

Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio en Ciencias Agropecuarias
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

“PREVALENCIA DE Salmonella spp. Y SU ASOCIACIÓN AL ESTADO DE BIENESTAR DEL CERDO, EN GRANJAS UBICADAS EN LA ZONA CENTRO DE SINALOA”

Que para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA:

MVZ Diana Zuleika Velázquez Valdez

DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Gabriela Silva Hidalgo

CO-DIRECTOR DE TESIS:

M.C. Martín López Valenzuela

Culiacán, Sinaloa, México; Diciembre de 2019

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **DIANA ZULEIKA VELÁZQUEZ VALDEZ**,
BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA
SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

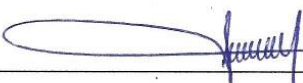
CONSEJO PARTICULAR

DIRECTORA



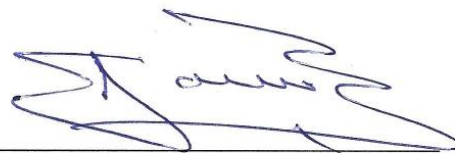
DRA. GABRIELA SILVA HIDALGO

CO-DIRECTOR



MC. MARTÍN LÓPEZ VALENZUELA

ASESOR




DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO

ASESOR



DR. HORACIO DÁVILA RAMOS

ASESORA



DRA. NORA MARÍA CÁRCAMO ARÉCHIGA

CULIACÁN, SINALOA, NOVIEMBRE DE 2019

Agradecimientos

A mis padres y hermanas, por soportar en su momento mis altas y bajas, sin ustedes y su apoyo este logro no habría sido posible.

A Daniel, por tus regaños, correcciones, enseñanzas, más regaños, apoyo, palabras de consuelo, más regaños aún, risas, consejos, desvelos, llamadas muy tarde, corajes, peleas, esas noches súper mega ultra intensas y no tan intensas de trabajo que pasamos juntos, pero sobre todo los regaños, me ayudaron a ser mejor persona, a crecer, avanzar y mejorar, sin embargo aún hay mucho que trabajar. Gracias por todo tu tiempo invertido en mí, por tu dedicación, ayuda, experiencia y sabiduría, te quiero mucho.

A mis CEED, por su gran apoyo incondicional, en las buenas, malas y peores, por escucharme cuando sentía que ya no podía, su consuelo y apoyo siempre me hizo tomar fuerzas y seguir. Son una parte muy importante en mi vida y en esto no sería la excepción, las adoro. Llorería mil gracias por todo, por siempre escucharme, y estar para mí.

A los encargados de las dos granjas que estudié, al MC. Héctor Raúl Güemez Gaxiola y al Dr. Juan Manuel Romo, que me abrieron las puertas de las granjas para hacer posible este estudio.

A mi comité, y profesores que me apoyaron a lo largo de estos años.

A los profesores del Laboratorio de Patología, Margarita, Rebeca, Garfio, por su apoyo y palabras de aliento, a Diana Zazueta, Levi, Alonso y Ulises y los que me apoyaron en los viajes a las granjas.

Al club Mickey, gracias por todo lo que pasamos juntas en este posgrado, las quiero mucho.

A la Dra. Spilsbury, por su orientación en el tema de bienestar animal en cerdos.

Al Dr. Vianney y todos los integrantes de su Laboratorio en Biomedicina, por recibirme tan amablemente para realizar la estancia en el CINVESTAV, fue un verdadero honor.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Principales causas de muerte prematura en el mundo	3
2.2 Panorama mundial de trastornos diarreicos.....	3
2.3 <i>Salmonella</i> , un problema de impacto global, nacional y estatal.....	5
2.4 Salmonelosis, enfermedad transmitida por los alimentos	9
2.5 Invasión, patogenicidad e infección de <i>Salmonella</i> en cerdos	11
2.6 Producción y bienestar animal.....	13
2.6.1 Bienestar animal (BA)	13
2.6.2 Indicadores de bienestar animal	13
2.6.3 Evaluación de indicadores de alojamiento	14
2.7 Efecto del estrés en la infección por <i>Salmonella</i>	17
III. HIPÓTESIS	20
IV. OBJETIVO GENERAL	20
4.1 Objetivos específicos:.....	20
V. MATERIAL Y MÉTODOS	20
5.1 Lugar de estudio	20
5.2 Tipo de estudio.....	21
5.3 Tamaño de la muestra.....	21
5.4 Toma de muestras	21
5.5 Manejo de las muestras	21
5.6 Aislamiento bacteriano	21
5.6.1 Enriquecimiento selectivo	21
5.6.2 Aislamiento selectivo	22
5.6.3 Extracción de ADN bacteriano	22
5.6.4 Amplificación del gen <i>invA</i> mediante PCR	22
5.7 Protocolo de bienestar animal	23
5.8 Análisis estadístico	24
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
6.1 Aislamiento bacteriano y amplificación del gen <i>invA</i>	26

6.2 Evaluación de bienestar animal.....	30
6.2.1 Evaluación de comportamiento	32
6.2.2 Evaluación de ambiente	34
6.2.3 Evaluación de salud	36
6.3 Análisis de riesgo de pérdida de bienestar en las granjas porcinas	38
6.4 Asociación entre la prevalencia de <i>Salmonella</i> spp. y el estado de bienestar de los cerdos.....	39
VII. CONCLUSIÓN	47
LITERATURA CITADA	48

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Número de muestras recolectadas por granja para cada etapa/procedencia	26
2	Número y porcentaje de resultados positivos obtenidos para cada granja de acuerdo con el tipo de técnica utilizada para el diagnóstico	27

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Contribución estatal a la incidencia nacional de enfermedades infecciosas intestinales (EII) durante el periodo de 2003-2012	7
2	Incidencia media del total de EII por estado	8
3	Incidencia anual promedio por estado en el periodo de 2003-2013	8
4	Incidencia media de la categoría Intoxicaciones bacterianas transmitidas por alimentos (BFI) del periodo 2003-2012 por estado	9
5	Representación esquemática de la procedencia de las muestras obtenidas y proporción de muestras positivas detectadas mediante cada técnica diagnóstica de acuerdo con la etapa/momento en ambas granjas	29
6	Forest plot de los valores estimados de prevalencia de acuerdo con la etapa/momento en que se muestreo en cada granja	30
7	Clasificación de los indicadores de bienestar animal que fueron evaluados en ambas granjas porcinas	32
8	Distribución de los indicadores de comportamiento por etapa para la evaluación de bienestar animal en las granjas porcinas	34
9	Distribución de los indicadores de ambiente para la evaluación de bienestar animal en las granjas porcinas	36
10	Distribución de los indicadores de salud por etapa para la evaluación de bienestar animal en las granjas porcinas	37
11	Ranking de riesgo de pérdida de bienestar animal por etapa productiva	38

12	Análisis de correspondencia múltiple de la asociación entre las etapas productivas, las categorías de pérdida de bienestar y el percentil de prevalencia de <i>Salmonella</i> spp. en los animales evaluados	41
13	Contribución de los indicadores de bienestar considerados para evaluar la salud en ambas granjas en las etapas de maternidad y gestación	43
14	Contribución de los indicadores de bienestar considerados para evaluar el comportamiento en cerdas de maternidad y gestación	44
15	Contribución de los indicadores de bienestar considerados para evaluar el ambiente en cerdas de las etapas de maternidad y gestación	46

RESUMEN

Prevalencia de *Salmonella* spp. y su asociación al estado de bienestar del cerdo, en granjas ubicadas en la zona centro de Sinaloa

MVZ Diana Zuleika Velázquez Valdez

Salmonella impacta en salud humana y animal, así como en producción, lo que hace a este patógeno sumamente importante para objeto de estudio desde las tres perspectivas. En este estudio se estimó la prevalencia de *Salmonella* spp. en cerdos de dos granjas del centro de Sinaloa. Así mismo, se realizó una evaluación de bienestar animal y posteriormente se analizó la asociación entre la excreción de la bacteria y las condiciones de bienestar en cada una de las granjas. Las muestras totales fueron 324 (211 en “La Huerta” y 113 en “Recoveco”), recolectadas en diferentes etapas/momentos durante la producción en granja y en rastro se recolectaron fragmentos de íleon y linfonódulos mesentéricos, realizando aislamientos bacterianos y utilizando la técnica de PCR para la amplificación del gen *invA* con lo que se confirmó el género bacteriano. La prevalencia total estimada fue de 14.8% para las 324 muestras obtenidas. En la granja “La Huerta” los animales de la etapa de gestación se asociaron a un potencial alto de pérdida de bienestar y al percentil medio alto de prevalencia de la bacteria. Mientras que los animales en destete se asociaron a un nivel de bajo riesgo de pérdida de bienestar y al percentil más bajo de prevalencia. En la granja de “Recoveco” se observó que las cerdas de maternidad y gestación estaban asociadas con un nivel alto y moderado de pérdida de bienestar respectivamente, así como al percentil más alto de prevalencia. Por otro lado, los cerdos de destete se asociaron al percentil medio bajo de prevalencia y bajo potencial de pérdida de bienestar. En conclusión, las etapas de gestación y maternidad de ambas granjas son las que presentaron un mayor riesgo de pérdida de bienestar y también el mayor percentil de prevalencia. Estas son las etapas o áreas de oportunidad, donde se puede intervenir para mejorar el bienestar animal de los animales en producción y su salud, para evitar la posible contaminación de productos de origen porcino destinados a consumo humano.

Palabras clave: *Salmonella*, prevalencia, bienestar animal, cerdos.

ABSTRACT

Prevalence of *Salmonella* spp. and its association to the pig welfare state, in farms located in the central zone of Sinaloa

MVZ. Diana Zuleika Velázquez Valdez

Salmonella impacts human and animal health, as well as production, which makes this pathogen extremely important for study from all three perspectives. In this study the prevalence of *Salmonella* spp. in pigs from two farms in the center zone of Sinaloa. Likewise, an animal welfare evaluation was carried out and subsequently the association between the excretion of the bacteria and the welfare conditions in each of the farms was analyzed. The total samples were 324 (211 in “La Huerta” and 113 in “Recoveco”) collected at different stages/moments during production on the farm and on the abattoir, fragments of ileum and mesenteric lymph nodes were collected, performing bacterial isolates and using the PCR technique for the amplification of the *invA* gene, which confirmed the bacterial genus. The estimated total prevalence was 14.8% for the 324 samples obtained. In the “La Huerta” farm, the animals of the gestation stage were associated with a high potential for loss of welfare state and with the average high percentile of bacterial prevalence. While weaning animals were associated with a low level of loss of welfare and the lowest percentile of prevalence. In the “Recoveco” farm it was observed that maternity and pregnancy sows were associated with a high and moderate level of loss of welfare state respectively, as well as the highest percentile of prevalence. On the other hand, weaning pigs were associated with the low average percentile of prevalence and low potential for loss of welfare state. In conclusion, the stages of gestation and maternity of both farms are those that presented a higher risk of loss of welfare state and also the highest percentile of prevalence. These are the stages or areas of opportunity, where you can intervene to improve the animal welfare of animals in production and their health, for avoid the possible contamination of products of pig origin intended for human consumption.

Keywords: *Salmonella*, prevalence, animal welfare, pigs.

I. INTRODUCCIÓN

Existen aproximadamente 2,500 serovares que causan salmonelosis en humanos y animales; los que se aíslan con mayor frecuencia en México son *Salmonella* Enteritidis y *Salmonella* Typhimurium (Gutiérrez *et al.*, 2000). Los agentes etiológicos de enfermedades diarreicas transmitidas por alimentos, particularmente *Salmonella enterica* no tifoidea, han llegado a causar 230,000 (95% de IC 160,000- 320,000) muertes (Havelaar *et al.*, 2015). *Salmonella*, es una amenaza mundial para la salud pública, y la carne de cerdo es una de las principales fuentes de salmonelosis humana (Argüello *et al.*, 2019). Las aves, cerdos y bovinos, son los reservorios más frecuentes de *Salmonella*; la ingestión de alimento contaminado, como carne de res, cerdo, productos lácteos de leche cruda, entre otros, se han identificado como factores de riesgo en las infecciones en el humano (Mughini-Gras *et al.*, 2014; Mussaret *et al.*, 2006). En el sistema actual de producción porcina se presta cada vez más atención a los temas de calidad, seguridad alimentaria y bienestar animal. El concepto de calidad y seguridad de la carne en la cadena de producción de cerdos no sólo puede entenderse en función de los controles o inspecciones finales realizados en el rastro, sino que también debe incluir un sistema de monitoreo continuo destinado a mejorar todo el proceso de producción en granja y verificar su calidad de manera regular (Piñeiro *et al.*, 2013). La asociación entre la seroprevalencia de *Salmonella* en cerdas y la detección directa de *S. Typhimurium* en lechones de cría es bien conocida, al igual que la asociación entre la detección directa de *S. Typhimurium* en cerdos de cría y el aumento de la seroprevalencia de *Salmonella* en cerdos de engorda. Estos hallazgos sugieren que una reducción en la prevalencia de *Salmonella* solo puede ser exitosa si los productores porcinos están involucrados (Schulte zu Sundern *et al.*, 2018). Los cerdos pueden adquirir infección por *Salmonella* durante el transporte y en corrales antes del sacrificio, identificados como puntos críticos. En estos puntos, los factores de estrés pueden inducir a los cerdos portadores a eliminar el patógeno y aumentar la susceptibilidad a la infección de los cerdos libres de *Salmonella* a la infección (Hernández *et al.*, 2013). Debido a la importancia de *Salmonella* en salud pública y salud animal, siendo los cerdos uno de los reservorios más frecuentes, el objetivo del siguiente estudio fue estimar la prevalencia lápsica de *Salmonella* spp. y su asociación

con el bienestar de los cerdos, derivadas de las prácticas de manejo realizadas en dos unidades de producción porcina, ubicadas en la zona centro de Sinaloa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Principales causas de muerte prematura en el mundo

Entre 1990 y 2017, las muertes prematuras por infecciones entéricas (diarrea, fiebre tifoidea, fiebre paratifoidea y otras infecciones intestinales), infecciones respiratorias, tuberculosis, desórdenes maternos y neonatales, disminuyeron mayormente en países menos desarrollados; así mismo se reportó que en el año 2017 las enfermedades coronarias, desórdenes neonatales, accidente cerebrovascular, infecciones de vías respiratorias bajas, diarrea, accidentes de tránsito y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (COPD), fueron padecimientos que representaron más de 1 millón de muertes cada uno en el mundo (GBD, 2017). Durante este mismo año, para individuos de todas las edades y de ambos sexos, las tres principales causas en casos de incidentes fueron infecciones en las vías respiratorias altas causando 17.1 billones, (95% de IC 15.3 a 19.2), enfermedades diarreicas con 6.29 billones, (IC 5.81 a 6.82) y desórdenes orales con 3.60 billones (IC 3.23 a 3.99) (GBD, 2018c).

2.2 Panorama mundial de trastornos diarreicos

La diarrea es un problema global. En 2016, la diarrea fue la octava causa de mortalidad, responsable por más de 1.6 millones de muertes. Más de un cuarto (26.93%) de muertes por diarrea en niños menores de 5 años, y el 89.37% de esas muertes por diarrea ocurrieron en el sur de Asia y África Sub-sahariana.

Las enfermedades diarreicas afectan desproporcionadamente a zonas con acceso deficiente a atención médica, agua potable, sanidad pobre y bajos recursos o poblaciones marginadas. Esto demuestra, que la mortalidad por diarrea es en gran medida evitable y es necesario reducirla urgentemente.

La diarrea está presente en todo el mundo, en todas las regiones y poblaciones. Sin embargo, una proporción desigual de morbilidad y mortalidad por diarrea ocurre en países de bajos ingresos, con menos recursos e infraestructura que los países de alto ingreso. En 2013, la OMS y UNICEF coordinaron el grupo de estudio de intervenciones de diarrea y neumonía que desarrolló el plan de acción mundial para la prevención y

el control de la neumonía y diarrea, para reducir la incidencia grave y muertes en niños por diarrea para el año 2025 (GBD, 2018a).

Un ejemplo causante de diarrea, son las enfermedades infecciosas intestinales (EII) provocadas por gran variedad de microorganismos infecciosos como protozoarios, bacterias, helmintos y virus. Estos patógenos son principalmente transmitidos por vía fecal-oral, a través del consumo de alimento o agua contaminados y ocasionalmente por contacto directo (Crum, 2008; Diaz *et al.*, 2018; OMS, 2019).

Las principales etiologías causantes de muertes por diarrea fueron: adenovirus, *Aeromonas* spp., *Campylobacter* spp, *Clostridium difficile*, *Cryptosporidium* spp., *Entamoeba histolytica*, *Escherichia coli* enteropatogénica, *E. coli* enterotóxica, norovirus, rotavirus, *Salmonella* spp. no tifoidea, *Shigella* spp.y *Vibrio cholerae* (GBD, 2018b). Siendo Rotavirus, el principal agente etiológico causando 128,515 muertes (95% IC 105,138-155,133) en niños menores de 5 años y en individuos de todas las edades causó 228,047 muertes en el mundo (GBD, 2018a).

Entre otras causas estimadas, *Clostridium difficile* fue responsable de la menor cantidad de muertes en niños menores de 5 años en el mundo con 1,958 muertes, (95% IC 1, 458-2,623), sin embargo fue el responsable de una mayor cantidad de muertes entre niños menores de 5 años (138 muertes, 95% IC 111-169) y personas de todas las edades (7,761 muertes, 95% IC 6, 874-8,703) en países con Índice Sociodemográfico (SDI) alto (GBD, 2018a).

En el mundo, la mortalidad de individuos mayores a 5 años de edad fue causada por *Shigella*, que en el año 2016, causó un total de 212,438 muertes (95% IC 136,979-326,913), de las cuales aproximadamente el 70% ocurrieron en individuos mayores a 5 años (GBD, 2018a).

Por otro lado, *Vibrio cholerae* (cólera) fue la tercera causa principal de mortalidad por diarrea en individuos de todas las edades, siendo responsable de 107,290 muertes (95% IC 66,518-180,436). Así mismo, otro agente relevante fue *Salmonella* spp. no tifoidea, pues en el año 2016 fue responsable de 84,799 muertes (95% IC 46,201-

144,935) en individuos de todas las edades, mientras que en niños menores de 5 años causó 37,410 muertes (95% IC 16,659-64,509).

Otro problema relacionado fue la emaciación infantil, que se define como la puntuación de peso respecto a la estatura de más de dos desviaciones estándar menos que la media, la cual fue responsable por 80.4% (95% IC 68.2-85.0) de muertes, siendo el agua y la sanidad deficientes los principales factores de riesgo de la mortalidad por diarrea (GBD, 2018a).

El segundo principal factor de riesgo en niños menores de 5 años, fue el agua insegura o de baja calidad con 72.1% (95% IC 34.0-91.4), mientras que la sanidad deficiente fue el tercero con 56.4% (95% IC 49.3-62.7), el primer factor mencionado causó un 70.1% (95% IC 32.2-89.5) de muertes por diarrea y el segundo un 54.2% (95% IC 47.1-60.4) de muertes por diarrea, siendo los principales factores de riesgo en individuos de todas las edades (GBD, 2018a).

2.3 *Salmonella*, un problema de impacto global, nacional y estatal

Salmonella es una de las cuatro principales causas globales de enfermedades diarreicas (Díaz *et al.*, 2018; Mueller-Doblies *et al.*, 2017; OMS, 2019). De acuerdo a una estimación de Majowicz *et al.* (2010), 93.8 millones de casos de gastroenteritis por año pueden ocurrir debido a *Salmonella* spp., con 155,000 muertes. Globalmente, *Salmonella* Typhimurium fue el serovar mayormente aislado de personas por muchos años, sin embargo, *S. Enteritidis* lo ha superado en número en algunas regiones, incluida Europa, en los últimos años. A principios de la década de los 90's, han surgido complejos clonales de *Salmonella* resistentes a antimicrobianos, causando actualmente graves problemas de salud pública. En gran Bretaña, *S. Typhimurium* fue el segundo serovar mayormente aislado de casos de salmonelosis humana durante varios años, según los datos de infecciones gastrointestinales de PHE (Public Health England) y el informe de zoonosis publicado por el Health Protection Scotland (Mueller-Doblies *et al.*, 2017).

Salmonelosis es la segunda zoonosis más reportada en la Unión Europea (EU), después de la campilobacteriosis. Se estima que, más de 34,500 infecciones sintomáticas por *Salmonella* ocurren anualmente en los Países Bajos (~16.5 millones

de habitantes). Enteritidis y Typhimurium (incluida la variante monofásica 4,[5],12:i:-) son los serovares de *Salmonella enterica* subsp. *enterica* mayormente aislados, representando el 29% y 47% respectivamente, de casos en humanos en 2011. Una situación verdaderamente preocupante fue la rápida aparición de la variante monofásica de *S. Typhimurium* (4,[5],12:i:-), que aumentó de 0.1% en 2004 a 20% en 2011 de todas las infecciones por *Salmonella* en humanos (Mughini-Gras *et al.*, 2014).

Salmonella Typhimurium se convirtió en el serovar más común causante de salmonelosis humana a finales de la década de los 70's, remplazando *S. Agona*. El número de casos de salmonelosis reportados en la Unión Europea en 2015 fue de 94,625, aproximadamente un 28% menos si se compara con 2008, pero un 14.4% más que en 2013, año en que se observó el número más bajo (Mueller-Doblies *et al.*, 2017).

La infección por *Salmonella* puede conducir a varios síndromes clínicos, que incluyen infecciones asintomáticas, gastroenteritis aguda, bacteriemia sin foco aparente de infección, bacteriemia con la subsecuente localización supurativa, fiebre tifoidea o un estado de portador crónico asintomático (Romero, 2007).

