrollo del Sur-Sureste.

26. Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) 2014, Costa Rica. Protocolo de vigilancia epidemiológica DEP. Archivo110814023757. www.senasa.go.cr/senasa/sitio/files/110814023757.doc

27. OIE, Base de datos del Sistema mundial de información zoonosaria (WAHIS Interface). Reporte de notificación inmediata e informe de seguimiento del virus de la Diarrea Epidémica Porcina en México. 2014-2016.

28. Piñeiro, Carlos. Datos recientes del coste de la enfermedad entérica en lechones. (2016)

29. Piñeros R, Mogollón Galvis JD. Coronavirus en porcinos: importancia y presentación del virus de la diarrea epidémica porcina (PEDV) en Colombia. Rev Med Vet. 2015;(29):73-89.

30. Piñeyro, Pablo. Nuevos y viejos coronavirus: Sus manifestaciones clínicas y patológicas. Memorias del XIII Congreso Nacional de Producción Porcina. La XIX

Jornadas de Actualización Porcina. El VIII Congreso de Producción Porcina del Mercosur. 1a ed. UniRío Editora (2016), ISBN 978-987-688-177-7.

31. Perez-Rivera C, Ramirez-Mendoza H, Mendoza-Elvira S, Segura-Velázquez R, Sanchez-Betancourt JI. First report and phylogenetic analysis of porcine deltacoronavirus in Mexico. *Transbound Emerg Dis.* 2019;66:1436–1441.

32. Rougour C, Dijkhuizen T, Huirne R, Marshb W. Impact of the different approaches to calculate the economics of disease in pig farming. *Preventive Veterinary Medicine* 26 (1996) 315-328.

33. Thachil, A., Gerber, P. F., Xiao, C. T., Huang, Y. W., & Opriessnig, T. (2015). Development and application of an ELISA for the detection of porcine deltacoronavirus IgG antibodies. *PloS one*, 10(4), e0124363.

34. Wang, L., Byrum, B., & Zhang, Y. (2014). Detection and Genetic Characterization of Deltacoronavirus in Pigs, Ohio, USA, 2014. *Emerging Infectious Diseases*, 20(7), 1227–1230.

35. Wang, B., Liu, Y., Ji, C., Yang, Y., Liang, Q., Zhao, P., Xu, L., Lei, X., Luo, W., Qin, P., Zhou, J., & Huang, Y. (2018). Porcine Deltacoronavirus Engages the Transmissible Gastroenteritis Virus Functional Receptor Porcine Aminopeptidase N for Infectious Cellular Entry. *Journal of virology*, 92 12.

36. Weng, Longfeng, Weersink, Alfons, Poljak, Zvonimir, de Lange, Kees, von Massow, Mike. (2016). An Economic Evaluation of Intervention Strategies for Porcine Epidemic Diarrhea (PED). *Preventive Veterinary Medicine*. <http://dx.doi.org/10.16/j.prevetmed.2016.09.018>

37. Woo, P. C., Lau, S. K., Lam, C. S., Lai, K. K., Huang, Y., Lee, P., Luk, G. S., Dyrting, K. C., Chan, K. H., & Yuen, K. Y. (2009). Comparative analysis of complete genome sequences of three avian coronaviruses reveals a novel group 3c coronavirus. *Journal of virology*, 83(2), 908–917.

38. Zhai, S. L., Wei, W. K., Li, X. P., Wen, X. H., Zhou, X., Zhang, H., & Wang, D. (2016). Occurrence and sequence analysis of porcine deltacoronaviruses in southern China. *Virology journal*, 13(1), 136.
39. Zhang, J. (2016). Porcine deltacoronavirus: overview of infection dynamics, diagnostic methods, prevalence and genetic evolution. *Virus research*, 226, 71-84.
40. Zhang, Q., & Yoo, D. (2016). Immune evasion of porcine enteric coronaviruses and viral modulation of antiviral innate signaling. *Virus Research*, 226, 128-141. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2016.05.015>
41. Zhang, F., Ye, Y., Song, D., Guo, N., Peng, Q., Li, A., Tang, Y. (2017). A simple and rapid identification method for newly emerged porcine Deltacoronavirus with loop-mediated isothermal amplification. *Biological Research*, 50(1), 30.

Lista de gráficas

- Gráfica 5.** Tasa de variación interanual en el 2018, respecto al 2017 en la región Sureste. (SAGARPA-SIAP, 2018).....pág. 3
- Gráfica 6.** Causa de mortalidad en lechones durante la primer semana de lactación antes, durante y después del brote por *Deltacoronavirus porcino*.....pág. 23
- Gráfica 7.** Causa de mortalidad en lechones durante la segunda semana de lactación antes, durante y después del brote por *Deltacoronavirus porcino*.....pág. 23
- Gráfica 8.** Causa de mortalidad en lechones durante la tercer semana de lactación antes, durante y después del brote por *Deltacoronavirus porcino*.....pág. 24
- Gráfica 5.** El porcentaje de fertilidad, número de hembras servidas y hembras positivas mensualmente durante el periodo comprendido entre julio de 2017 y junio de 2018 en el área de gestación.....pág. 25
- Gráfica 6.** Número de animales a la venta en el sitio 3 por cada una de las clasificaciones de los animales por peso en: chicos, medianos, punteros y punteros 1 en los periodos antes, durante y después del brote.....pág. 30
- Gráfica 7.** Ingresos obtenidos por la venta de animales a finalización de acuerdo a su clasificación por peso en: chicos, medianos, punteros y punteros 1 en los periodos antes, durante y después del brote.....pág. 31

Lista de tablas

- Tabla 2.** Parámetros evaluados en maternidades del sitio 1 antes, durante y después del brote por *Deltacoronavirus porcino*.....pág. 21-22
- Tabla 2.** Parámetros evaluados en gestaciones del sitio 1 antes, durante y después del brote por *Deltacoronavirus porcino*.....pág. 25
- Tabla 3.** Parámetros evaluados en las áreas del sitio 2 y 3 antes, durante y después del brote por *Deltacoronavirus porcino*pág. 26-27
- Tabla 4.** Costos variables generales evaluados antes, durante y después del brote por *Deltacoronavirus porcino*.....pág. 28
- Tabla 5.** Ingreso promedio por animales vendidos a finalización en los periodos antes, durante y después del brote.....pág. 28

Lista de figuras

Figura 2. Mapa del sitio 1, lugar donde comenzó el brote. (M=Maternidad, Of=Oficina, Lab=Laboratorio, R=Reemplazos, Q=Quedadas, C=Cargadas).....pág. 17

Anexo

Procedimiento de limpieza y desinfección implementado después de la confirmación del brote en cada una de las casetas del Sitio 1:

1. Desarmar y retirar pisos.
2. Vaciar charolas.
3. Remojar sala y cortinas.
4. Aplicar detergente (esperar 30 min).
5. Retirar residuos con agua limpia.
6. Lavar pisos, comederos, cajones/lechoneras y lámparas.
7. Una vez lavada la sala y equipos se arman las camas.
8. Se desinfecta en seco.
9. Revisar conexiones, apagadores, focos y equipo en general.
10. Calificar la sala por personal autorizado (MVZ).