En una revisión realizada por Diaz *et al.* (2018) en México, seis EII aparecieron constantemente de 2011 a 2014 entre las principales enfermedades transmisibles, demostrando que es un importante problema de salud pública. Sin embargo, existen pocos estudios que describen exhaustivamente su epidemiología.

Dentro de las 20 principales enfermedades transmisibles, se observó una tasa de incidencia de EII para el año 2011 de 15.6%, la categoría más importante de EII, fue "otros tipos de gastroenteritis y colitis infecciosa y de origen inespecífico" (OID) ocupando el segundo lugar. Durante la década que inicia en 2003, las 8 categorías evaluadas en la revisión (infección por amebiasis "AMO", fiebre paratifoidea "PT/SAL", otras enfermedades intestinales por protozoos "OPID", intoxicaciones bacterianas transmitidas por alimentos "BFI", fiebre tifoidea "TF", giardiasis "GIA", shigelosis "SHI", otros tipos de gastroenteritis y colitis infecciosa y de origen inespecífico "OID"), provocaron 58.29 millones de casos en México. Los estados con mayor número de casos de EII fueron el Estado de México, La Ciudad de México, Jalisco, Veracruz y

Nuevo León. Los estados con menor número de casos fueron Campeche, Colima y Baja California Sur en orden descendente, encontrándose el estado de Sinaloa en el 11vo lugar (Figura 1).

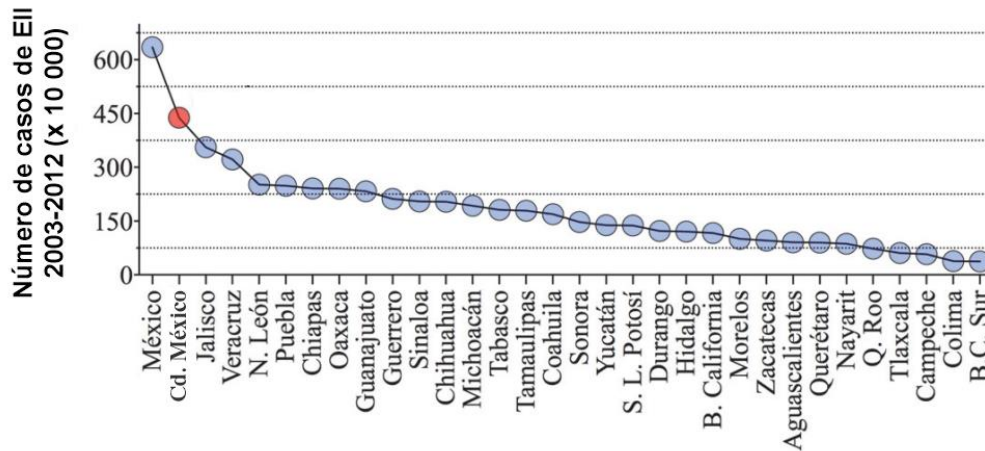


Figura 1. Modificación. Contribución estatal a la incidencia nacional de enfermedades infecciosas intestinales durante el periodo de 2003-2012 (Díaz *et al.*, 2018).

La incidencia e importancia relativa de las EII fue diferente entre los estados del país, posicionando la categoría OID en primer lugar, causando 52.29 millones de casos nuevos durante la década. La categoría mencionada incluye casos que son mal diagnosticados o de causas inespecíficas, lo que demuestra la importancia de la identificación adecuada de los agentes etiológicos para la administración del tratamiento adecuado (Díaz *et al.*, 2018).

Los estados que contribuyen mayormente a la incidencia media del total de categorías de EII fueron Nayarit, Tabasco, Aguascalientes, Durango y Sinaloa (Figura 2).

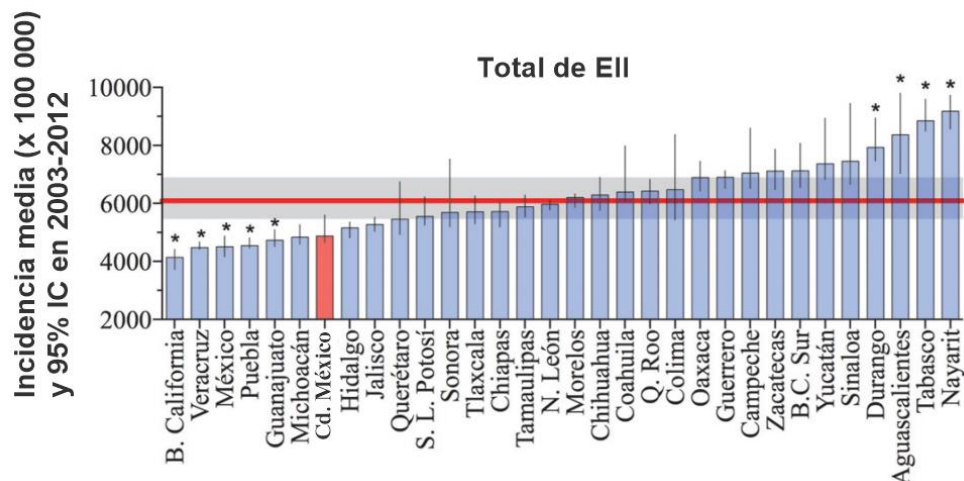


Figura 2. Modificación. Incidencia media del total de EII por estado (Díaz *et al.*, 2018).

De acuerdo con la Secretaría-De-Salud (2017), fueron notificados 22,704 casos en México de salmonelosis gastroentérica, publicados en el reporte mensual de marzo del 2017. En el boletín de Vigilancia Epidemiológica de la semana 5 del año 2019, los casos publicados acumulados de salmonelosis gastroentérica en el país, fueron: 4,916 (Secretaría-De-Salud, 2019).

La Figura 3, muestra la incidencia anual promedio (5,766 casos) del periodo 2003-2013. Del total de casos de EII del país, Sinaloa se posiciona en el 5to lugar (7,164 casos), los siguientes lugares en orden ascendente son Durango (4to lugar), Aguascalientes (3er lugar), Tabasco (2do lugar) y Nayarit (1er lugar).

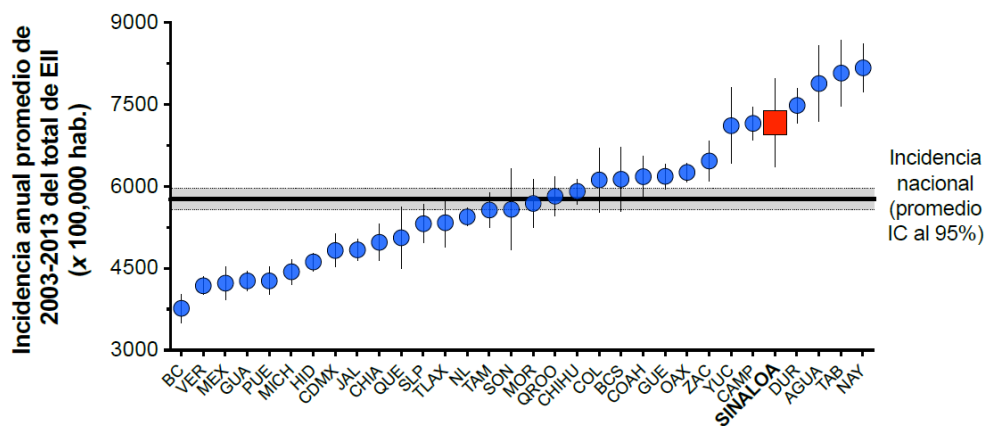


Figura 3. Incidencia anual promedio por estado en el periodo de 2003-2013. Elaboración propia con datos de la Dirección General de Epidemiología, Anuario de morbilidad.

En la Figura 4, se puede observar la incidencia media del periodo 2003-2012 por estado de la categoría BFI (intoxicaciones bacterianas transmitidas por alimentos), donde Sinaloa ocupa el 3er lugar, después de Jalisco y Nuevo León que ocupan el 2do y 1er lugar, respectivamente (Díaz *et al.*, 2018).

Incidencia media (x 100 000) y 95% intervalo de confianza en 2003-2012

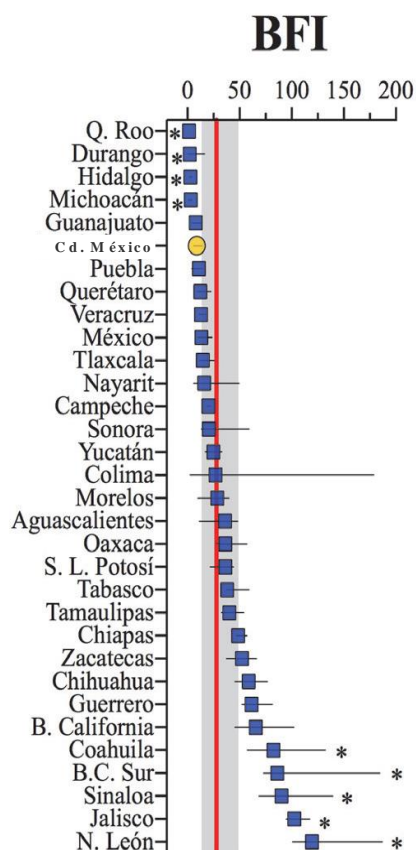


Figura 4. Modificación. Incidencia media de la categoría BFI del periodo 2003-2012 por estado (Díaz *et al.*, 2018).

2.4 Salmonelosis, enfermedad transmitida por los alimentos

Las enfermedades y muertes causadas por alimentos contaminados son un constante problema de salud pública y un impedimento significativo para el desarrollo socioeconómico del mundo. Para medir la carga mundial y regional de enfermedades transmitidas por alimentos (Foodborne disease o FBD), la Organización mundial de la salud (OMS) estableció el Grupo de Referencia de Epidemiología de la carga de Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (Foodborne Disease Burden

Epidemiology Reference Group o FERG) encargado de reportar la incidencia, mortalidad y la carga de enfermedad debido a FBD. La carga global de FBD es comparable a la de las principales enfermedades infecciosas como VIH/SIDA, malaria y tuberculosis (Havelaar *et al.*, 2015).

La relevancia de las enfermedades de transmisión alimentaria es considerable; cada año, aproximadamente una de cada 10 personas contrae la enfermedad, perdiéndose 33 millones de años de vida sana. Cada año enferman 550 millones de personas, de las cuales 220 millones son niños menores de 5 años (OMS, 2019), y la mayoría de los casos de *Salmonella* en humanos (>95%) se debe a la ingestión de alimentos contaminados como huevos, pollo, carne molida o productos lácteos (Crum, 2008; OMS, 2019).

Se estima que la mayoría de los 2,944 casos esporádicos de salmonelosis que ocurrieron en los Países Bajos durante 2002-2003, se originaron en huevos (50.1%, 95% IC: 47.8-51.7%), seguido por cerdo (39.9%, 95% IC: 38.3-41.8%), bovinos (6.2%, 95% IC: 5.5-7.7%) y pollos de engorda (3.8%, 95% IC: 2.9-4.6%) (Mughini-Gras *et al.*, 2014).

En un estudio realizado por Mughini-Gras *et al.* (2014) donde estimaron los factores de riesgo para salmonelosis humana, observaron que la probabilidad de adquirir la infección de bovinos fue significativamente alta para hombres. Los huevos y los pollos de engorda fueron los reservorios más probables de salmonelosis en adultos, en áreas urbanas y durante la primavera o verano, mientras que los cerdos y los bovinos fueron los reservorios más probables en niños, en áreas rurales y durante el otoño o invierno.

Salmonella no tifoidea, es el agente causal mayormente identificado en enfermedades transmitidas por alimentos en Estados Unidos, con aproximadamente 1.4 millones de casos por año. La tasa de incidencia de infección en el año 2002 fue de 17.7 casos por cada 100,000 personas. Los niños menores de 5 años de edad tienen mayor riesgo de enfermarse. Las infecciones ocurren mayormente durante el verano y los serovares más comunes aislados son *S. Typhimurium*, *S. Enteritidis* y *S. Newport*, en ese mismo orden (Crum, 2008).

En un estudio retrospectivo de Mueller-Doblies *et al.* (2017), se obtuvo un total de 96,044 aislamientos de *Salmonella* durante el periodo de 1983-2014. *S. Typhimurium* fue el serovar predominante aislado de bovinos y cerdos y representando el 40.7% (95% IC 18, 455-45,336) y 58.3% (95% IC 4, 495-7,709) respectivamente, mientras que el 6.7% (95% IC 2, 114-31,492) representó los aislamientos en pollos y el 8.1% (95% IC 926-11,507) en pavos. Las cepas monofásicas de *S. Typhimurium* fueron menos del 3% de todos los aislamientos de *Salmonella* en bovinos y pollos en 2014, sin embargo, significaron el 10.4% de todos los aislamientos en pavos y el 39% de los aislamientos en cerdos en el mismo año.

2.5 Invasión, patogenicidad e infección de *Salmonella* en cerdos

El proceso de adaptación de *Salmonella* spp. al huésped, ha generado una variedad de mecanismos para colonizar, invadir, replicar y sobrevivir dentro del huésped (Espinal *et al.*, 2005; Galán and Curtiss, 1991).

La infección se produce primero en el intestino delgado y en parte del colon, especialmente la región cercana al recto; la entrada del microorganismo se asocia más con las microvellosidades de los enterocitos que con las células M; además, la bacteria se puede encontrar en los enterocitos varios días después de la infección (Parra *et al.*, 2002; Salyers and Whitt, 2002).

Las islas de patogenicidad de *Salmonella* (SPI) poseen una variedad de genes encargados de la invasión; SPI-1, codifica un sistema de secreción tipo III. Los genes *inv*, *spa*, *prg* y *org*, se encargan de formar las proteínas constituyentes del sistema de secreción; mientras que *sptP*, codifica para una tirosin-fosfatasa, junto con SipA y SipE, son los encargados del re-arreglo de los filamentos de actina, para la invasión de la bacteria en el epitelio. Los sistemas de secreción tipo III también son responsables de inyectar proteínas que al intervenir la función celular, producen diarrea (Parra *et al.*, 2002; Salyers and Whitt, 2002).

La colonización e infección de *Salmonella* en producción porcina, es de importancia en salud pública. La infección de *Salmonella* en cerdos se caracteriza por una etapa temprana donde el patógeno se encuentra en altas concentraciones en las heces (Argüello *et al.*, 2019).

En cerdos, la salmonelosis es usualmente subclínica y los cerdos infectados pueden excretar *Salmonella* en las heces de manera intermitente por largos periodos de tiempo. La carne de cerdo puede ser contaminada con *Salmonella* en algún punto del proceso productivo, sin embargo, los cerdos infectados que entran al rastro son considerados la principal fuente de contaminación de las carcasas (Artuso-Ponte *et al.*, 2015; Casanova-Higes *et al.*, 2019). El estrés durante el transporte, aumenta el desprendimiento de *Salmonella*, lo que incrementa el riesgo de seguridad alimentaria (Artuso-Ponte *et al.*, 2015; Pala *et al.*, 2019). Por dicha razón, las estrategias de intervención que incluyen el uso de antibióticos, han sido ampliamente investigadas para reducir la incidencia de patógenos transmitidos por alimentos a nivel de granja. Sin embargo, el uso indiscriminado de antibióticos se ha asociado con el desarrollo y la propagación de bacterias resistentes (Artuso-Ponte *et al.*, 2015). Como consecuencia del aumento de las tasas de resistencia en *Salmonella*, el tratamiento efectivo para la salmonelosis se ha vuelto más limitado y los antibióticos comúnmente utilizados pueden no ser efectivos. Se ha demostrado que las bacterias multirresistentes están asociadas con un exceso de morbilidad y mortalidad. Además, los informes sugieren que los organismos resistentes también son más virulentos (Crum, 2008).

Durante el periodo de producción porcina, existen múltiples oportunidades para recolectar muestras en la granja (sangre y heces) o en la planta de sacrificio (sangre, jugo de carne, contenido gastrointestinal, linfonódulos mesentéricos, amígdalas o la canal). En conjunto, esto permite un monitoreo adecuado de la dinámica de la infección de *Salmonella* y, por lo tanto la implementación de intervenciones adecuadas en la granja. Es por ello que, la mayoría de los programas de control se han centrado en el periodo de engorda, implementando intervenciones con diferente nivel de éxito para reducir la prevalencia de infección de *Salmonella* en granjas porcinas (Casanova-Higes *et al.*, 2019). Existe una importante falta de información sobre la epidemiología de la infección por *Salmonella* en las fases de producción anteriores, como lactancia y gestación, que puede influir en la dinámica de la infección durante el periodo de crecimiento y engorda. Durante su crianza, por ejemplo, los lechones son altamente vulnerables a los patógenos entéricos como *Salmonella* spp. La

colonización bacteriana por estos patógenos se ve favorecida por la disbiosis intestinal comúnmente observada en lechones destetados después del cambio de dieta (de alimento líquido a sólido) y el estrés asociado a los nuevos entornos, a la separación de la madre y la mezcla de diferentes camadas, así como las peleas por jerarquía (Casanova-Higes *et al.*, 2019).

Las nuevas tendencias de consumo, se centran en productos derivados de sistemas que permiten una alta condición de bienestar animal y un alto nivel de seguridad alimentaria. Sin embargo, en ocasiones las regulaciones de bienestar animal dificultan la adopción de medidas adecuadas de bioseguridad, lo que respresenta una barrera para la salud animal y la seguridad alimentaria. Las preocupaciones de los consumidores modernos, se centran en productos derivados de sistemas de cría de cerdos orgánicos y ecológicos, que están cobrando cada vez más importancia en la industria porcina. Estos sistemas de cría generalmente permiten una mejor calidad de las condiciones de bienestar animal, pero esto tiene un costo para la bioseguridad debido al contacto cercano con animales salvajes, lo que podría tener implicaciones en la seguridad alimentaria (Hernández *et al.*, 2013).

2.6 Producción y bienestar animal

2.6.1 Bienestar animal (BA)

Hughes (1976) dice que, “el bienestar de un animal es el estado de salud mental y físico en armonía con el entorno o medio ambiente”. Posteriormente, Broom (1986) del Reino Unido, lo definió como “El estado fisiológico que le permite al animal adaptarse con éxito a un ambiente dado”. La Organización Mundial para la Alimentación y la Agricultura (FAO), expresa que, “hay un estrecho vínculo entre el uso de animales para la agricultura, la ciencia, compañía, recreo y espectáculos y que esto contribuye de manera decisiva en el bienestar de los seres humanos. Mejorando las condiciones de vida de los animales, muy probablemente se aumente la productividad, obteniendo, por consiguiente, beneficios económicos” (FAO, 2012).

2.6.2 Indicadores de bienestar animal

Para medir el Bienestar Animal (BA), se pueden utilizar indicadores basados en el animal y basados en el medio ambiente (Huertas, 2009). Los indicadores o señales de

alteración o pérdida de bienestar animal pueden clasificarse como: a) indicadores fisiológicos, b) indicadores endócrinos, c) indicadores bioquímicos, d) indicadores hematológicos, e) indicadores comportamentales, f) productivos, g) sanitarios, y h) ambientales (Damian and Ungerfeld, 2013). Por las características del BA, no es recomendable usar solamente un indicador, ya que se podría incurrir en equivocaciones; lo más conveniente es utilizar un conjunto de indicadores y un enfoque integral; dichos indicadores basados en el animal son: alimentación (condición corporal, disponibilidad de alimento y agua), alojamiento (confort, bursitis, lesiones en hombro, confort térmico, suciedad en animales con heces, facilidad de movimiento), estado sanitario (cojeras, tos, estornudos, ausencia de enfermedades) y comportamiento (conducta social, estereotipias, relación hombre-animal). Los indicadores basados en el medio ambiente que rodea al animal, no deben utilizarse únicamente como indicadores de BA; si no, conjuntamente con los indicadores basados en el animal; donde están incluidos los siguientes: instalaciones, espacio disponible, ventilación, luminosidad, entre otros (Huertas, 2009; Welfare-Quality, 2009).

2.6.3 Evaluación de indicadores de alojamiento

2.6.3.1 Estiércol en el cuerpo

Para evaluar este indicador se debe asegurar que todas los cerdos y lechones que van a evaluarse estén de pie, la presencia de estiércol/heces en el cuerpo se evalúa visualmente; se recomienda evaluar desde todos los ángulos para una vista óptima para asignar una certera calificación (Welfare-Quality, 2009).

2.6.3.2 Amontonamiento

La definición de amontonarse, es cuando un cerdo está acostado con más de la mitad de su cuerpo en contacto con otro cerdo (es decir, prácticamente acostado sobre otro cerdo). Como el amontonamiento solo se observa en los animales en reposo, el evaluador debe esperar un momento, para permitir que los animales se tranquilicen cuando se ingresa por primera vez a la caseta o sala. El evaluador debe permanecer

fuera del corral. No se considera amontonado cuando un cerdo está justo al lado de otro (Welfare-Quality, 2009).

2.6.4 Indicadores conductuales

El comportamiento de un animal, se manifiesta como la expresión del esfuerzo que realiza para adaptarse a las diferentes condiciones que lo rodean, tanto internas como externas (Huertas, 2009). Dos de los principales indicadores de comportamiento son las estereotipias y las conductas redirigidas. Las estereotipias son “conductas repetitivas, invariables y sin función aparente”. Nunca se han descrito en animales en libertad, tienen efectos adversos sobre la salud y la productividad, y son indicadores importantes de falta de bienestar (Vilanova, 2008). Es muy importante conocer el comportamiento normal de los animales según su especie, para poder generar lineamientos e indicaciones claras sobre cómo tratarlos para no alterar su bienestar; por ejemplo, los cerdos, tienen vista deficiente, y presentan resistencia a moverse cuando no conocen el lugar (Huertas, 2009).

Las conductas redirigidas son un comportamiento propio de la especie, pero dirigidas hacia un estímulo distinto del habitual. Algunas de las principales conductas redirigidas en animales de producción son la caudofagia del cerdo, el picaje de las gallinas y, en el caso de los terneros, la conducta consistente en lamer diferentes partes del cuerpo de otro ternero; este tipo de conductas son también indicadores útiles de bienestar, especialmente en aquellos casos en que la conducta redirigida causa lesiones a otros animales. Otros cambios de conducta que tienen interés como indicadores de bienestar son la disminución en el consumo de alimento, la agresividad excesiva y la apatía (Vilanova, 2008).

Algunos de los cambios de comportamiento son la disminución del apetito y del tiempo dedicado a la rumia, cambios en la postura de descanso y en la secuencia de movimientos normalmente utilizada para echarse o levantarse, desarrollo de estereotipias, comportamientos agresivos, de miedo o depresión, aumento de la frecuencia de defecaciones y micciones, vocalizaciones, así como alteraciones de aquellos comportamientos propios de la especie (Damián and Ungerfeld, 2012).

La respuesta comportamental al estrés (indicadores de comportamiento de BA) depende de la especie, y de los factores estresantes a los que sea sometido el animal (Damián and Ungerfeld, 2012). La misma puede evidenciarse por reacciones agresivas o de sumisión, comportamientos de escape o huida, disminución del apetito y, por tanto, del consumo de alimento, e inhibición del comportamiento reproductivo (Damián and Ungerfeld, 2012; Sapolsky *et al.*, 2000). Estos cambios comportamentales ayudan al animal a responder a la situación de amenaza, por lo que puede ser una respuesta beneficiosa (Vilanova, 2009). Sin embargo, si el estresor es crónico, la respuesta de estrés puede transformarse en nociva para el animal, mostrando efectos negativos tales como una disminución del crecimiento, de la función reproductiva, y de los mecanismos de defensa del animal (Damián and Ungerfeld, 2012; Moberg, 2000; Sapolsky *et al.*, 2000).

2.6.5 Indicadores de salud

La salud del animal (desde enfermedades, hasta la muerte), los indicadores reproductivos como la reducción o eliminación de celos por mala condición corporal, presencia de abortos, disminución en la producción de leche, huevos, lana, piel, etc.; también constituyen indicadores fehacientes del bienestar de un animal. La calidad de la canal y/o de la carne luego de sacrificio de un animal constituyen un índice del estado en que vivió ese animal (por ejemplo, durante el transporte y sacrificio) (Huertas, 2009).

Las lesiones multifactoriales tales como las cojeras, las enfermedades respiratorias o las diarreas post destete, son indicadores especialmente útiles de falta de bienestar. La mortalidad y las lesiones causadas por el manejo, el ambiente físico o las peleas con otros animales, son igualmente importantes (Vilanova, 2008).

Los protocolos de evaluación para el bienestar animal deben ser generalmente aceptados y evaluar objetivamente, para contribuir a la mejora del bienestar de los animales de granja. Para su uso efectivo en la granja, se espera que los protocolos incluyan medidas que impliquen no solo validez y viabilidad sino también confiabilidad. De este modo, la confiabilidad está subordinada al término reproducibilidad, es decir, describe el grado en que se logran resultados iguales en evaluaciones repetidas. Las

situaciones de prueba pueden incluir, entre otras, diferentes condiciones, diferentes evaluadores o diferentes momentos de evaluación (Friedrich *et al.*, 2019).

La mortalidad de los lechones tiene un impacto negativo en el bienestar animal y la aceptación pública. Además, el número de lechones destetados por cerda determina principalmente la rentabilidad de la producción de lechones. El aumento del tamaño de la camada se asocia con un menor peso al nacer y la supervivencia de los lechones. La disminución de las tasas de supervivencia y el rendimiento de los lechones, hacen que el control de enfermedades e infecciones dentro de la producción porcina sea aún más crucial (Heuß *et al.*, 2019).

La constitución de grupos compuestos por lechones procedentes de diferentes camadas o incluso de diferentes granjas, es una práctica común en la etapa posterior al destete de la cría de cerdos, el estrés social causado a esta práctica predispone a la infección por *Salmonella* (Ruggeri *et al.*, 2015).

2.7 Efecto del estrés en la infección por *Salmonella*

La respuesta al estrés, funciona para resolver la homeostasis bajo la respuesta de una tensión aguda corta. Así, cuando la duración de un estrés está limitada, los efectos fisiológicos de estrés son beneficiosos y no tienen ninguna consecuencia adversa. Sin embargo, algunas condiciones pueden llevar a patologías (Alarcón *et al.*, 2008; Chrousos and Gold, 1992).

Una de las principales funciones del cerebro, es percibir los agentes estresores, alertar y capacitar a un organismo para enfrentar las consecuencias; por ejemplo, la activación del sistema de estrés incrementa la llegada de adrenalina, acelera los reflejos motores, mejora la función cognitiva y la atención, aumenta la tolerancia al dolor, disminuye el apetito y la actividad sexual e inhibe la inflamación mediada por el sistema inmune; estas reacciones del estrés, se completan a través de la liberación de neurotransmisores y hormonas como respuesta adaptativa (Alarcón *et al.*, 2008; Dhabhar, 2002).

La producción local de citocinas del cerebro, en respuesta a varios estresores sin inflamación sistémica, puede también iniciar inmunosupresión mediada por el cerebro vía el eje HPA (hipotalámico-pituitaria-adrenal) y la activación simpática; los monocitos

y los macrófagos, expresan los receptores glucocorticoideos y los α -adrenoreceptores, siendo un objetivo importante en la interacción neuroinmune (Alarcón *et al.*, 2008; Woiciechowsky *et al.*, 1999).

Durante el inicio del estrés agudo, los corticoesteroides, son producidos por la activación del eje HPA, se estimula la expresión de genes de citocina y la entrada de antígenos; la producción de granulocitos se incrementa, haciéndolos más disponibles en grandes cantidades en el torrente sanguíneo para el reclutamiento y la activación de los sitios de entrada del antígeno (mucosa, piel, nódulos linfáticos); al mismo tiempo, los linfocitos y los monocitos son dirigidos al tejido linfoide secundario donde las células específicas al antígeno, son activadas, resultando en una reducción drástica de sus números en la circulación (Dhabhar, 2002).

La secreción de corticotropina del hipotálamo y adrenocorticotropina (ACTH) del pituitario, estimulan la síntesis y secreción de glucocorticoides, aldosterona y andrógenos suprarrenales; hormonas neuroendócrinas que llevan un efecto bioquímico, metabólico e inmunológico, así como de comportamiento (Alarcón *et al.*, 2008).

Durante los períodos de estrés, los glucocorticoides, actúan para estimular el metabolismo de la glucosa del músculo, los tejidos y el cerebro; ejercen efectos en el metabolismo, función del músculo, función cardiovascular, comportamiento, y respuesta inmune (Alarcón *et al.*, 2008; Johnson *et al.*, 1992). Los glucocorticoides disminuyen la síntesis proteica y pueden causar inmunodepresión, perjudicando tanto el crecimiento como la resistencia a enfermedades (Alarcón *et al.*, 2008; Manteca, 1999).

Los animales bajo condiciones de estrés calórico, redistribuyen o redireccionan la sangre hacia la periferia corporal, con el propósito de maximizar la disipación del calor; sin embargo, este hecho, hace que ocurra una vasoconstricción en el tracto gastrointestinal; en consecuencia, la reducción en el flujo sanguíneo y el flujo de nutrientes al epitelio intestinal, compromete la integridad de la barrera intestinal (Liu *et al.*, 2009; Vílchez, 2014). El estrés calórico, altera significativamente la morfología del intestino delgado de los porcinos (Liu *et al.*, 2009; Vílchez, 2014).

La infección por *Salmonella*, se desarrolla después de su transmisión, que es fecal-oral y ocasiona gastroenteritis y septicemia mortal particularmente en animales

jóvenes (Burrows, 2006; Rivera *et al.*, 2012). La bacteria penetra por vía oral y coloniza la mucosa intestinal; la invasión, la entrada de la bacteria por las placas de Peyer y la diseminación sistémica, ocurren después de una situación de estrés como el destete o el transporte; la distribución sistémica, ocurre ocho horas después de la invasión de la mucosa; diseminándose, hacia ganglios linfáticos mesentéricos, en donde permanece durante largos periodos, lo que propicia, la existencia de animales portadores sin manifestaciones clínicas (Flores, 2014).

El enteropatógeno afecta el sistema digestivo y produce una diarrea aguda hipersecretora; en casos graves puede causar sepsis, endotoxemia, coagulación intravascular diseminada, insuficiencia multiorgánica y muerte (Burrows, 2006; Rivera *et al.*, 2012).

En cerdos, las manifestaciones clínicas por la infección son la septicemia y enterocolitis, aunque la segunda es causada con mayor frecuencia por *S. Typhimurium*. En la necropsia se observan lesiones necróticas y ulcerativas en la mucosa del colon (Brown *et al.*, 2007; Rivera *et al.*, 2012; Straw *et al.*, 2006).

Tras la infección, las bacterias sobreviven a la lactoperoxidasa de la saliva, al pH ácido de los jugos gástricos y a la acción bacteriostática de las sales biliares, alcanzando el intestino delgado; después de atravesar la pared intestinal (íleon distal y ciego), invaden los ganglios linfáticos mesentéricos; la progresión depende de factores como el estado inmunitario del animal, estrés y virulencia de las cepas (Fernández *et al.*, 2006; González, 2014; Mainar-Jaime and Creus, 2010). La virulencia de *Salmonella* se relaciona con su capacidad de invadir las células hospedadoras, replicarse en su interior y resistir la acción de las Ig A de la mucosa intestinal, la digestión de los fagocitos y la destrucción por acción del Complemento; lo que facilita la difusión de *Salmonella* por el organismo del hospedador (Fernández *et al.*, 2006; González, 2014).

III. HIPÓTESIS

La prevalencia de *Salmonella* spp. está asociada al estado de bienestar del cerdo durante el proceso productivo.

IV. OBJETIVO GENERAL

Determinar la prevalencia de excreción fecal de *Salmonella* spp. y su asociación al estado de bienestar en los cerdos.

4.1 Objetivos específicos:

- 1) Determinar la prevalencia de *Salmonella* spp. en los cerdos en sus diferentes etapas/momentos durante la producción en granja y rastro.
- 2) Determinar el estado de bienestar del cerdo en sus diferentes etapas/momentos durante la producción en granja y rastro.
- 3) Determinar la asociación entre la prevalencia de *Salmonella* spp. y el estado de bienestar del cerdo.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Lugar de estudio

La investigación se llevó a cabo en dos granjas porcinas; 1) “La Huerta”, localizada en la Sindicatura de Culiacancito en el Municipio de Culiacán de Rosales, Sinaloa; con coordenadas GPS: Longitud (dec): -107.527222, Latitud (dec): 24.821389, y 2) Granja porcina ubicada en Recoveco, Mocorito, Sinaloa; con coordenadas GPS: Longitud 24.9936, Latitud: -107.728, y en el Laboratorio de Patología -área de Patología Molecular- de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

5.2 Tipo de estudio

Esta investigación cumple con las características de ser un estudio observacional, transversal y prospectivo (Thrusfield, 1990).

5.3 Tamaño de la muestra

Considerando los datos obtenidos en un estudio piloto previo, donde se obtuvo una prevalencia de 3.35% con un intervalo de confianza de 95%, se determinó un tamaño de muestra mínima de 147 cerdos, en una población de 5000 cerdos, para la granja porcina “La Huerta”. En el caso de la granja porcina ubicada en Recoveco, bajo el mismo supuesto, el tamaño mínimo de muestra fue de 105, con una población de 200 animales de acuerdo al método propuesto por Thrusfield (1990) (ver anexos). La evaluación de bienestar animal, se realizó en 548 individuos en la granja “La Huerta” y 147 en “Recoveco”, de acuerdo a National-Pork-Board (2019) (ver anexos).

5.4 Toma de muestras

Las muestras fueron recolectadas con guantes de látex y depositadas en frascos estériles nuevos. El muestreo se realizó por conveniencia, en hembras gestantes (una semana antes del parto); las camadas de las hembras gestantes que resultaron positivas a *Salmonella* spp., se les dio seguimiento durante la lactancia, destete; seguimiento que continuó en el área de engorda, antes del transporte de los cerdos al rastro y en el corral de espera, tomando muestras de heces durante cada una de las etapas mencionadas. Después del sacrificio, se recolectaron muestras de íleon y linfonodos mesentéricos (LNM). Las etapas/momentos de muestreo se exponen en la Figura 5A.

5.5 Manejo de las muestras

Se transportaron en una hielera con geles refrigerantes para su conservación durante el trayecto hacia el Laboratorio de Patología de la FMVZ-UAS.

5.6 Aislamiento bacteriano

5.6.1 Enriquecimiento selectivo

De cada muestra de heces obtenida se tomó 1 g, el cual fue enriquecido en 10 mL de Base de Tetrionato (CT), para después incubarlo a 37°C durante 48 horas.

Posteriormente, 0.1 mL de cada muestra fueron transferidos a 9.9 mL de Rappaport Vassiliadis (MSRV), medio semisólido y líquido; para luego ser incubadas a una temperatura de 42°C durante 24 horas (ver anexos).

5.6.2 Aislamiento selectivo

La siembra para aislamiento bacteriano se realizó en Agar Base Xilosa-Lisina-Tergitol 4 (XLT4), la que se incubó a 37°C durante 24 horas (ver anexos).

5.6.3 Extracción de ADN bacteriano

Para la extracción de ADN bacteriano se utilizó una matriz comercial (InstaGene matrix®). El extracto se colocó en microtubos a una temperatura de -20°C (ver anexos).

5.6.4 Amplificación del gen *invA* mediante PCR

El procesamiento de las muestras se realizó siguiendo la metodología propuesta por (Biswas *et al.*, 2011). En el análisis por PCR Mix® se utilizaron 5 µL de ADN (de una dilución de 1:10), 1 µL de oligonucleótido “forward”, 1 µL de oligonucleótido “reverse”, 12.5 µL de PCR super Mix®, 1.5 µL de cloruro de magnesio y 4 µL de agua para uso molecular. La secuencia de oligonucleótidos utilizada fue “forward” 5’ – TGC CTA CAA GCA TGA ATT GG – 3’ y “reverse” 5’ – AAA CTG GAC CAC GGT GAC AA – 3’. Después de realizar la mezcla en los microtubos, se colocó en un termociclador (Bio Rad®, MJ Mini Personal Thermal Cycler), mismo que se programó con las siguientes condiciones de amplificación: desnaturalización a 94°C por 1 minuto; seguido de 35 ciclos de amplificación: desnaturalización (94°C por 1 minuto), alineamiento (64°C por 30 segundos), extensión (72°C por 30 segundos) y una extensión final (72°C por 7 minutos); con una duración total de 2 horas 15 minutos. Los amplicones fueron separados por electroforesis en geles de agarosa al 1.8%, agregando en cada pozo 1 µL de Blue Loading Buffer With DNA Stain®, como tinción para el ADN. Fueron observados en un fotodocumentador (Bio Rad®, Gel Do Ez Imager) y revelados para su análisis.

5.7 Protocolo de bienestar animal

Para evaluar el estado de bienestar de los cerdos, se adaptaron los indicadores de dos protocolos de evaluación en la especie: el Welfare-Quality (2009) desarrollado en Europa y el SWAP (2003), publicado por el National-Pork-Board (2003), como un programa voluntario para auditorías de bienestar animal en granjas porcinas de EEUU. Así mismo, se emplearon datos y referencias de expertos en el país, que adaptaron y han publicado diversos indicadores prácticos en condiciones nacionales. El bienestar es un concepto multidimensional. Comprende tanto la salud física como la mental e incluye varios aspectos, como la comodidad física, la ausencia de hambre y enfermedad, las posibilidades de realizar un comportamiento motivado, etc. La importancia atribuida a los diferentes aspectos del bienestar animal puede variar entre las diferentes personas. Los diferentes aspectos medibles del bienestar a cubrir se convierten en criterios (indicadores) de bienestar. Los criterios reflejan lo que es significativo para los animales tal como lo entiende la ciencia del bienestar animal (Welfare Quality, 2009). Se evaluó el bienestar animal con los siguientes indicadores o señales de alteración o pérdida de bienestar animal en las dos granjas estudiadas: condición corporal, suministro de agua *ad libitum*, espacio insuficiente, corrales con daño en pisos, espacio inapropiado en el comedero, presencia de bursitis, lesiones en hombros, heces en el cuerpo, amontonamiento, jadeos, cojeras, abscesos, heridas en vulva, heridas en otras partes del cuerpo, animales con tos, metritis, mastitis, animales con estornudos, estereotipias, vocalizaciones; en lechones se evaluaron exploración, juego, heridas en piel por agresión, masajeo de abdomen, mordisqueo a otros cerdos, sentado como perro, mordidas en barrotes y reacción de evitación a operarios. Algunos indicadores se evaluaron en escala de 0, 1 y 2; donde: 0 = buen estado de bienestar animal, 1 = bienestar intermedio y, 2 = malas condiciones de bienestar (Alonso *et al.*, 2016b; Alonso and Ramirez, 2017a, 2017b, 2017c; Alonso *et al.*, 2016c; Alonso *et al.*, 2016a); se calculó la sumatoria del puntaje individual respecto a salud, ambiente y comportamiento con las calificaciones que se otorgaron a cada animal durante la evaluación. Posteriormente, se obtuvo una sumatoria total (suma de puntaje obtenido en salud, en comportamiento y en ambiente) en cada uno de los animales; organizados de acuerdo a la etapa de los animales se calculó el promedio de la suma total de cada

animal, para después obtener la diferencia (promedio de la suma total por etapa menos la suma total de la etapa) de forma individual, el resultado se utilizó para determinar y categorizar a cada individuo en un estado de riesgo de pérdida de bienestar, donde: los animales categorizados con riesgo “bajo” fueron los de resultados inferiores a su suma total por etapa, los de riesgo “medio” fueron los de resultados similares a su suma total por etapa y por último, los animales de riesgo “alto” fueron los que presentaron resultados superiores a la suma total por etapa. Los de bajo riesgo fueron los animales con mejor estado de bienestar animal y los de deficiente bienestar fueron los animales clasificados con un alto riesgo de pérdida de bienestar. Las escalas de evaluación de bienestar animal utilizadas en cada etapa productiva se muestran en la sección de anexos.

5.8 Análisis estadístico

Se utilizó análisis de X^2 para comparar el porcentaje de muestras positivas diagnosticadas mediante aislamiento o PCR. Adicionalmente, se utilizó un meta-análisis de proporciones (Nyaga *et al.*, 2014) para obtener una estimación conjunta de la prevalencia de *Salmonella* spp. en cada etapa utilizando la transformación doble arcoseno (Barendregt *et al.*, 2013). Para el meta-análisis, se utilizó un modelo de efectos aleatorios (D-L) (DerSimonian and Kacker, 2007), el cual fue definido *a priori* debido a la heterogeneidad esperada entre las etapas (Borenstein *et al.*, 2007). Adicionalmente, tal como se describió previamente en otros estudios (Diaz *et al.*, 2019; Romo-Barron *et al.*, 2019) se utilizó el método de inverso de la varianza para pesar la contribución de los valores individuales.

Se construyeron gráficas de mosaico para visualizar el patrón de distribución de los puntajes obtenidos en cada uno de los indicadores de bienestar animal. Además, los puntajes obtenidos se distribuyeron en tres categorías de riesgo de pérdida de bienestar: Bajo, suma total inferior al promedio por etapa; Moderado, suma total similar al promedio por etapa; Alto, suma total superior al promedio por etapa. Se construyeron gráficas spie (spie charts) para representar la distribución relativa de las categorías de riesgo por etapa productiva.

Finalmente, se utilizó análisis de correspondencia múltiple para evaluar el patrón de asociación entre las etapas productivas, el riesgo de pérdida de bienestar y el percentil de la prevalencia de *Salmonella* spp. Para esto último se calcularon los percentiles 25%, 50% y 75% de los valores de prevalencia calculados mediante el meta-análisis para cada etapa en cada granja. A partir de los percentiles se generaron cuatro categorías: percentil Bajo, < 25%; percentil Medio bajo, 25-50%; percentil Medio alto, 50-75%; percentil Alto, > 75%. Los modelos multivariados se construyeron de acuerdo con especificaciones previamente descritas (Reyna-Fabián *et al.*, 2016; Sánchez-Fernández *et al.*, 2016; Zermeño *et al.*, 2013).

Para los análisis se consideró un nivel de $p < 0.05$ como significativo. Las gráficas se construyeron en Prism 8 (GraphPad, Inc.) y en SAS University Edition (SAS Institute). Los modelos multivariados se realizaron con el Proc CORRESP de SAS University. Los meta-análisis se realizaron mediante STATA 12, siguiendo algoritmos previamente validados (Nyaga *et al.*, 2014; Sanchez-Perez *et al.*, 2019).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ambas granjas se recolectaron en total 324 muestras, de las cuales 65.1% correspondieron a “La huerta” y 34.9% fueron de “Recoveco”. Como se observa en el Cuadro 1, las muestras se tomaron en cerdos de todas las etapas productivas en ambas granjas, aunque con un número distinto de muestras por etapa. Adicionalmente, 45.0% (95/211) y 49.6% (56/113) de las muestras de “La huerta” y “Recoveco” se obtuvieron de los animales faenados en rastro, en donde específicamente se colectaron fragmentos de íleon y de linfonódulo mesentérico (LNM).

Cuadro 1. Número de muestras recolectadas por granja para cada etapa/procedencia.

Etapa / Procedencia	Granja		
	La huerta	Recoveco	
Hembras	Gestación	19	9
	Maternidad	33	9
	<i>Subtotal n (%)</i>	<i>52 (24.6)</i>	<i>18 (15.9)</i>
Engorda	Destete	28	14
	Engorda	24	17
	Antes del transporte	5	5
	Después del transporte	7	3
	<i>Subtotal n (%)</i>	<i>64 (30.3)</i>	<i>39 (34.5)</i>
Rastro	Fragmentos de Íleon	48	28
	Linfonódulo mesentérico	47	28
	<i>Subtotal n (%)</i>	<i>95 (45.0)</i>	<i>56 (49.6)</i>
Total		211	113

6.1 Aislamiento bacteriano y amplificación del gen *invA*

Del total de muestras de ambas granjas, 17.9% (58/324) resultaron positivas a *Salmonella*. Adicionalmente, de los 58 aislamientos positivos que se realizaron, el 82.7% (48/58) amplificaron al gen *invA*, por lo cual mediante la técnica de PCR se encontró una positividad de 14.8% para las 324 muestras obtenidas (Cuadro 2), similar al estudio realizado en China por Jiang *et al.* (2019), donde la prevalencia obtenida en granjas fue de 11.77% (IC 95%: 10.1-13.6) y la prevalencia en rastro fue de 45.23% (IC 95%: 40.3-50.30), mientras que la prevalencia promedio obtenida fue de 19.4% (IC 95%: 17.6–21.4). Prevalencia similar a la reportada por Hernández *et al.* (2013), de 10.86% y la de Bjork *et al.* (2018), de 14.2% (429/3012) de positividad a *Salmonella* en muestras fecales obtenidas en los corrales de granjas de Estados Unidos, región donde se ha estimado que, entre el 25% y el 48% de la pira, puede ser positiva a *Salmonella* en la granja. Sin embargo, en condiciones de confinamiento intensivo, la prevalencia puede aumentar a más del 80% de las cerdas y los lechones alojados en jaulas de parto (Callaway *et al.*, 2005).

En un estudio realizado por Casanova-Higes *et al.* (2019) en lechones obteniendo muestras de linfonódulos mesentéricos (178/495) y contenido intestinal (175/495) se obtuvo una prevalencia promedio de *Salmonella* de 36.0% (IC 95% 31.9, 40.3), lo que no coincide con el resultado obtenido en el presente estudio. Dang-Xuan *et al.* (2018), realizaron un estudio en Vietnam, en donde muestrearon 72 granjas porcinas, 217 establecimientos que venden carne de cerdo y 13 rastros, obteniendo una prevalencia de *Salmonella* en granja del 36.1%, 38.9% en canales y 44.7% en carne cortada en establecimientos.

Por otro lado, en un estudio realizado en Reino Unido por De-Lucia *et al.* (2018), reportan una prevalencia de 70% (42/60) en muestras de corrales de destete y 91.7% (55/60) en muestras de corrales de engorda, con un 80.8% de prevalencia general de *Salmonella* en granja. Mientras que en este estudio se obtuvo una prevalencia de 12.5% (6/48) en destete y un 4.1% (2/48) en animales de engorda.

En el caso de “La huerta”, se obtuvo un número mayor de muestras positivas mediante aislamiento (16.1%), mientras que para “Recoveco” ambas técnicas diagnósticas arrojaron un número similar de muestras con positividad a *Salmonella* (21.2 y 20.3% por aislamiento y PCR, respectivamente). De hecho, en “Recoveco” 95.8% de los aislamientos realizados (23/24) amplificaron para el gen *invA*.

Cuadro 2. Número y porcentaje de resultados positivos obtenidos para cada granja de acuerdo con el tipo de técnica utilizada para el diagnóstico.

Granja	Muestras	Muestras positivas	
		Aislamiento	PCR
La huerta	211	34 (16.1%)	25 (11.4%)
Recoveco	113	24 (21.2%)	23(20.3%)
Total	324	58 (17.9%)	48 (14.8%)

Para ilustrar las principales etapas/momento en los cuales se encontró positividad a *Salmonella*, en la Figura 5A se presentan los momentos específicos en los que se obtuvieron las muestras. Por su parte, en las Figuras 5B y 5C se muestra, para cada

granja, la proporción de muestras positivas obtenidas mediante cada técnica diagnóstica. En ambas granjas, el porcentaje de muestras positivas no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las dos técnicas; sin embargo, se presentaron patrones específicos de positividad para cada granja, los cuales fueron dependientes de la etapa/momento analizado. En “La huerta”, los resultados positivos se distribuyeron de la siguiente manera: dos en gestación, siete en maternidad, tres en destete, dos en engorda, una antes de ser transportados, una después de ser transportados, 15 en íleon y tres en linfonodos meséntericos (LNM). El mayor porcentaje de positividad (rango 44.1-52.0%) se detectó en las muestras de íleon, seguidas en segundo lugar por 20.5 % y 24.0% de muestras positivas obtenidas en maternidad y diagnosticadas mediante aislamiento y PCR para el gen *invA*, respectivamente. En contraste, para “Recoveco” los resultados positivos se distribuyeron de la siguiente manera: cuatro en el área de gestación, cuatro en el área de maternidad, tres en destete, una antes del transporte de los cerdos al rastro, dos después del transporte, cuatro en muestras de íleon y seis en LNM. Las muestras de LNM se caracterizaron por presentar el mayor porcentaje de positividad a *Salmonella* (rango 25.0-26.1%). Además, en “Recoveco” se presentó una mayor proporción de muestras positivas durante la etapa de gestación y en destete. Las muestras obtenidas de rastro tuvieron mayor positividad que las recolectadas en otras etapas/momentos en ambas granjas, lo que concuerda con los resultados de Dang-Xuan *et al.* (2018) y Jiang *et al.* (2019).

Para comparar la prevalencia de *Salmonella* entre las distintas etapas productivas se utilizó un meta-análisis de proporciones. Mediante el meta-análisis se realizó una estimación de la prevalencia general para las dos granjas, a partir de la cual se compararon los valores individuales de cada sitio de muestreo. En la Figura 6 se presentan, para cada granja, las estimaciones con intervalos de confianza al 95% para las muestras obtenidas en las diferentes etapas/momentos. El análisis conjunto de la información arrojó una prevalencia general de 17% (IC al 95% 10.1 – 23.2). Por su parte, en “La huerta” la prevalencia fluctuó entre 0.0 y 27.1% para las distintas etapas, mientras que las muestras provenientes de “Recoveco” el rango de prevalencia se ubicó entre 0.0 y 66.6%. En el caso específico de “La huerta”, cuatro sitios de muestreo

se caracterizaron por presentar una prevalencia inferior al valor general, mientras que en “Recoveco” las etapas de gestación, maternidad y después del transporte presentaron prevalencias de 44.4% a 66.6%.

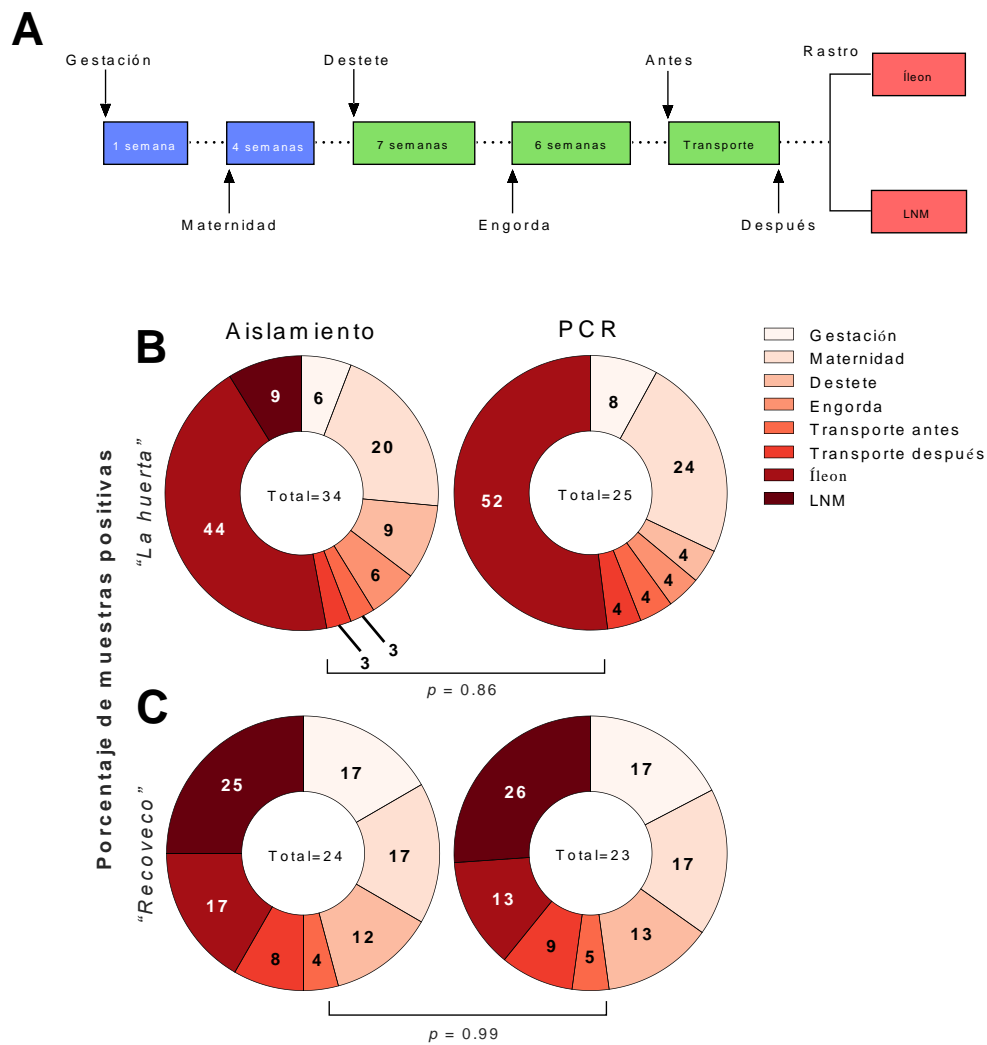


Figura 5. A) Representación esquemática de la procedencia de las muestras obtenidas y proporción de muestras positivas detectadas mediante cada técnica diagnóstica de acuerdo con la etapa/momento para B) “La huerta” y C) “Recoveco”.

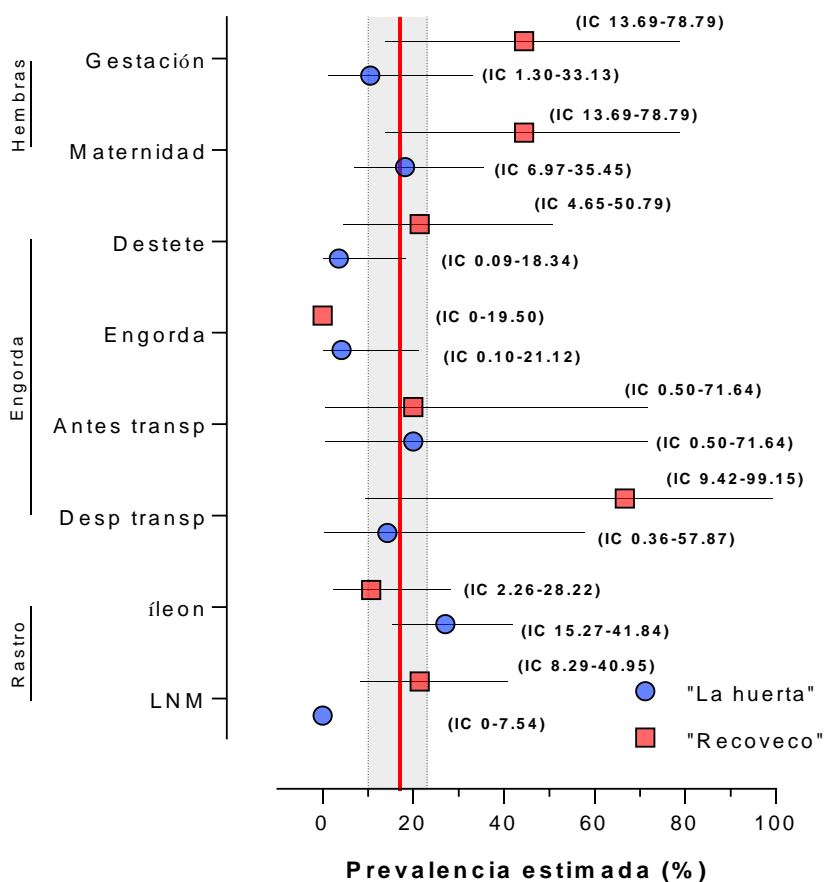


Figura 6. Forest plot de los valores estimados de prevalencia de acuerdo con la etapa/momento en que se muestreo en cada granja. Se presentan los puntos estimados con IC al 95% mediante meta-análisis de proporciones. La línea continua corresponde a la prevalencia estimada general para las dos granjas.

6.2 Evaluación de bienestar animal

Para la evaluación del bienestar animal, en ambas granjas, se evaluaron en total 54 indicadores. Los cuales el 22.2% (12/54) tuvieron resultado óptimo, es decir, que la calificación asignada para estos indicadores en todos los animales observados fue igual a cero. Por otro lado, el 77.7% (42/54) presentó por lo menos un individuo calificado con 1 o 2 (Figura 7). Existe la propuesta de que ciertos indicadores pueden eliminarse del protocolo para ser más rápidos en la evaluación, ya que no todos los indicadores son necesarios para realizar una evaluación confiable y válida (Czycholl *et al.*, 2017).

El grupo de indicadores que se analizó fueron las clasificadas como mayores a cero pues son los que contribuyeron con mayor información al estudio (ver figura 7). Posteriormente, los 42 indicadores se clasificaron en tres grupos: salud, comportamiento y ambiente, los cuales se analizaron de manera individual.

De acuerdo a un estudio realizado por Czycholl *et al.* (2017), en el norte de Alemania, reportaron que algunos indicadores podrían tener potencial de convertirse en indicadores de iceberg, es decir, un indicador que tiene una prevalencia notablemente alta que apunta a más de un problema de bienestar, por ejemplo, bursitis, espacio disponible por cerdo, mordidas en cola y los indicadores de comportamiento.

La variabilidad entre granjas de bursitis moderada o grave, la presencia de estiércol en menos del 50% de la superficie corporal, la expresión de comportamientos sociales positivos o negativos y la exploración, fueron indicadores importantes que en el estudio de Temple *et al.* (2011a) ayudaron a evaluar la discriminación entre granjas observadas.

Para analizar cuantitativamente el estado de bienestar animal de acuerdo con la etapa productiva, primero se sumaron los puntos obtenidos en cada indicador y después se construyeron gráficas de mosaico para clasificar las observaciones individuales de acuerdo con el puntaje total obtenido. De esta forma, se consideró un puntaje total igual a 0 como el “nivel óptimo” de bienestar animal, mientras que los valores >1 se determinaron como indicativos de pérdida de bienestar en los cerdos evaluados; a mayor suma de puntos, menor bienestar animal.

Indicadores de bienestar animal evaluados

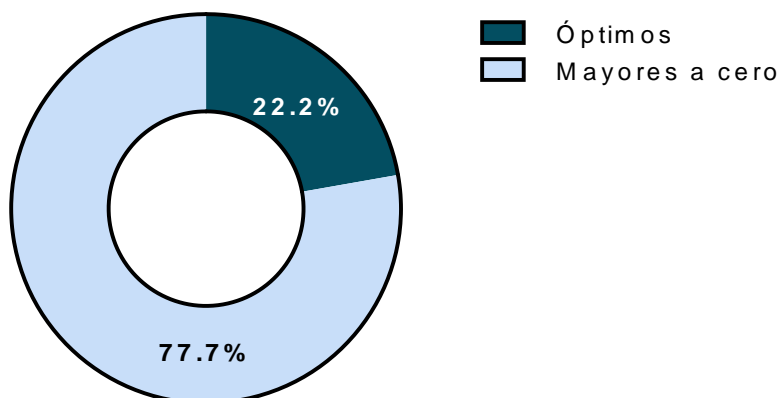


Figura 7. Clasificación de los indicadores de bienestar animal que fueron evaluados en ambas granjas porcinas.

6.2.1 Evaluación de comportamiento

Para comparar los indicadores de comportamiento entre las etapas evaluadas, se incluyeron los puntajes correspondientes a 16 indicadores (hazar, construir, morder barrotes, frotar la trompa contra superficies, agresión a sus compañeros, reacción de evitación, explorar, sentado como perro, heridas por agresión en lechones, mordidas a otros cerditos, masajeo de abdomen, juego, lengua enrollada, mordida en vulva, mordida en cola, manipulación excesiva del bebedero).

En la granja “La Huerta” se registró un puntaje máximo de siete, lo cual indica que en algunos animales se presentaron hasta siete distintos indicadores con una reducción del bienestar animal; en consecuencia, el estado de bienestar animal se considera deficiente de acuerdo con los indicadores de comportamiento. Como se aprecia en la Figura 8A, el mosaico muestra un patrón diferencial que varió de acuerdo con la etapa evaluada; la mayor frecuencia de observaciones con nivel óptimo de bienestar se presentó en los animales de destete. Sin embargo, un nivel variable de observaciones realizadas en dicha etapa presentó puntajes indicativos de pérdida de bienestar. Dicho resultado demuestra la existencia de heterogeneidad dentro de los animales provenientes de una misma etapa productiva. Por otra parte, las etapas de engorda,

maternidad y gestación se caracterizaron por una escasa frecuencia de observaciones dentro del nivel óptimo de bienestar. De hecho, las hembras evaluadas durante la gestación presentaron los puntajes más altos dentro de la evaluación, por lo cual los resultados sugieren un escaso bienestar para las hembras gestantes de acuerdo a su comportamiento.

En la granja “Recoveco” (Figura 8B), el mosaico demuestra que el puntaje máximo obtenido fue 5 para los indicadores de comportamiento, siendo menor al encontrado en “La huerta”. Dentro del nivel óptimo de bienestar animal, los cerdos evaluados en las etapas de destete y engorda tuvieron la mayor de frecuencia de observaciones. No obstante, resalta el hecho de que la cantidad más grande de observaciones se ubicó con un puntaje total de 1, por lo cual comparativamente el estado de bienestar de la granja “Recoveco” fue mayor al de “La Huerta” de acuerdo a su comportamiento. Resulta interesante además mencionar que las hembras evaluadas durante la maternidad se ubicaron consistentemente dentro de los tres valores de puntaje más altos, teniendo en consecuencia un bienestar bajo con respecto a los animales de las otras etapas.

En el estudio de Temple *et al.* (2011b), observaron que los comportamientos sociales negativos y positivos fueron significativamente ($P < 0.001$) más frecuentes entre los cerdos ibéricos en producción intensiva en comparación con los animales en producción extensiva. En cerdos ibéricos en producción intensiva, ambos tipos de comportamientos sociales estaban altamente correlacionados, también mostraron una incidencia significativamente mayor de comportamiento social negativo en comparación con los cerdos ibéricos de producción extensiva (5.1% y 1.0%, respectivamente). Las condiciones de cría intensiva tienden a fomentar la competencia por los recursos entre los cerdos, lo que aumenta la aparición y la duración de las interacciones sociales negativas.

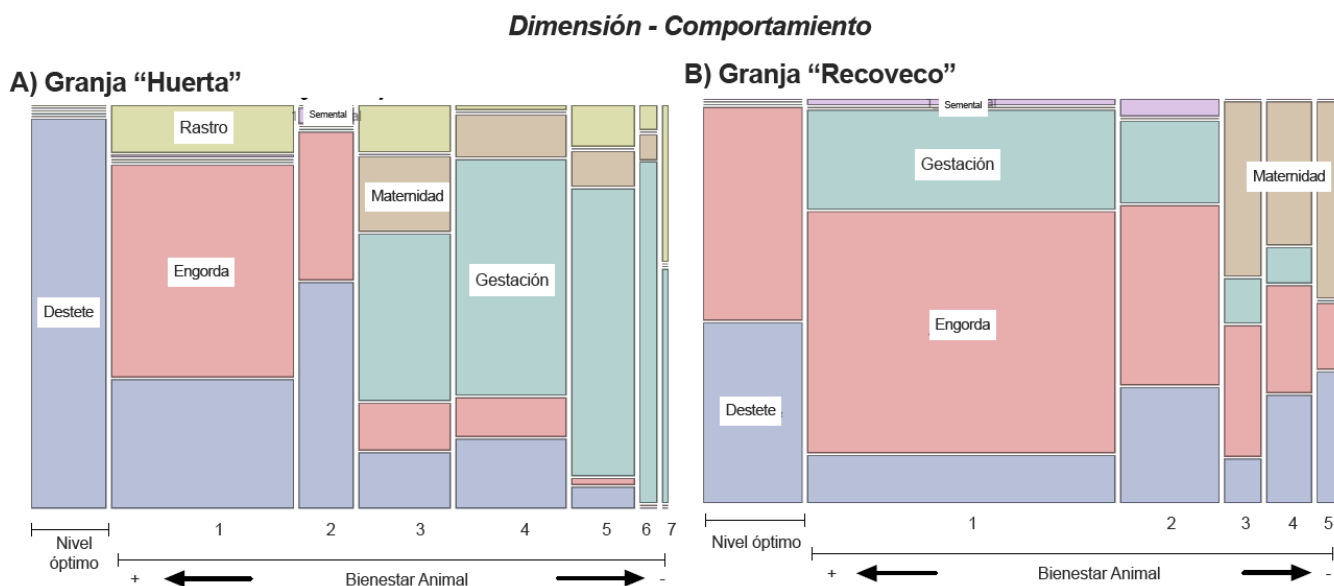


Figura 8. Distribución de los indicadores de comportamiento por etapa para la evaluación de bienestar animal en las granjas porcinas.

6.2.2 Evaluación de ambiente

Para la evaluación del ambiente de los animales, se consideraron 7 indicadores (accesibilidad al bebedero, presencia de una zona seca y una zona húmeda, alojamiento adecuado en el corral, limpieza en el corral, jaulas secas, abertura máxima de slats y daño en piso).

Como se observa en la Figura 9A, en "La Huerta" el resultado de las evaluaciones en rastro, engorda y gestación se ubicaron dentro del nivel óptimo de bienestar. En dicha granja se observó un puntaje total máximo de 4, además también se encontró que la mayoría de las observaciones se ubicaron en categorías con puntajes ≥ 1 , indicando con ello un nivel de pérdida de bienestar de acuerdo a su ambiente. La etapa que tuvo una mayor frecuencia de observaciones con puntuación de 1 fue destete, mientras que las cerdas gestantes frecuentemente presentaron un puntaje total de 2. En el caso de los cerdos en engorda, el mosaico muestra una heterogeneidad en la distribución de las observaciones, ya que se presentaron animales con nivel de bienestar óptimo y animales con el valor de puntaje total más alto.

En la granja de “Recoveco” la puntuación total máxima fue inferior a la de la Huerta. Adicionalmente, se presentó un patrón diferencial en los animales que no estuvieron en el nivel óptimo de bienestar; la categoría con puntaje de 1 estuvo representada por los cerdos evaluados en destete, mientras que en la categoría de menor bienestar (puntaje 2) se ubicaron parte de las observaciones realizadas en cerdos de engorda y en las hembras de maternidad. A diferencia de la Huerta, en Recoveco se presentó una mayor frecuencia de observaciones en nivel óptimo de bienestar animal, dentro de las cuales se ubicaron las hembras en gestación y una parte de los animales en engorda (Figura 9B).

La asignación de espacio en el piso afecta notablemente el bienestar de las cerdas. Además de la cantidad de espacio, la calidad del espacio es importante: la separación espacial entre las cerdas se puede proporcionar con barreras y establos visuales o físicos. El período inmediatamente posterior a la mezcla tiene los efectos más pronunciados sobre la agresión y el estrés, y por lo tanto, los corrales de mezcla bien diseñados ofrecen la oportunidad de reducir la agresión, las lesiones y el estrés al tiempo que permiten que la jerarquía social se forme rápidamente (Verdon *et al.*, 2015).

Temple *et al.* (2012), realizaron un estudio en tres sistemas productivos con diferentes características, una de ellas fue en cerdos negros mallorquines (producción extensiva) y otra en cerdos ibéricos (mantenidos en paja), los cuales tuvieron una menor prevalencia de heridas graves, en comparación con los cerdos en el sistema convencional (alojados en piso de concreto) y la menor prevalencia de mordeduras de cola. Centrándose en los cerdos alojados en el sistema convencional, se identificaron varios posibles factores causales (como el sistema de alimentación y el tipo de piso) en relación con heridas graves, mordeduras de cola y cojeras.

De acuerdo al estudio de Chantziaras *et al.* (2018), se observó que la ventilación natural en la unidad de gestación estudiada, se asoció con menos lechones nacidos vivos y con menos lechones destetados. El tipo cerrado de granjas se asoció con menos lechones nacidos muertos. Así mismo, el uso del sistema de corral abierto para cerdas gestantes (provisión de áreas de descanso individuales) se asoció con más lechones destetados.

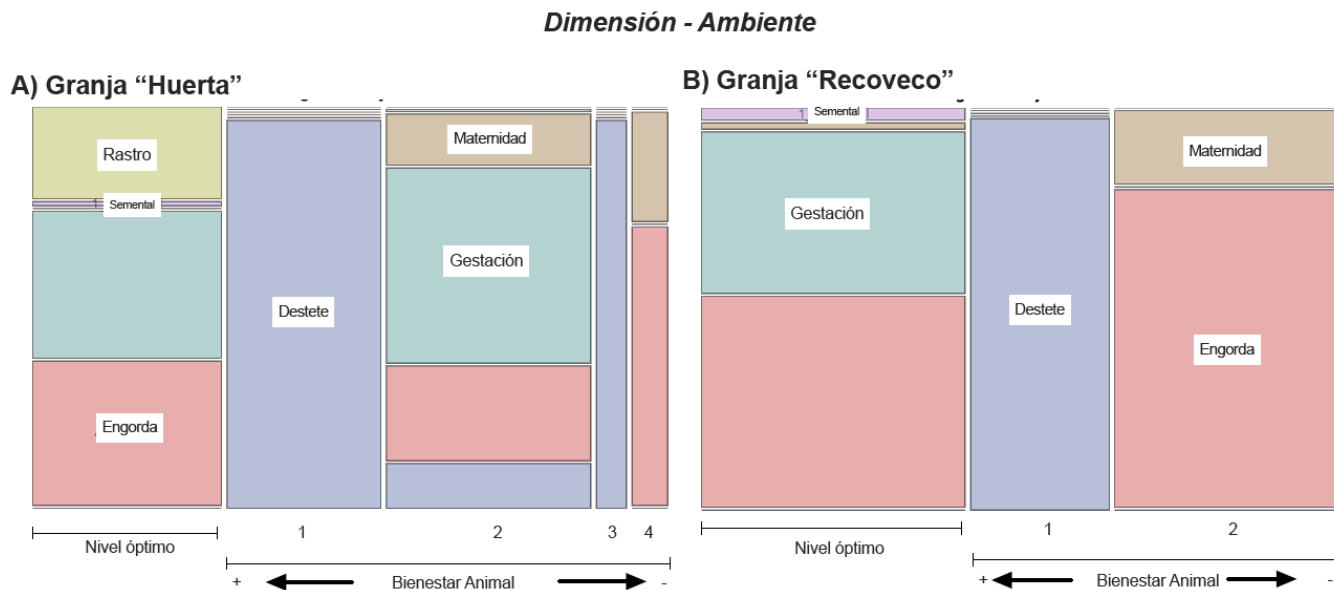


Figura 9. Distribución de los indicadores de ambiente por etapa para la evaluación de bienestar animal en las granjas porcinas.

6.2.3 Evaluación de salud

Para la evaluación de la salud de los animales observados, se consideraron 19 indicadores (condición corporal, cojeras, bursitis, lesiones en hombro, heridas en piel patológicas en lechones, heridas en el cuerpo, conjuntivitis, heridas en piel en lechones, piel irritada, pelo hirsuto, heces en el cuerpo, tos o estornudo, jadeos, abscesos, mastitis, condición corporal de lechones, apoyo de la cabeza en superficies, diarrea y orejas necróticas).

En la granja "La Huerta" fueron frecuentes las categorías que indicaron algún nivel de pérdida de bienestar; en consecuencia, el puntaje máximo para este indicador se ubicó en la categoría ≥ 10 . De acuerdo con el mosaico de la Figura 10A, dentro de las categorías con bienestar reducido se presentaron de forma consistente las observaciones realizadas en las etapas de engorda y gestación. Con respecto al nivel óptimo de bienestar, destete fue la etapa que más observaciones presentó con dicha característica.

En comparación a “La Huerta”, en la granja de Recoveco se presentó una mayor frecuencia de observaciones con nivel óptimo de bienestar, dentro de las cuales destacaron las etapas de gestación, engorda y destete. El puntaje máximo obtenido correspondió a 5 y fue inferior al que se presentó en “La Huerta”. Las observaciones correspondientes a la etapa de engorda se ubicaron consistentemente entre las categorías que indicaron algún nivel de pérdida de bienestar, por lo cual la evaluación del indicador salud sugiere un impacto negativo en el bienestar de los animales pertenecientes a dicha etapa (Figura 10B).

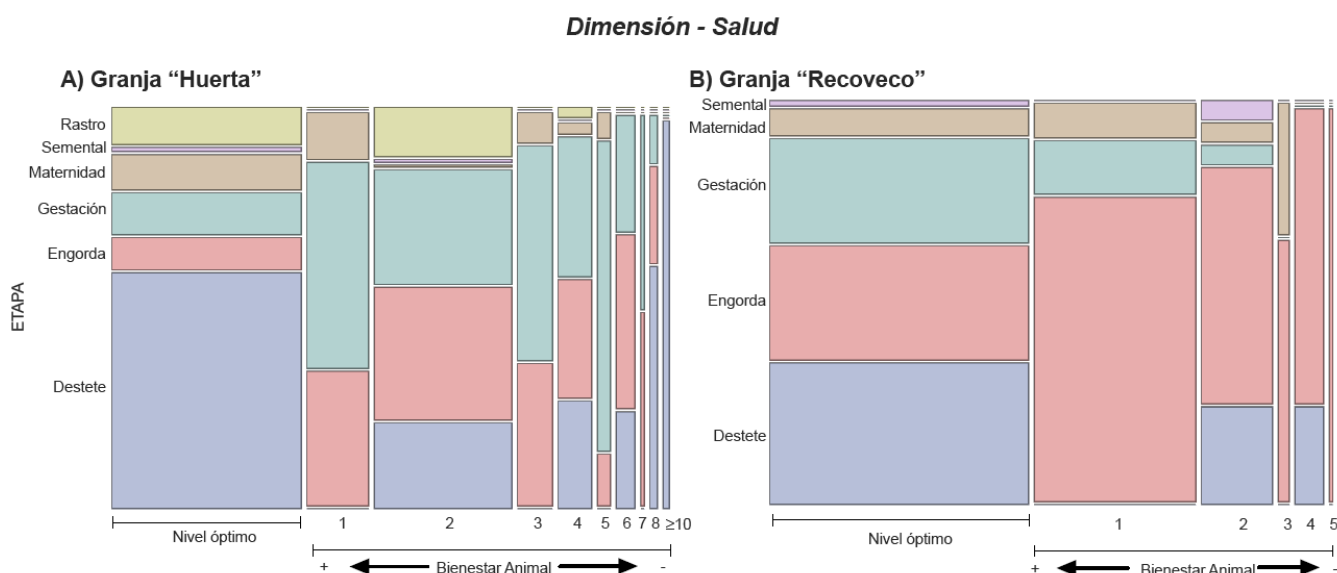


Figura 10. Distribución de los indicadores de salud por etapa para la evaluación de bienestar animal en las granjas porcinas.

El estudio de Faucitano (2001), indicó que las canales de cerdos con mayor daño en la piel también tenían niveles elevados de cortisol en sangre, lactato y creatinina fosfoquinasa, identificando posibles factores en la granja, el transporte y el establo que pueden influir negativamente en el bienestar del cerdo.

Del mismo modo, Gonyou *et al.* (1988) demostraron reducciones en la tasa de crecimiento en cerdos que tienen una mayor frecuencia de lesiones en las regiones de

orejas y hombros, lo que respalda la necesidad de evaluar la condición del cerdo en la granja (Pairis-Garcia and Moeller, 2017).

Por otro lado, Smulders *et al.* (2006), encontraron que las concentraciones de cortisol salival aumentaron significativamente en cerdos mordidos en la oreja y en cerdos con lesiones en la cola.

6.3 Análisis de riesgo de pérdida de bienestar en las granjas porcinas

Las observaciones realizadas en cada etapa se clasificaron de acuerdo con la suma de las puntuaciones de cada grupo de indicadores (salud, comportamiento y ambiente) en tres categorías de riesgo de pérdida de bienestar: bajo, moderado o alto. Los resultados se resumen en la Figura 11. En la granja “La Huerta” se observó que en destete existió un mayor porcentaje de animales con riesgo bajo de perder su bienestar. En contraste, en la etapa de engorda se incrementó el porcentaje de observaciones con riesgo moderado y alto, mientras que las hembras en gestación se caracterizaron por presentar el mayor porcentaje de observaciones en riesgo alto de pérdida de bienestar (Figura 11A). Un patrón contrastante se encontró en la granja “Recoveco”. Tal como se aprecia en la Figura 11B, excepto en la etapa de maternidad, el mayor número de observaciones se clasificaron dentro de la categoría de riesgo moderado.

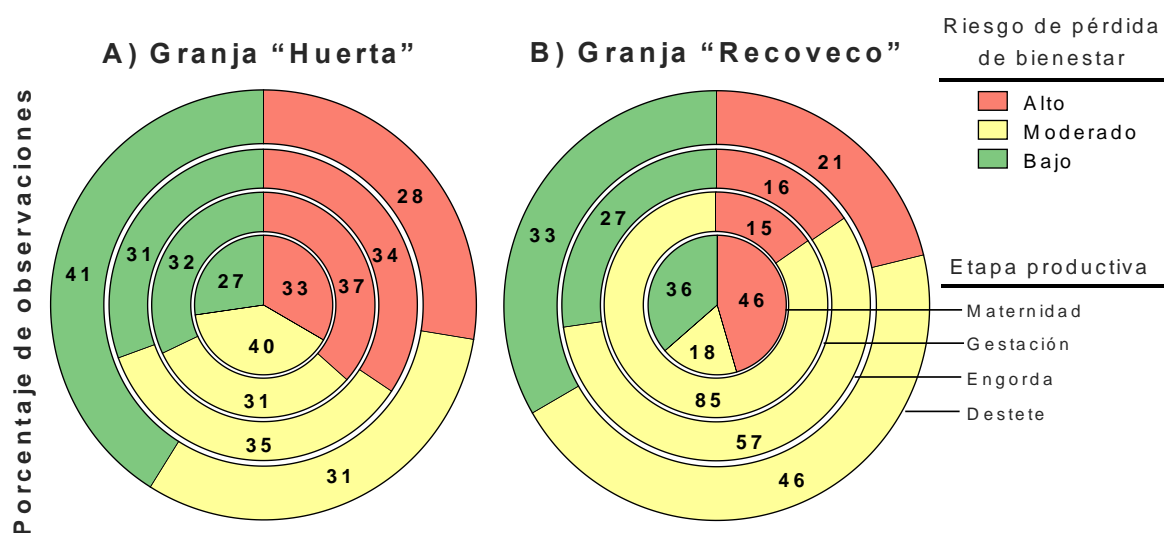


Figura 11. Ranking de riesgo de pérdida de bienestar animal por etapa productiva.

En un estudio realizado en 773 granjas porcinas por Li *et al.* (2017), se observó que únicamente el 2.9% (22/773) de las granjas estaban en un nivel óptimo de bienestar animal. Mientras que el 49.29% (381/773) tenían un bienestar medio, y el 37.77% (292/773) tenían bienestar pobre. La mayor influencia implica la prevención y el control de enfermedades, resultado que indica que un cuerpo sano es la base del bienestar de los cerdos.

6.4 Asociación entre la prevalencia de *Salmonella* spp. y el estado de bienestar de los cerdos

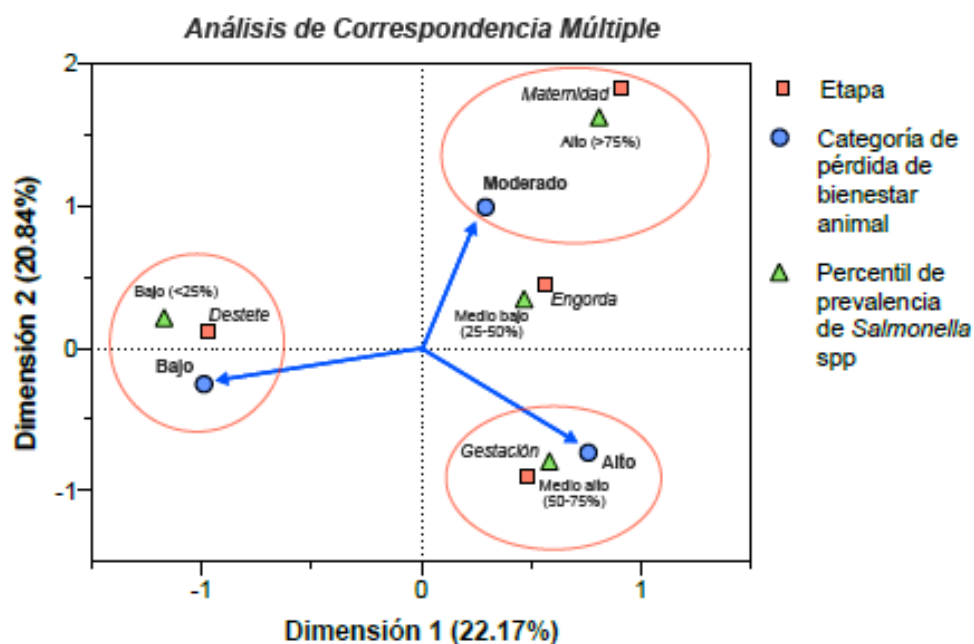
Se utilizó análisis multivariado para evaluar la asociación entre el estado de bienestar de los cerdos y la prevalencia de *Salmonella* en las distintas etapas. Para cubrir lo anterior, se realizó un análisis de correspondencia múltiple entre las categorías de potencial de pérdida de bienestar, las etapas productivas para cada granja y el percentil de prevalencia de *Salmonella* spp. encontrado en cada granja. Los resultados se presentan en la Figura 12 y demuestran una asociación diferencial entre los niveles de pérdida de bienestar y las etapas de producción en cada granja. En “La Huerta”, las hembras en gestación se asociaron con un potencial alto de pérdida de bienestar y un percentil medio alto de prevalencia de *Salmonella* spp. En contraste, las observaciones realizadas en los cerdos en destete se asociaron tanto a un nivel bajo de pérdida de bienestar, así como al percentil más bajo de prevalencia. Dentro de la misma granja, las hembras en etapa de maternidad formaron otro conglomerado que indicó una asociación estrecha con niveles moderados de pérdida de bienestar y el percentil más alto de prevalencia del patógeno. Finalmente, los animales de la etapa de engorda mostraron una asociación similar entre las dos categorías de mayor pérdida de bienestar y una relación estrecha con el percentil medio bajo de prevalencia (Figura 12A).

En comparación a “La Huerta”, en la granja “Recoveco” se encontró un patrón de asociación diferente debido a que las hembras en maternidad se asociaron con un nivel alto de pérdida de bienestar, mientras que las hembras gestantes mostraron una mayor correspondencia con el nivel moderado. En dicha granja, las etapas productivas de las hembras se asociaron con el percentil más alto de prevalencia de *Salmonella*

spp. (Figura 12B). Los cerdos en etapa de destete mostraron un bajo potencial de pérdida de bienestar, aunque se ubicaron dentro del percentil medio bajo de prevalencia del patógeno. Por último, los cerdos en engorda se asociaron estrechamente con el percentil de prevalencia de *Salmonella* spp. más bajo de toda la granja y se ubicaron entre la categoría baja y moderada de pérdida de bienestar animal.

Las enfermedades de producción son a menudo de origen multifactorial en el que los desafíos de salud y reproducción del medio ambiente (vivienda, nutrición y gestión) muestran interacciones complejas (Chantziaras *et al.*, 2018).

A) Granja “Huerta”



B) Granja “Recoveco”

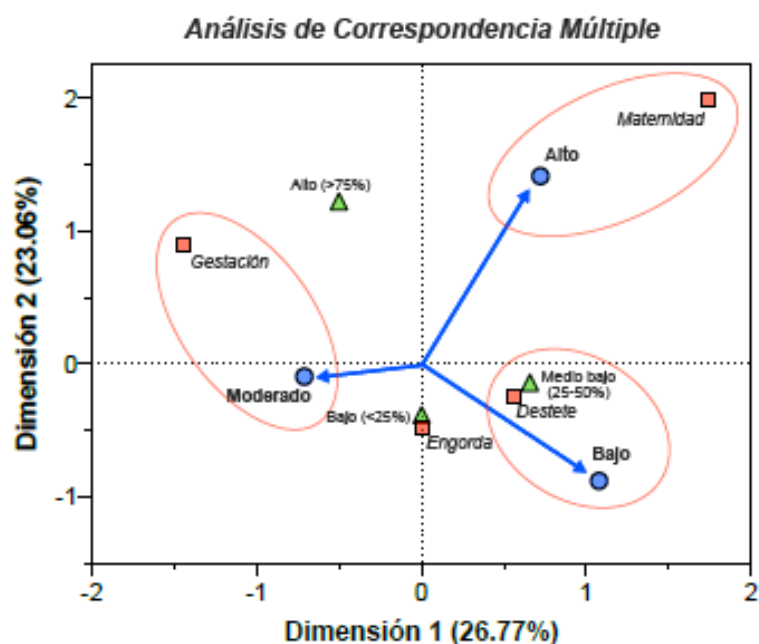


Figura 12. Análisis de correspondencia múltiple de la asociación entre las etapas productivas, las categorías de pérdida de bienestar y el percentil de prevalencia de *Salmonella* spp en los animales evaluados. En cada gráfica se presenta la Dimensión 1 y 2 que explican 43.01% y 49.83% de la variación total de los datos en “La Huerta” y “Recoveco”, respectivamente. Se dibujaron elipses arbitrarias para asistir la interpretación de los resultados: entre más cercanos se encuentren dos pares de puntos, mayor será la correspondencia (asociación) entre una categoría de pérdida de bienestar y una etapa productiva.

Por último para detectar de forma exacta las áreas de oportunidad de las granjas para mejorar las condiciones de los animales que pertenecen a su sistema de producción, se elaboraron graficas de barras donde se observan los indicadores que fueron evaluados en salud, comportamiento y ambiente, donde la calificación de 0 significa valor óptimo de bienestar y de acuerdo al indicador, la calificación de 1 (condiciones medias de pérdida de bienestar) o 2 (condiciones de alarma respecto a la pérdida de bienestar) para indicar pérdida de bienestar, en las etapas de gestación y maternidad con el fin de mostrar cuales contribuyeron mayormente a la pérdida de bienestar en cada una de las granjas.

Se puede observar en la figura 13A que los indicadores que contribuyen mayormente a una pérdida de bienestar en animales de maternidad en la granja la Huerta fueron lesiones en hombro presente en el 33.33% (11/33) de los animales, aproximadamente el 10% de los animales presentaron mastitis, en menor proporción se presentaron tos o estornudos, heces en el cuerpo de las cerdas y bursitis. En la granja de recoveco, el 30% (3/11) de los animales tuvo lesiones en el cuerpo, el 20% (2/11) presentó bursitis y heridas en el cuerpo.

Por otro lado en la figura 13B, se observa que todos los indicadores presentaban cerdas con calificaciones que sugieren pérdida de bienestar (puntuación distinta a cero/óptimo) el 30% de las cerdas de gestación de la granja La Huerta presentaron una condición corporal indicativa de pérdida de bienestar ($CC < 0 > a 3$, considerado bajo peso u obesidad), aproximadamente el 50% (85/156) de los animales presentó heces en el cuerpo, desde un 30% hasta 70% de su cuerpo, cerca del 30% de los animales se observó con heridas en el cuerpo, el 14% de las cerdas presentaron abscesos y en menores proporciones se presentaron conjuntivitis, tos o estornudos, mastitis, bursitis y cojeras.

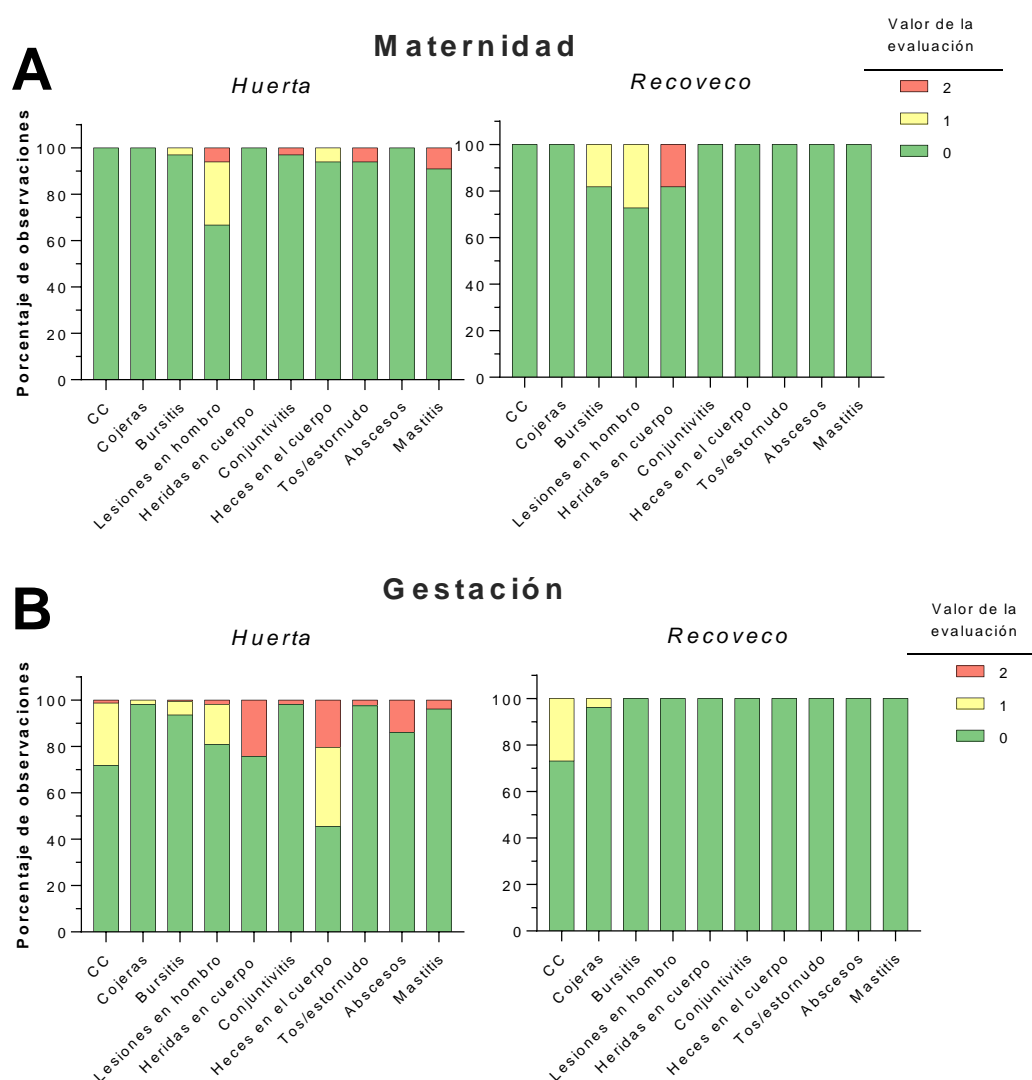


Figura 13. Contribución de los indicadores de bienestar considerados para evaluar la salud en ambas granjas en la etapa de maternidad (A) y la etapa de gestación (B).

En la figura 13A se muestran los indicadores para evaluar el comportamiento de las cerdas en maternidad, en ambas granjas se presentó en el 100% de los animales (Huerta: 33 y Recoveco: 11) la falta de oportunidad para que las cerdas pudieran hozar, construir y explorar a casua de las instalaciones. Otros de los indicadores observados en La Huerta fue reacción de evitación (RE) presente casi en el 40% de los animales, el 12% (4/33) de los animales mordían barrotes y frotaban su trompa en las superficies disponibles, mientras que el 6% (2/33) se observaron sentados como perro y heridas en cola. La figura 13B muestra que las cerdas de gestación en la granja La Huerta

presentaron la falta de hozar, construir y explorar. El 50% (78/156) de los animales frotaba la trompa en las superficies, el 30% (47/156) presentó reacción de evitación y el 20% (31/156) mordía los barrotes de las jaulas. En la granja de Recoveco, el 100% (26/26) de las cerdas de gestación no se les permitía construir y el 23% (6/26) de las cerdas actuaban agresivas con sus compañeras.

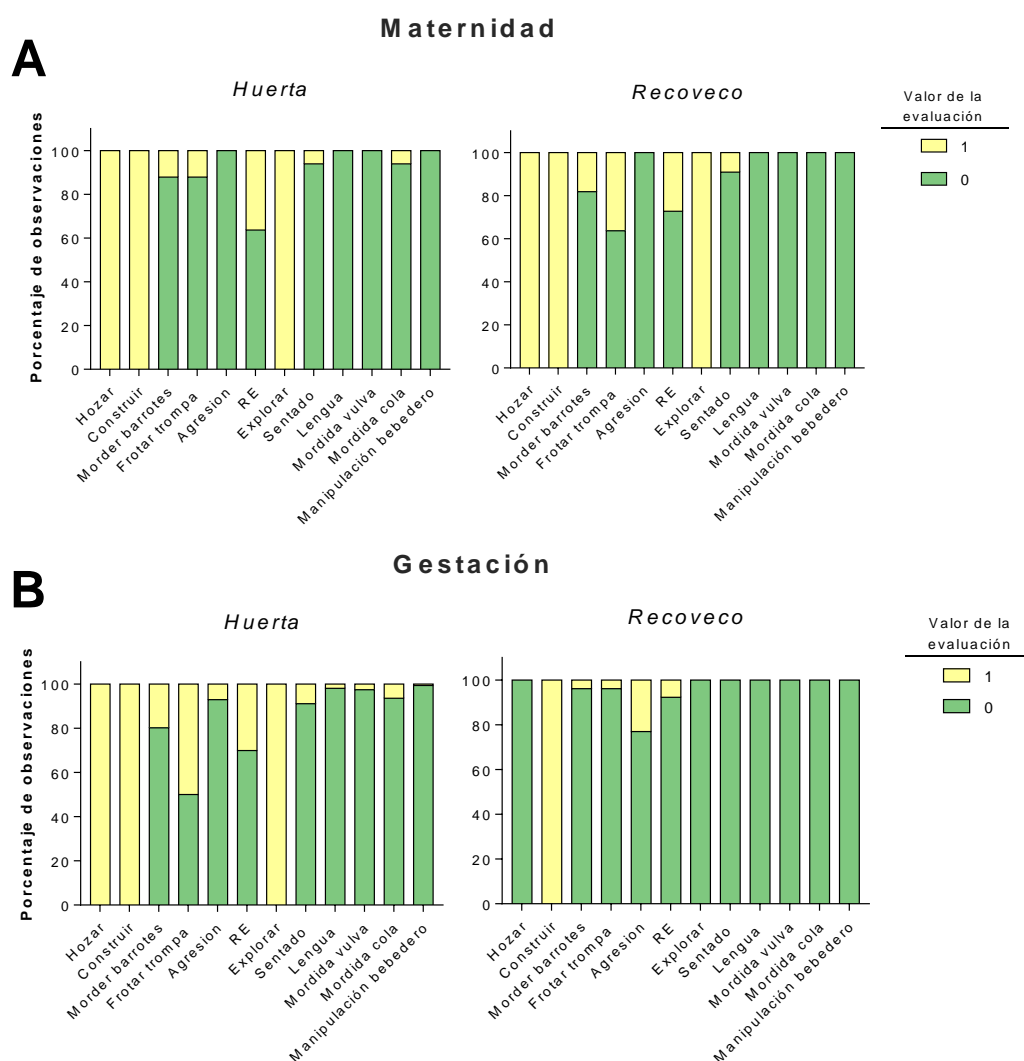


Figura 14. Contribución de los indicadores de bienestar considerados para evaluar el comportamiento en cerdas de maternidad (A) y gestación (B) en ambas granjas.

En la figura 15A, se observa que el 100% (33/33) de las cerdas de maternidad de la granja La Huerta, tuvieron un alojamiento inadecuado del corral/jaula en el que se

evaluaron. Mientras que el 27% (9/33) de las cerdas se les dificultaba tener acceso a los bebederos, es decir que la altura de los bebederos no era la adecuada. En la granja de Recoveco el 90% (10/11) de las cerdas en maternidad no tenían un alojamiento adecuado de corral/jaula, es decir que las medidas mínimas requeridas no se cumplieron. En la figura 15B, se observa que el 59% (92/156) de las cerdas de gestación de la granja La Huerta tenían las jaulas sucias (más del 50% de la jaula sucia con heces). Mientras que en la granja de Recoveco, las cerdas en la etapa de gestación no presentaron indicadores de bienestar con calificaciones distintas a cero, por lo que se sugiere que esos indicadores fueron óptimos.

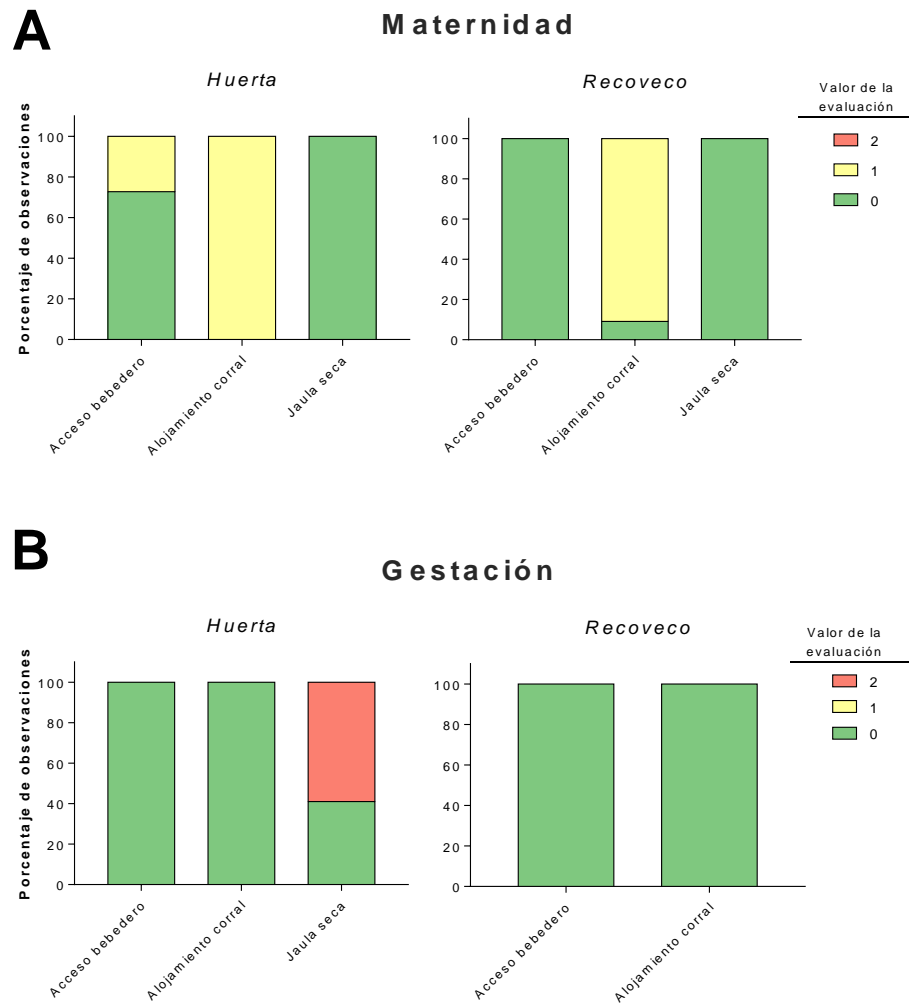


Figura 15. Contribución de los indicadores de bienestar considerados para evaluar el ambiente en cerdas de la etapa de maternidad (A) y gestación (B) en ambas granjas.

VII. CONCLUSIÓN

En ambas granjas estudiadas (“La Huerta” y “Recoveco”) las etapas de gestación y maternidad, son las que presentaron mayor riesgo de pérdida de bienestar y mayor presencia del patógeno. Los principales indicadores que contribuyeron a esta pérdida de bienestar en las cerdas fueron: lesiones en hombro, heridas en el cuerpo, bursitis, heces en el cuerpo, condición corporal, falta de oportunidad para hozar, construir o explorar, reacción de evitación o miedo/agresión a las personas, frotar la trompa contra superficies, morder barrotes, agresión a compañeras, un alojamiento insuficiente de corral/jaula, dificultad a acceder al bebedero y jaulas sucias con heces. Algunos de ellos por la estructura o instalaciones de las granjas, sin embargo hay situaciones que se pueden evitar para reducir esta pérdida de bienestar en las cerdas de ambas etapas. La evaluación de bienestar animal es una herramienta que debería ser parte de la legislación en nuestro país, pues interviene de manera productiva, en salud animal, así como también impacta en salud pública en relación a la calidad e inocuidad de los productos de origen animal. Debido a la importancia de *Salmonella* contaminando productos de origen porcino poniendo en riesgo la salud humana, es sumamente importante y relevante socializar a los productores de ambas granjas la información obtenida en este estudio, para así realizar las intervenciones específicas en las etapas con mayor riesgo de pérdida de bienestar y tomar medidas para reducir o evitar la diseminación de la bacteria. Sin embargo, es apropiado enfatizar que se necesita realizar más estudios a profundidad y detalle, donde se evalúen otros aspectos a los que los animales están expuestos, para tener una perspectiva más clara y conjunta de lo que sucede en las granjas y resolver el riesgo de contaminación de productos para consumo humano, para que, en conjunto se eviten posibles enfermedades de transmisión alimentaria.

LITERATURA CITADA

- Alarcón, R. A. D., A. J. G. Gamboa, and V. H. Janacua. 2008. El papel de las hormonas en el estrés porcino. *Tecnociencia Chihuahua II*.
- Alonso, S. M., N. Ramírez, R., P. J. Hernandez, L. M. A. Herradora, and G. R. Martinez. 2016b. Tips para la evaluación del bienestar animal. 3. El comportamiento de la cerda gestante y lactante. *Los Porcicultores y su entorno* 18: 76, 78, 80-82 y 84.
- Alonso, S. M., and N. R. Ramirez. 2017a. Tips para la evaluación del bienestar animal. 6. La salud del lechón destetado. *Los Porcicultores y su entorno* 19: 20-22, 24, 26-27.
- Alonso, S. M., and N. R. Ramirez. 2017b. Tips para la evaluación del bienestar animal. 7. El animal del cerdo destetado. *Los Porcicultores y su entorno* 19: 90-92, 94, 96-98, 100 y 102.
- Alonso, S. M., and N. R. Ramirez. 2017c. Tips para la evaluación del bienestar animal. 8. El comportamiento del cerdo destetado. *Los Porcicultores y su entorno* 19: 72, 74-76, 78. 80-81.
- Alonso, S. M., N. R. Ramírez, P. J. Hernández, and L. M. A. Herradora. 2016c. Tips para la evaluación del bienestar animal. La salud de la cerda gestante y lactante. *Los Porcicultores y su entorno* 110: 8-10, 12, 14-16.
- Alonso, S. M., N. R. Ramírez, P. J. Hernández, L. M. A. Herradora, and G. R. Martínez. 2016a. Tips para la evaluación del Bienestar Animal. El ambiente de la cerda gestante y lactante. *Los Porcicultores y su entorno* 111: 8-10, 12, 14-16.
- Argüello, H. et al. 2019. Influence of the Intestinal Microbiota on Colonization Resistance to Salmonella and the Shedding Pattern of Naturally Exposed Pigs. *mSystems* 4.
- Artuso-Ponte, V. et al. 2015. Supplementation with Quaternary Benzo(c)phenanthridine Alkaloids Decreased Salivary Cortisol and Salmonella Shedding in Pigs After Transportation to the Slaughterhouse. *FOODBORNE PATHOGENS AND DISEASE* 12.
- Barendregt, J. J., S. A. Doi, Y. Y. Lee, R. E. Norman, and T. Vos. 2013. Meta-analysis of prevalence. *Journal of Epidemiology and Community Health* 67: 974-978.
- Biswas, R. et al. 2011. Cloning and sequencing of biofilm-associated protein (bapA) gen and its occurrence in different serotypes of Salmonella. *Letters in Applied Microbiology* 52: 138-143.
- Bjork, K. E., V. Fields, L. P. Garber, and C. A. Koprak. 2018. Factors Associated with Salmonella Prevalence in U.S. Swine Grower-Finisher Operations, 2012. *FOODBORNE PATHOGENS AND DISEASE* XX.
- Borenstein, M., L. Hedges, and H. Rothstein. 2007. Meta-analysis: Fixed effect vs. random effects. <https://www.meta-analysis.com/downloads/Meta-analysis%20fixed%20effect%20vs%20random%20effects%20072607.pdf> Accessed 10-03-2019.
- Broom, D. M. 1986. Indicators of poor welfare. *British veterinary journal* 142: 524-526.
- Brown, C. C., D. C. Baker, and I. K. Barker. 2007. System alimentary: Bacterial diseases of the alimentary tract. In: K. P. Jubb KV, Palmer NC (ed.) *Pathology of domestic animals*. p 183-228. Ontario: Saunders.
- Burrows, C. F. 2006. Trastornos gastrointestinales: Intestino delgado. In: Elsevier-Masson (ed.) Schaer, M. *Medicina clínica del perro y el gato*. p 251-320, España.
- Callaway, T. R. et al. 2005. Environmental Prevalence and Persistence of Salmonella spp. in Outdoor Swine Wallows. *FOODBORNE PATHOGENS AND DISEASE* 2: 263-273.
- Casanova-Higes, A. et al. 2019. Weaned piglets: another factor to be considered for the control of Salmonella infection in breeding pig farms. *Veterinary Research*: 1-11.
- Chantziaras, I. et al. 2018. Factors associated with specific health, welfare and reproductive performance indicators in pig herds from five EU countries. *Preventive Veterinary Medicine* 159: 106-114.

- Chrousos, G. P., and P. W. Gold. 1992. The concept of stress and stress system disorders. *J. Amer. Medical Assoc* 267: 1244-1252.
- Crum, C. N. F. 2008. Salmonellosis and the GI Tract: More than Just Peanut Butter. *National Institutes of health* 10: 424-431.
- Czycholl, I., C. Kniese, L. Schrader, and J. Krieter. 2017. Assessment of the multi-criteria evaluation system of the Welfare Quality® protocol for growing pigs. *Animal*: 1-8.
- Damian, J., and R. Ungerfeld. 2013. Indicadores de bienestar animal en especies productivas: una revisión crítica. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 21: 103-113.
- Damián, J. P., and R. Ungerfeld. 2012. Indicadores de bienestar animal en especies productivas: una revisión crítica. *Sitio Argentino de Producción Animal* 21: 103-113.
- Dang-Xuan, S. et al. 2018. Risk factors associated with *Salmonella* spp. prevalence along smallholder pig value chains in Vietnam. *International Journal of Food Microbiology* 290: 105-115.
- De-Lucia, A. et al. 2018. Role of wild birds and environmental contamination in the epidemiology of *Salmonella* infection in an outdoor pig farm. *Veterinary Microbiology*.
- DerSimonian, R., and R. Kacker. 2007. Random-effects model for meta-analysis of clinical trials: an update. *Contemporary Clinical Trials* 28: 105-114.
- Dhabhar, F. S. 2002. Stress-induced augmentation of immune function: the role of stress hormones, leukocyte trafficking, and cytokine. *Brain Behav. Imm* 16: 785-798.
- Diaz, D. et al. 2019. Systematic review and meta-analysis of the efficacy of reproductive management practices used to induce resumption of ovarian cyclical activity in anestrous does. *Preventive Veterinary Medicine* 169: 104709.
- Diaz, D. et al. 2018. Incidence of Intestinal Infectious Diseases due to Protozoa and Bacteria in Mexico: Analysis of National Surveillance Records from 2003 to 2012. *Hindawi. BioMed Research International* 2018: 12.
- Espinal, P., E. Prieto, V. Otero, and S. Máttar. 2005. Presencia del gen de invasividad *invA* en cepas de *Salmonella* spp. aisladas de alimentos del caribe colombiano. *Revista Cubana Salud Pública*.
- FAO. 2012. Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar. <http://www.fao.org/3/a-i2094s.pdf>.
- Faucitano, L. 2001. Causes of skin damage to pig carcasses. *Animal Science* 81: 39-45.
- Fernández, V., J. Velasco, A. Benito, and M. Nieto. 2006. Salmonellosis porcina: casos clínicos. *Anaporc* 33: 54-64.
- Flores, C. R. 2014. La salmonellosis porcina y su importancia en la cadena de producción. *SUIS* 111: 16-21.
- Friedrich, L., J. Krieter, N. Kemper, and I. Czycholl. 2019. Test-retest reliability of the Welfare Quality Assessment protocol for pigs applied to sows and piglets. Part 2. Assessment of the principles good feeding, good housing, and good health. *American Society of Animal Science*.
- Galán, J., and R. I. Curtiss. 1991. Distribution of the *invA*, -B, -C, and -D genes of *Salmonella typhimurium* among other *Salmonella* serovars: *invA* mutants *Salmonella typhi* are deficient for entry into mammals. *Infect Immun* 59: 2901-2908.
- GBD. 2017. Global trends in causes of death. *IHME*.
- GBD. 2018a. Estimates of the global, regional, and national morbidity, mortality, and aetiologies of diarrhoea in 195 countries: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet* 18.
- GBD. 2018b. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* 392: 1736–1788.

- GBD. 2018c. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* 392: 1789–1858.
- Gonyou, H. W., P. K. A. Rohde, D. B. Anderson, and R. D. Olsson. 1988. Effect of amperozide and azaperone on aggression and productivity of growing-finishing pigs. *Animal Science* 66: 2856-2864.
- González, C. M. 2014. Epidemiología de *Salmonella* spp. en cerdos de engorde. Instituto valenciano de investigaciones agrarias.
- Gutiérrez, L., E. Montiel, P. Aguilera, and G. M. 2000. Serotipos de *Salmonella* identificados en los servicios de salud de México.
- Havelaar, A. H. et al. 2015. World Health Organization Global Estimates and Regional Comparisons of the Burden of Foodborne Disease in 2010. *PLoS Med* 12.
- Hernández, M. et al. 2013. *Salmonella* prevalence and characterization in a free-range pig processing plant: Tracking in trucks, lairage, slaughter line and quartering. *International Journal of Food Microbiology* 162.
- Heuß, E. M., M. J. Pröll-Cornelissen, C. Neuhoff, E. Tholen, and C. Große-Brinkhaus. 2019. Invited review: Piglet survival: benefits of the immunocompetence. *Animal Science*: 1-11.
- Huertas, C. S. M. 2009. El Bienestar Animal: un Tema Científico, Ético, Económico y Político. *Agrociencia XIII*: 45-50.
- Hughes, B. O. 1976. Behaviour as an index of welfare. In: *Proceedings of the Fifth European Poultry Conference, Malta*. p 1005–1018.
- Jiang, Z. et al. 2019. Antibiotic Resistance Profiles of *Salmonella* Recovered From Finishing Pigs and Slaughter Facilities in Henan, China. *Frontiers in Microbiology* 10.
- Johnson, E. O., T. C. Kamilaris, G. P. Chrousos, and G. P.W. 1992. Mechanisms of stress: a dynamic overview of hormonal and behavioral homeostasis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 16: 115-130.
- Li, Y. et al. 2017. Empirical analysis of pig welfare levels and their impact on pig breeding efficiency- Based on 773 pig farmers' survey data. *PLOS ONE* 12.
- Liu, F. et al. 2009. Heat-stress-induced damage to porcine small intestine epithelium associated with downregulation of epithelial growth factor signaling. *J. Anim. Sci* 87: 1941-1949.
- Mainar-Jaime, R. C., and E. Creus. 2010. Salmonelosis en las explotaciones porcinas. *Suis* 67: 53-58.
- Majowicz, S. E. et al. 2010. The Global Burden of Nontyphoidal *Salmonella* Gastroenteritis. *Clinical Infectious Diseases* 50: 882-889.
- Manteca, X. 1999. Bienestar animal. *Anaporc* 188: 87-97.
- Moberg, G. P. 2000. Biological response to stress: implications for animal welfare. In: M. J. MobergGP (ed.) *The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare*.
- Mueller-Doblies, D., K. C. R. Speed, S. Kidd, and R. H. Davies. 2017. *Salmonella* Typhimurium in livestock in Great Britain – trends observed over a 32-year period. *Epidemiology and Infection*.
- Mughini-Gras, L. et al. 2014. Risk Factors for Human Salmonellosis Originating from Pigs, Cattle, Broiler Chickens and Egg Laying Hens: A Combined Case-Control and Source Attribution Analysis. *PLOS ONE* 9.
- Mussaret, B., C. López, and E. Calva. 2006. Estudios mexicanos sobre *Salmonella*: epidemiología, vacunas y biología molecular. *Revista Latinoamericana de Microbiología*
- National-Pork-Board. 2003. Pork Checkoff Swine Welfare Assurance Program. A Program of America's Pork Producers. USA: National Pork Board. <http://www.porkboard.org/SWAPHome/>.
- National-Pork-Board. 2019. Auditoría comun de la industria porcina. Instrucciones, estándares y herramientas para auditar, National Pork Board, Des Moines, IA USA.

- Nyaga, V. N., M. Arbyn, and M. Aerts. 2014. Metaprop: a Stata command to perform meta-analysis of binomial data. *Archives of Public Health* 72: 39.
- OMS. 2019. Salmonella no tifoidea. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal)).
- Pairis-García, M., and S. J. Moeller. 2017. ANIMAL BEHAVIOR AND WELL-BEING SYMPOSIUM: The Common Swine Industry Audit: Future steps to assure positive on-farm animal welfare utilizing validated, repeatable and feasible animal-based measures. *Animal Science* 95: 1372-1381.
- Pala, C. et al. 2019. Epidemiological survey on the prevalence of *Salmonella* spp. in the Sardinian pig production chain, using real-time PCR screening method. *Italian Journal of Food Safety* 8.
- Parra, M., D. J., and M. S. 2002. Microbiología, patogénesis, epidemiología, clínica y diagnóstico de las infecciones producidas por Salmonella. *Revista MVZ Córdoba* 7.
- Piñeiro, M. et al. 2013. The use of acute phase proteins for monitoring animal health and welfare in the pig production chain: The validation of an immunochromatographic method for the detection of elevated levels of pig-MAP. *Meat Science* 95: 712-718.
- Reyna-Fabián, M. E. et al. 2016. Analysis of the bacterial diversity in liver abscess: differences between pyogenic and amebic abscesses. *The American journal of tropical medicine and hygiene* 94: 147-155.
- Rivera, C. L. G., D. P. A. Motta, U. M. F. Cerón, and C. F. A. Chimonja. 2012. Resistencia de la Salmonela a los antimicrobianos convencionales para su tratamiento. *CES Med Vet Zootec* 7: 115-127.
- Romero, R. 2007. Microbiología y parasitología humana, bases etiologicas de las enfermedades infecciosas y parasitarias. In: E. M. Panamericana (ed.). p 785.
- Romo-Barron, C. B. et al. 2019. Impact of heat stress on the reproductive performance and physiology of ewes: a systematic review and meta-analyses. *International Journal of Biometeorology* 63: 949-962.
- Ruggeri, J. et al. 2015. Inactivated Salmonella enterica serovar Typhimurium monophasic variant (S. Typhimurium 1,4,[5],12:i-) in sows is effective to control infection in piglets under field condition. *Veterinary Microbiology* 180: 82-89.
- Salyers, A., and D. Whitt. 2002. Bacterial Patogénesis: a molecular approach. In: A. press (ed.). p 681-695, Washinton.
- Sánchez-Fernández, R. E. et al. 2016. Antifungal volatile organic compounds from the endophyte *Nodulisporium* sp. strain GS4d2II1a: a qualitative change in the intraspecific and interspecific interactions with *Pythium aphanidermatum*. *Microbial ecology* 71: 347-364.
- Sanchez-Perez, J. N. et al. 2019. Regional and national prevalence of carcass bruising in bovines during slaughter: A meta-analysis of primary studies from 16 countries. Submitted to *Meat Science*.
- Sapolsky, R. M., L. M. Romero, and M. A. U. 2000. How do glucocorticoids influence stress response? Integration, permissive, suppressive stimulatory and preparative actions. *Endocr. Rev.* 21: 55-89.
- Schulte zu Sundern, A. et al. 2018. Relationships between colostrum supply of suckling piglets and Salmonella prevalence in piglet rearing. *Porcine Health Management* 4.
- Secretaria-De-Salud. 2017. Notificación semanal casos nuevos de enfermedades 2017. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215342/3_Reporte_de_marzo_de_2017.pdf.
- Secretaria-De-Salud. 2019. Boletín epidemiológico, sistema nacional de vigilancia epidemiológica. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/436365/sem05.pdf> 2019.

- Smulders, D., G. Verbeke, P. Mormède, and R. Geers. 2006. Validation of a behavioral observation tool to assess pig welfare. *Physiology & behavior* 89: 438-447.
- Straw, B., J. J. Zimmerman, S. D'allaire, and D. J. Taylor. 2006. Diseases of swine. In: S. K. Griffith RW, Meyerholz DK (ed.). p 739-755, Iowa, USA.
- SWAP, S. W. A. P. 2003. Pork Checkoff Swine Welfare Assurance Program. USA: National Pork Board, Des Moines, IA.
- Temple, D., V. Courboulay, A. Velarde, A. Dalmau, and X. Manteca. 2012. The welfare of growing pigs in five different production systems in France and Spain: assessment of health. *Animal Welfare* 21: 257-271.
- Temple, D., A. Dalmau, d. I. T. J. L. Ruiz, X. Manteca, and A. Velarde. 2011a. Application of the Welfare Quality protocol to assess growing pigs kept under intensive conditions in Spain. *Journal of Veterinary Behavior* 6: 138-149.
- Temple, D., X. Manteca, A. Velarde, and A. Dalmau. 2011b. Assessment of animal welfare through behavioural parameters in Iberian pigs in intensive and extensive conditions. *Applied Animal Behaviour Science* 131: 29-39.
- Thrusfield, M. 1990. *Epidemiologia veterinaria*.
- Verdon, M. et al. 2015. Effects of group housing on sow welfare: A review. *Animal Science* 93: 1999-2017.
- Vilanova, M. X. 2008. Indicadores de bem-estar em animais de produção. *Ciência Veterinária nos Trópicos* 11: 56-58.
- Vilanova, M. X. 2009. *Etología veterinaria*. In: M. e. veterinarias (ed.), Barcelona, España.
- Vílchez, P. C. 2014. Estrés calórico y fisiología digestiva en porcinos.
- Welfare-Quality. 2009. Welfare Quality assessment for pigs (sows and piglets growing and finishing pigs). The Netherlands: Netherlands Standardization Institute: 122.
- Woiciechowsky, C., B. Schoning, W. R. Lanksch, H. D. Volk, and W. D. Dcke. 1999. Mechanisms of brain-mediated systemic anti-inflammatory syndrome causing immunosuppression. *J. Mol. Med* 77: 769-780.
- Zermeño, V. et al. 2013. Worldwide genealogy of *Entamoeba histolytica*: an overview to understand haplotype distribution and infection outcome. *Infection, Genetics and Evolution* 17: 243-252.

XI. ANEXOS

1.1 Tabla de tamaño de muestra requerido para el estudio.

EPIDEMIOLOGIA VETERINARIA

Tabla 14.3 Tamaño de la muestra requerida para detectar la enfermedad (i); límites superiores de confianza para número de casos al nivel 95% de confianza (ii), (Tomado de Cannon y Roe, 1982)

Tamaño de la población (N)	(i) Porcentaje de animales enfermos en la población (d/N)											
	O											
	(ii) Porcentaje muestreado y considerado libre (n/N)											
	50%	40%	30%	25%	20%	15%	10%	5%	2%	1%	0.5%	0.1%
10	4	5	6	7	8	10	10	10	10	10	10	10
20	4	6	7	9	10	12	16	19	20	20	20	20
30	4	6	8	9	11	14	19	26	30	30	30	30
40	5	6	8	10	12	15	21	31	40	40	40	40
50	5	6	8	10	12	16	22	35	48	50	50	50
60	5	6	8	10	12	16	23	38	55	60	60	60
70	5	6	8	10	13	17	24	40	62	70	70	70
80	5	6	8	10	13	17	24	42	68	79	80	80
90	5	6	8	10	13	17	25	43	73	87	90	90
100	5	6	9	10	13	17	25	45	78	96	100	100
120	5	6	9	10	13	18	26	47	86	111	120	120
140	5	6	9	11	13	18	26	48	92	124	139	140
160	5	6	9	11	13	18	27	49	97	136	157	160
180	5	6	9	11	13	18	27	50	101	146	174	180
200	5	6	9	11	13	18	27	51	105	155	190	200
250	5	6	9	11	14	18	27	53	112	175	228	250
300	5	6	9	11	14	18	28	54	117	189	260	300
350	5	6	9	11	14	18	28	54	121	201	287	350
400	5	6	9	11	14	19	28	55	124	211	311	400
450	5	6	9	11	14	19	28	55	127	218	331	450
500	5	6	9	11	14	19	28	56	129	225	349	500
600	5	6	9	11	14	19	28	56	132	235	379	597
700	5	6	9	11	14	19	28	57	134	243	402	691
800	5	6	9	11	14	19	28	57	136	249	421	782
900	5	6	9	11	14	19	28	57	137	254	437	868
1000	5	6	9	11	14	19	29	57	138	258	450	950
1200	5	6	9	11	14	19	29	57	140	264	471	1102
1400	5	6	9	11	14	19	29	58	141	269	487	1236
1600	5	6	9	11	14	19	29	58	142	272	499	1354
1800	5	6	9	11	14	19	29	58	143	275	509	1459
2000	5	6	9	11	14	19	29	58	143	277	517	1553
3000	5	6	9	11	14	19	29	58	145	284	542	1895
4000	5	6	9	11	14	19	29	58	146	286	556	2108
5000	5	6	9	11	14	19	29	59	147	290	564	2253
6000	5	6	9	11	14	19	29	59	147	291	569	2358
7000	5	6	9	11	14	19	29	59	147	292	573	2437
8000	5	6	9	11	14	19	29	59	147	293	576	2498
9000	5	6	9	11	14	19	29	59	148	294	579	2548
10000	5	6	9	11	14	19	29	59	148	294	581	2588
∞	5	6	9	11	14	19	29	59	149	299	598	2995

La tabla contiene:

- (i) El tamaño de la muestra (n) requerido para contener, con un 95% de seguridad, al menos 1 caso positivo si la enfermedad se presenta al nivel especificado;
- (ii) El límite superior al número (d) de animales enfermos en una población cuando la proporción de individuos especificada fuese analizada y considerada negativa.

Ejemplos:

- (i) la proporción esperada de positivos es 2%; el tamaño de la población es 480 –considérese 500; según la tabla, se precisa una muestra de 129, para que, con una seguridad del 95%, se detecte al menos un positivo;
- (ii) para una población de 1,000, en una muestra del 10% todos fueron hallados negativos; según la tabla, el límite de confianza al 95% para el número de positivos es 29.

1.2 Tamaño de muestra para la evaluación de bienestar animal.

Número de cerdos individuales a observar	
Cerdos totales por fase	Cantidad mínima a observar
50	50
100	95
150	129
250	174
350	201
450	218
600	235
700	243
800	249
1000	258
2000	278
3000	284
4000	287
5000	289
10,000 +	294

(National-Pork-Board, 2019).

1.3 Número de animales observados en La Huerta.

	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5
Total de cerdos en la granja =		# a observar del Cuadro 1	Porcentaje	# de cerdos a observar	Cerdos a observar
Total de cerdos en Reproducción =	655	243			
# en jaulas de gestación =					
individualmente =	521		$521/655=0.79$	$243 \times 0.79=191.97$	$521/191.97=2.71=3$ (Cada 3 jaulas)
en grupos =	36		$36/655=0.05$	$243 \times 0.05=12.15$	$36/12.15=3$
# en jaulas de Parición individuales=	95		$95/655=0.14$	$243 \times 0.14=34.02$	$95/34.02=3$ (Cada 3 jaulas)
# de Sementales en la granja =	3		$3/655=0.004$	$243 \times 0.004=0.972$	$3/0.972=3$ (Todos)
Total de cerdos =	4,168	289			
# en destete (<10 sem.) alojados en grupos:	2,254		$2,254/4,168=0.54$	$289 \times 0.54=156$ 52 animales por zona	$156/14=12$ corrales Chuyin: 3 corrales Chuyin peq. Huerta: 3 corrales
# en finalización (>10 sem.) alojados en grupos:	1,914		$1,914/4,168=0.45$	$289 \times 0.45=130$	$130/22=6$ corrales 3-Chuyin 3-Huerta

1.4 Número de animales observados en Recoveco.

	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5
Total de cerdos en la granja =	150	# a observar del Cuadro 1	Porcentaje	# de cerdos a observar	Cerdos a observar
Total de cerdos en Reproducción =	39	39			
# en jaulas de gestación =					
individualmente =					
en grupos =	26				
# en jaulas de Parición individuales=	11				
# de Sementales en la granja =	1				
Total de cerdos =	111	111			
# en destete (<10 sem.) alojados en grupos:	33				
# en finalización (>10 sem.) alojados en grupos:	78				

1.5 PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO

1.5.1 BASE DE TETRACIONATO (CT)

- Suspender 46 g de polvo en un litro de agua destilada, agitar hasta homogenizar, calentar hasta punto de ebullición y distribuir en tubos de ensayo.
- Añadir solución yodo-yodurada en caso de utilizar el mismo día.
- Agregar 1 gr de muestra.
- Incubar a 37°C durante 48 horas.

Fórmula para 1000 ml agua destilada	
Peptona de caseína	2.5g
Peptona de carne	2.5g
Sales biliares	1g
Carbona de calcio	10g
Tiosulfato de sodio	30g

Cuadro 1. Contenido del agar en una solución total de 1 litro.

1.5.2 RAPPAPPORT VASILLIADIS

- Suspender 31.9 g de polvo en un litro de agua destilada, mezclar hasta homogenizar, calentar hasta ebullición y dejar reposar.
- Añadir 10 ml de novobiocina.
- Distribuir 9.9 ml en tubos con tapón de rosca.
- Agregar 0.1 ml del crecimiento en el caldo de tetrionato.
- Incubar a 42°C durante 24 horas.

31

Fórmula para 1000 ml agua destilada	
Tryptosa	4.59g
Caseína hidrolizada (ácido)	4.59g
Cloruro de sodio	7.34g
Fosfato monopotásico de hidrógeno	1.47g
Cloruro de magnesio (anhidro)	10.93g
Malaquita verde oxalato	0.037g
Agar	2.7g

Cuadro 2. Contenido del agar en una solución total de 1 litro.

1.5.3 AGAR XLT4 (XYLOSA LACTOSA TERGITOL 4)

- Suspender 59g de polvo en un litro de agua destilada, añadir 4.6 ml de suplemento de agar, calentar y agitar de manera intermitente, hervir durante 1 minuto, dejar enfriar y distribuir el agar en cajas de Petri.
- Con un asa bacteriológica tomar muestras del crecimiento en el medio Rappaport e inocular el agar XLT4 gelificado.
- Incubar a 37°C durante 24 horas.

Fórmula para 1000 ml de agua destilada

32

Peptona de proteosa #3	1.6g
Extracto de levadura	3.0g
L-lisina	5.0g
Xilosa	3.75g
Lactosa	7.5g
Sacarosa	7.5g
Citrato férrico de amonio	0.8g
Tiosulfato de sodio	6.8g
Cloruro de sodio	5.0g
Agar	18.0g
Rojo de fenol	0.08g

Cuadro 3. Contenido del agar en una solución total de 1 litro.









1.6 EXTRACCIÓN DE ADN BACTERIANO

Procedimiento:




- 1.- Elegir una colonia aislada de bacterias y resuspender en 1 ml de agua para uso molecular en un microtubo (formar una pastilla).
- 2.- Centrifugar por 1 minuto a 10,000-12,000 rpm, remover el sobrenadante.
- 3.- Añadir 200µl de InstaGene matrix a la pastilla e incubar a 56°C por 15-30 minutos.
- 4.- Vortex durante 10 segundos. Colocar el microtubo en un termoblock a 100°C durante 8 minutos.
- 5.- Vortex durante 10 segundos. Centrifugar a 10,000-12,000 rpm de 2-3 minutos.
- 6.- Extraer el sobrenadante y colocarlo en microtubos estériles previamente rotulados.
- 7.- Conservar el producto a -20°C.

1.7 Cuestionario utilizado para evaluar el Bienestar Animal en los cerdos de las dos granjas estudiadas.

I. Gestación y Lactancia - Ambiente









INDICADOR	Escala de evaluación del ambiente disponible para cerdas gestantes y lactantes		
	Calificación 0	Calificación 1	Calificación 2
Acceso <i>ad libitum</i> al agua	 <p>El agua se suministra <i>ad libitum</i></p>		 <p>El agua se suministra de forma restringida</p>
Accesibilidad al bebedero (altura del bebedero de chupón) ^b	 <p>De 75 a 90 cm del piso</p>		 <p>En otros valores, a la cerda le cuesta trabajo acceder al bebedero</p>
Alojamiento adecuado para la cerda gestante en corral (piso sólido) ^b	 <p>= o > 1.64 m² /primeriza = o > 2.25 m² /multípara primerizas + multíparas: 1.9-2.3 m²</p>		 <p>< 1.64 m² /primeriza < 2.25 m² /multípara primerizas + multíparas: <1.9-2.3 m²</p>
Alojamiento adecuado para la cerda gestante (jaula) ^b	 <p>= o > 0.60 m x 1.8 m</p>		 <p>< 0.60 m x 1.8 m</p>

I. Gestación y Lactancia - Ambiente









INDICADOR	Escala de evaluación del ambiente disponible para cerdas gestantes y lactantes		
	Calificación 0	Calificación 1	Calificación 2
Alojamiento adecuado para la cerda lactante en jaula ^b	 <p>= o > 0.63 m x 2.2 m</p>		 <p>= o > 0.63 m x 2.2 m</p>
Jaulas secas ^b	<p>Al menos 75% de las jaulas están secas</p>		<p>Más del 25% de las jaulas están mojadas</p>
Espacio suficiente en el comedero ^b	<p>= o > 35 cm / cerda</p>		<p>= o > 35 cm / cerda</p>

^aWelfare Quality® (2009); ^bAlonso et al., 2016a.







III. Gestación y Lactancia - Comportamiento

INDICADOR	Escala de evaluación de comportamiento en cerdas gestantes y lactantes		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 1
Explorar ^a	 <p>Presente</p>	Los cerdos son animales neófilos, es decir tienen afinidad por lo nuevo, exploran su ambiente especialmente objetos a nivel del suelo, los olfatean, mordisquean y hozan ^b	 <p>Ausente</p>
Hozar ^a	 <p>Presente</p>	Los cerdos invierten aproximadamente el 51% del día en hozar, que está relacionado con la búsqueda de alimento, construcción de nido y termorregulación ^b	 <p>Ausente</p>
Morder barrotes ^a	 <p>Ausente</p>	Mordida rítmica de los barrotes de la jaula, observación que no debe coincidir 30 minutos antes o después de la alimentación de las cerdas, comportamiento que se presenta en animales restringidos de espacio ^b	 <p>Presente</p>
Manipulación excesiva de bebedero ^a	 <p>Ausente</p>	Ocurre en cerdas aburridas, comportamiento que puede durar de 2 a 74 minutos durante 8 horas diurnas, ocasionando gastos por desperdicio de agua ^b	 <p>Presente</p>

III. Gestación y Lactancia - Comportamiento













INDICADOR	Escala de evaluación de comportamiento en cerdas gestantes y lactantes		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 1
Lengua enrollada ^a	 Ausente	La cerda extiende la lengua enrollada y la mueve rápidamente de atrás hacia adelante ^b	 Presente
Sentado como perro presentando rechinado de dientes ^a	 Ausente	Es factor de riesgo para infecciones del tracto urinario, se ha observado en cerdas que atacan a sus lechones ^b	 Presente
Frotar la trompa en cualquier estructura del entorno ^a	 Ausente	Ante la falta de estímulos para hozar, esta estereotipia la presentan cerdas en jaulas, con lo que pueden lesionarse la cara y trompa ^b	 Presente
Agresión a compañeros ^a	 Ausente	Es común en animales recién agrupados, especialmente en cerdas recién destetadas ^b	 Presencia

III. Gestación y Lactancia - Comportamiento












INDICADOR	Escala de evaluación de comportamiento en cerdas gestantes y lactantes		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 1
Mordida de cola ^a	 Ausencia	Puede ser desde superficial hasta la ausencia de la cola, si no hay lesiones en colas se considera como un indicador de ausencia de frustración y visceversa ^b	 Presencia
Mordida en vulva ^a	 Ausencia	Se presenta en cerdas en grupo, el daño que la lesión ocasiona puede afectar el parto de la cerda (distocia) y la monta después de la lactancia ^b	 Presencia
Reacción de evitación (miedo al operario) ^a	 Ausente	La cerda se deja rascar la cabeza con facilidad. El miedo afecta los índices reproductivos en cerdas en grupo, ellas tienen menor motivación sexual aún estando en estro ^b	 Presente

^aWelfare Quality® (2009); ^bAlonso et al. (2016b).









II. Gestación y Lactancia - Salud

INDICADOR	Escala de evaluación de salud en cerdas gestantes y lactantes		
	Calificación 0	Calificación 1	Calificación 2
Suciedad corporal con heces ^a	 <p>Hasta 10% de suciedad</p>	 <p>Entre 10 y 30% de suciedad</p>	 <p>Más de 30% de suciedad</p>
Condición corporal ^a	 <p>Cerda con condición corporal de 3</p>	 <p>Cerda donde se sienten las prominencias óseas, o la cerda es muy gorda</p>	 <p>Cerda muy flaca en las que se observan marcadas la prominencias óseas</p>
Bursitis ^a	 <p>Ausente</p>	 <p>Una o varias en la misma extremidad en cicatrización</p>	 <p>Una o varias bursas con erosión</p>
Lesiones en hombro ^a	 <p>Ausente</p>	 <p>Cicatriz en un hombro</p>	 <p>Úlcera abierta en un hombro</p>









II. Gestación y Lactancia - Salud

INDICADOR	Escala de evaluación de salud en cerdas gestantes y lactantes		
	Calificación 0	Calificación 1	Calificación 2
Lesiones en vulva ^a	 <p>Ausente o lesión < 2 cm</p>	 <p>Vulva con lesión visible en proceso de cicatrización o deforme</p>	 <p>Lesión > 2 cm reciente con sangre fresca</p>
Metritis ^a	 <p>La vulva no presenta cambios de color, olor o aspecto físico (no confundir con celo o edema post parto)</p>	 <p>La vulva presenta una erupción leve y pasajera formada por granos y ronchas</p>	 <p>Presencia de secreciones acompañadas en ocasiones de mal olor, micciones con sangre o pus, con cambio de color</p>
Cojera ^a	 <p>No presenta dificultad para pararse y caminar</p>	 <p>Camina claudicando</p>	 <p>No puede ponerse de pie</p>
Lesiones en cara ^c	 <p>Ausentes</p>		 <p>Lesiones visibles con sangre fresca</p>

II. Gestación y Lactancia - Salud

INDICADOR	Escala de evaluación de salud en cerdas gestantes y lactantes		
	Calificación 0	Calificación 1	Calificación 2
Cianosis en orejas ^c	 Ausente		 Coloración azul-violácea en orejas
Prolapso rectal ^a	 Ausente		 Extrusión del tejido a través del recto
Mastitis ^a	 No presenta anomalías de inflamación en ningún pezón		 Al menos un pezón tiene cambio de forma y existe coloración rojiza e inflamación
Jadeo ^a	 No se observan jadeos		 Hay jadeo, la cerda respira por la boca

II. Gestación y Lactancia - Salud






INDICADOR	Escala de evaluación de salud en cerdas gestantes y lactantes		
	Calificación 0	Calificación 1	Calificación 2
Diarrea ^a	 <p>Heces normales</p>		 <p>Heces líquidas</p>
Estreñimiento ^a	 <p>Heces firmes y formadas, pero fácilmente aplastadas por una ligera presión</p>		 <p>Bolas fecales de consistencia dura</p>
Conjuntivitis ^c	 <p>Ausencia</p>		 <p>Inflamación de la conjuntiva</p>
Abscesos ^c	 <p>Ausencia</p>		 <p>Presencia</p>

II. Gestación y Lactancia - Salud









INDICADOR	Escala de evaluación de salud en cerdas gestantes y lactantes		
	Calificación 0	Calificación 1	Calificación 2
Problemas respiratorios ^a	En 5 minutos no hay tos y/o estornudos, o sólo hay una		En 5 minutos hay más de una tos y/o estornudo

^aWelfare Quality® (2009); ^bDippel et al., (2014); ^cAlonso et al., (2016c).






IV. Destete - Ambiente

INDICADOR	Escala de evaluación de ambiente en cerdos destetados		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 1
Suciedad corporal con heces ^a	 Solo un tercio del corral o menos está sucio ^c	Existe una clara diferencia entre el área seca para descansar y el área húmeda para defecar y orinar ^c	 Más de la mitad del corral está sucio de heces y orina ^c
Condición corporal ^a	 <20% del cuerpo está sucio ^c		 > 50% del cuerpo está sucio ^c
Daños en piso ^a	 <1% de los corrales ^b	El estado de las instalaciones puede afectar el bienestar de los animales, ocasionando heridas en piel y patas ^a	 >2% de los corrales ^b
Abertura máxima entre "slats" del piso de rejilla ^a	 Máximo de 14mm ^{d,e,f}		 >14 mm



IV. Destete - Ambiente

INDICADOR	Escala de evaluación de ambiente en cerdos destetados		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 1
Superficie de piso por animal ^a	 <p>Al menos 0.11 m² para cerditos de 6kg de PV</p>	<p>Se debe considerar el peso final que adquirirán los lechones, la superficie mínima hasta 10kg de PV por animal es de 0.16 m² y de 0.26 m² en cerditos de 10-20kg de PV^g</p>	 <p>Menos de 0.11 m² para cerditos de 6kg de PV</p>
Presencia de zona seca y húmeda ^a	 <p>Presencia</p>	<p>El corral deberá proporcionarle al lechón zonas diferenciadas para el descanso, ingestión de alimento y agua y otra para defecar y micción^h</p>	 <p>Ausencia</p>
Ajuste de los comederos ^a	 <p>Una capa fina de alimento</p>		 <p>Una cama de alimento</p>
Espacio para la cabeza en comederos ^{a,b}	 <p>De 13 a 15 cm, <1% de los corrales^{b,e}</p>		 <p><13 cm, <2% de los corrales^{b,e}</p>

IV. Destete - Ambiente

INDICADOR	Escala de evaluación de ambiente en cerdos destetados		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 1
Cantidad de bebederos ^a	 <p>El corral tiene un bebedero por un máximo de 8 lechones^a</p>		 <p>Más de 10 lechones por bebederoⁱ</p>
Accesibilidad al bebedero (altura del bebedero tipo chupón) ^{a,b}	 <p>> de 0.1% de los corrales tienen los bebederos a 20-25 cm del piso^b</p>	Los bebederos de chupón trabajan mejor a 45° de la pared y deben estar a la altura de los hombros de los cerditos para que beban comodamente ^a	>0.2% de los corrales tienen bebederos con altura inapropiada, por lo que a los lechones les cuesta trabajo beber agua ^{a,b}
Acceso <i>ad libitum</i> al agua ^a	 <p>El agua se suministra <i>ad libitum</i></p>	Los cerditos destetados con peso entre 8-10 kg de PV, consumen entre 0.8-0.9 litros de agua al día ^k	El agua se suministra de forma restringida
Mortalidad en destete ^a	< 2% ^j		 <p>> 3.5%^j</p>

IV. Destete - Ambiente









INDICADOR	Escala de evaluación de ambiente en cerdos destetados		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 1
Espacio suficiente para acostarse casi todos a la vez ^a	 <p>El 75% de los cerdos pueden acostarse en posición lateral a la vez^m</p>	Los cerdos deben poder acostarse en recumbencia lateral y tocándose unos a otros, como los cigarros de una cajetilla ⁿ	<75% de los cerdos pueden acostarse en posición lateral a la vez
Presencia de lechones amontonados ^a	Lechones dispersos	Cuando la temperatura ambiental es inferior, los lechones intentarán calentarse temblando y amontonándose, para reducir la pérdida de calor por termorregulación social ^l	 <p>Lechones amontonados con frío</p>

^aAlonso y Ramírez, (2017b); ^bSWAP (2003); ^cSmulders et al., (2006); ^dBOE (2002); ^eDEFRA (2006); ^fPQMAS (2006);

^gCanadian Pork Council (2003); ^hFritschen (1975); ⁱLow State University (1992); ^jPIC (2008); ^kMuirhead y Alexander (1997);

^lVasdal et al., (2009); ^mEkkel et al., (2003); ⁿGeers (2007).


VI. Destete - Comportamiento

INDICADOR	Escala de evaluación de comportamiento en cerdos destetados		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 1
Exploración ^a	 <p>Presencia</p>	El enriquecimiento ambiental promueve la conducta exploratoria en el cerdo ^c , un aumento en la exploración es considerado como una conducta adaptativa cuando los cerdos son expuestos a un ambiente social, físico y nutritivamente novedoso ^e	 <p>Ausencia</p>
Juego ^b	 <p>Presencia</p>	El juego y la exploración, constituyen indicadores potenciales de nivel elevado de bienestar animal, el juego puede ser dirigido a otros cerdos u objetos ^{h,f,g}	 <p>Ausencia</p>
Vocalizaciones ^b	 <p>Ausencia</p>	Los lechones destetados a las 3 semanas de edad vocalizan más que los destetados a las 4 o 5 semanas, la frecuencia de vocalizaciones disminuye para el día 4 post-destete ⁱ	 <p>Presencia</p>
Heridas en piel por agresión ^b	 <p>Ausencia o <5 lesiones / cerdo^h</p>	Los cerdos son animales con un alto grado de organización social, cuando son agrupados los que no están familiarizados reaccionan de forma agonista ^l	 <p>>20 lesiones / cerdo^h</p>

VI. Destete - Comportamiento









INDICADOR	Escala de evaluación de comportamiento en cerdos destetados		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 1
Masajeo de abdomen ^b	 <p>Ausencia</p>	<p>Generalmente ocurre 3-5 días después del destete, para que este comportamiento sea considerado debe durar mínimo 10 segundos^{k,l,m,n}</p>	 <p>Presencia</p>
Mordisqueo a otros cerdos ^b	 <p>Ausencia</p>	<p>Cuando los cerdos muerden las orejas o colas de sus compañeros se correlaciona positivamente con agresión^{h,o,p,q}</p>	 <p>Presencia</p>
Sentado como perro ^b	 <p>Ausencia</p>	<p>Conducta que es indicador de bienestar pobre, indica apatía^{o,w}</p>	 <p>Presencia</p>
Mordidas de barrotes ^b	 <p>Ausencia</p>	<p>La mordida rítmica de los barrotes del alojamiento se considera una estereotipia e indica aburrimiento^b</p>	 <p>Presencia</p>

VI. Destete - Comportamiento









INDICADOR	Escala de evaluación de comportamiento en cerdos destetados		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 2
Reacción de evitación (miedo al contacto con el operario) ^a	Hasta el 60% de los cerdos huyen del operario y se amontonan en una esquina del corral ^a		Más del 60% de los cerdos huyen del operario y se amontonan en una esquina del corral ^a

^aWelfare Quality® (2009); ^bAlonso y Ramírez (2017c); ^cJensen et al., (2015); ^dBolhuis et al., (2005); ^eHötzel et al., (2011); ^fChaloupková et al., (2007); ^gHeld y Spinka (2011); ^hSmulders et al., (2006); ⁱWeary y Fraser (1997); ^jFraser y Rushen, (1987); ^kBlackshaw (1981); ^lGonyou et al., (1998); ^mWorobec et al., (1999); ⁿMain et al., (2005); ^oDybkaer (1992); ^pOostindjer et al., (2011); ^qWidowski et al., (2003); ^rWemelsfelder (2007).









V. Destete - Salud

INDICADOR	Escala de evaluación de salud en cerdos destetados		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 2
Condición corporal ^{a,b}	 <p>Lleno, sin que se le noten las costillas. CC> 2</p>	Los cerdos deben tener una buena condición corporal, arriba de 2 ^c	 <p>Caquéxico, resaltan las vértebras. CC<2</p>
Heridas en piel ^{a,b,c}	 <p><5 heridas</p>	La principal causa son las peleas que ocurren 1-2 horas después del destete para formar nuevas jerarquías, aumentando el estrés y susceptibilidad a enfermedades ^e	 <p>>20 heridas</p>
Piel irritada ^a	 <p>Ausencia</p>	Indica rascado excesivo por sarna, dermatitis, picadura de insectos, afectando el crecimiento y eficiencia alimenticia ^f	 <p>Presencia</p>
Lesiones en piel (patológicas) ^a	 <p>Ausencia</p>	Refleja procesos patológicos primarios o secundarios	 <p>Presencia</p>

V. Destete - Salud

INDICADOR	Escala de evaluación de salud en cerdos destetados		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 2
Bursitis ^{a,b}	 Ausencia	Las bursas se inflaman por contacto con pisos ásperos, slats filosos o muy separados ^g	 Una o varias bursas con erosión
Apariencia peluda (pelo hirsuto) ^a	 Ausencia	El pelo de los cerdos se observa crecido y parado, como respuesta a la falta de protección climática o hiponutrición energética ^h	 Pelaje largo y parado
Pelaje seboso y mal oliente ^a	 Ausencia	La seborrea es característica de epidermis oxidativa, y en menor grado de epidermitis inespecífica ^h	 Presencia
Abscesos ^{a,b,c}	 Ausencia	Normalmente se desarrollan después de una pelea, iatrogenia o como infección secundaria a otros cuadros clínicos ^a	 Presencia

V. Destete - Salud







INDICADOR	Escala de evaluación de salud en cerdos destetados		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 2
Claudicaciones (cojeras) ^{a,b,c}	 <p>Ausencia</p>	Los animales deben ser observados por 5 minutos, los que tienen cojera presentan paso rígido o acortado y falta de voluntad para levantarse ^a	 <p>El cerdo no puede ponerse de pie por sí mismo</p>
Diarrea ^{a,b}	 <p>Heces normales</p>	Se debe indicar la ausencia o presencia de diarrea en el corral o contabilizar el número de cerdos con heces líquidas bajo la cola ⁱ	 <p>Heces líquidas y zona de la cola sucia</p>
Oreja necrótica ^a	 <p>Ausencia</p>	El síndrome de oreja necrótica porcina está asociado a infección por Circovirus tipo 2 ^j , y a micotoxinas en el alimento ^k	 <p>Presencia</p>
Apoyo de la cabeza sobre paredes o piso ^a	 <p>Ausencia</p>	Estos cerdos seguramente cursan una enfermedad neurogénica que afecta el equilibrio ^h	 <p>Presencia</p>

V. Destete - Salud

INDICADOR	Escala de evaluación de salud en cerdos destetados		
	Calificación 0	Comentarios	Calificación 2
Problemas respiratorios ^b	En 5 minutos no hay tos y/o estornudo, o sólo hay una ^d	Para evaluar, se aplaude o emite un ruido para que los cerdos se levanten y caminen ^a	En 5 minutos hay más de una tos y/o estornudo ^d









^aAlonso y Ramírez (2017a); ^bWelfare Quality® (2009); ^cNational Pork Board (2003); ^dSmulders et al., (2006); ^eFraser et al., (1995); ^fCargill y Dobson (1979); ^gHulsen y Scheepens (2006); ^hRamírez et al., (2008); ⁱCagienard et al., (2005); ^jPapatsiros (2012); ^kWeissenbacher-Lang et al., (2012).

VII. Engorda - Ambiente









INDICADOR	Escala de evaluación de ambiente en cerdos de engorda	
	Calificación 0	Calificación 2
Agua <i>ad libitum</i> ^a	 <p>El agua se suministra <i>ad libitum</i></p>	 <p>El agua se suministra de manera restringida</p>
Accesibilidad al bebedero ^a	 <p>De 75 - 90 cm del piso</p>	 <p>En otros valores a los cerdos les cuesta trabajo acceder al bebedero</p>
Alojamiento adecuado en corral ^a	 <p>> 1m² por animal</p>	 <p><1m² por animal</p>

^aWelfare Quality® (2009)

VII. Engorda - Comportamiento













INDICADOR	Escala de evaluación de comportamiento en cerdos de engorda	
	Calificación 0	Calificación 1
Exploración ^a	 <p>Presencia</p>	 <p>Ausencia</p>
Hozar ^a	 <p>Presencia</p>	 <p>Ausencia</p>
Manipulación excesiva del bebedero ^a	 <p>Ausencia</p>	 <p>Presencia</p>
Sentado como perro ^a	 <p>Ausencia</p>	 <p>Presencia</p>

VII. Engorda - Comportamiento





INDICADOR	Escala de evaluación de comportamiento en cerdos de engorda	
	Calificación 0	Calificación 1
Agresión a compañeros ^a	 <p>Ausencia</p>	 <p>Presencia</p>
Mordida de cola ^a	 <p>Ausencia</p>	 <p>Presencia</p>
Lengua enrollada ^a	 <p>Ausencia</p>	 <p>Presencia</p>
Reacción de evitación ^a	 <p>Ausencia</p>	 <p>Presencia</p>

^aWelfare Quality® (2009)





VII. Engorda - Salud

INDICADOR	Escala de evaluación de salud en cerdos de engorda		
	Calificación 0	Calificación 1	Calificación 1
Agresión a compañeros ^a	 <p>Ausencia</p>	 <p>Una o varias en la misma extremidad, en cicatrización</p>	 <p>Una o varias bursas con erosión</p>
Lesiones en hombro ^a	 <p>Ausencia</p>	 <p>Cicatriz en un hombro</p>	 <p>Úlcera abierta en un hombro</p>
Heces en el cuerpo ^a	 <p>Hasta 10% de suciedad</p>	 <p>Entre 10-30% de suciedad</p>	 <p>Más de 30% de suciedad</p>
Cojeras ^a	 <p>No presenta dificultad para pararse y andar</p>	 <p>Camina cojeando</p>	 <p>No puede ponerse de pie</p>

VII. Engorda - Salud

INDICADOR	Escala de evaluación de salud en cerdos de engorda		
	Calificación 0	Calificación 1	Calificación 2
Jadeo ^a	 Ausencia		 Presencia
Abscesos ^a	 Ausencia		 Presencia
Lesiones en piel ^a	 Ausencia		 Lesiones visibles con sangre fresca
Conjuntivitis ^a	 Ausencia		 Presencia

VII. Engorda - Salud

INDICADOR	Escala de evaluación de salud en cerdos de engorda		
	Calificación 0	Calificación 1	Calificación 2
Diarrea ^a	 <p>Heces normales</p>		 <p>Heces líquidas</p>
Estreñimiento ^a	 <p>Heces firmes y formadas pero fácilmente aplastada por ligera presión</p>		 <p>Bolas fecales de consistencia dura</p>
Problemas respiratorios ^a	<p>En 5 minutos no hay tos y/o estornudo, o sólo hay una.</p>		<p>En 5 minutos hay más de una tos y/o estornudo.</p>

^aWelfare Quality® (2009)

National-Pork-Board. 2019. Auditoría comun de la industria porcina. Instrucciones, estándares y herramientas para auditar, National Pork Board, Des Moines, IA USA.