



Universidad Veracruzana

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
Región **Veracruz**

MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**MEJORA EN LA PRODUCTIVIDAD DE CERDOS DE ENGORDA CON PRRS  
POR LA INCLUSION DE EXTRACTOS DE PLANTAS Y DHA EN LA DIETA**

Tesis para acreditar la Experiencia Recepcional

Presenta:

**Grace Lynette GOROSICA SOTO**

Directores:

Dr. Álvaro Alberto Ángeles Marín

Dr. José Alfredo Villagómez Cortés

enero de 2024

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”



Universidad Veracruzana

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Región Veracruz

MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

MEJORA EN LA PRODUCTIVIDAD DE CERDOS DE ENGORDA CON PRRS POR LA INCLUSION DE EXTRACTOS DE PLANTAS Y DHA EN LA DIETA

Tesis para acreditar la Experiencia Recepcional

Presenta:

GRACE LYNETTE GOROSICA SOTO

Director:

Dr. Álvaro Alberto Ángeles Marín

Codirector:

Dr. José Alfredo Villagómez Cortés

## **AGRADECIMIENTOS**

El principal agradecimiento a Dios, quién me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí; gracias a mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a seguir adelante; gracias a mi padre por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida.

A toda mi familia por el apoyo de siempre y por creer en mí.

A mi mejor amigo, por estar apoyándome en toda la carrera.

Y gracias a mis asesores por sus enseñanzas y por su paciencia

# ÍNDICE

Agradecimientos.....	i
Índice.....	ii
Índice de cuadros.....	iv
Índice de figuras.....	v
Resumen.....	vi
Introducción.....	1
I. Antecedentes.....	3
1.1. Síndrome reproductivo y respiratorio del cerdo (PRRS).....	3
1.2. Inmunidad Innata y adquirida.....	3
1.3. Bioquímica y metabolismo de los ácidos grasos.....	4
1.4. Efecto de los extractos de las plantas.....	5
1.5. DHA en cerdos.....	5
II. Justificación.....	7
III. Hipótesis y objetivos.....	8
3.1. Hipótesis.....	8
3.2. Objetivo General.....	8
3.3. Objetivos Específicos.....	8
IV. Material y métodos.....	9
4.1. Tipo de Estudio.....	9

4.2. Localización .....	9
4.3. Animales y manejo.....	9
4.4. Diseño experimental y dietas .....	11
4.5. Parámetros evaluados.....	11
4.6. Análisis de datos.....	12
v. Resultados y discusión .....	13
5.1. Desempeño a los 70 días de vida .....	13
5.2. Peso al mercado.....	14
Conclusiones .....	17
Literatura citada.....	18

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición de la dieta para cerdos en iniciación, crecimiento, desarrollo y en engorda en la granja comercial “El Platanar”, Veracruz (formulada para 100 kg de alimento). ...	10
Cuadro 2. Composición porcentual de la dieta para cerdos en fase 1, 2 y 3 en la granja comercial “El Platanar”, Veracruz (formulada para 100 kg de alimento). .....	10
Cuadro 3. Análisis de nutrientes de las dietas para las distintas etapas de los cerdos en la granja comercial “El Platanar”, Veracruz, %. .....	11
Cuadro 4. Ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA) y peso al día 70 de vida (PD70) de cerdos en crecimiento con dietas adicionadas con DHA, EP y DHA+EP.....	13
Cuadro 5. Alimentación de dos ciclos de engorda adicionado con DHA, EP y DHA+EP y su respuesta en algunas variables productivas.....	15

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Células y factores humorales que participan en la respuesta inmune innata (A) y adaptativa (B) (Parkin y Cohen, 2001; Chaplin, 2010).....	4
Figura 2. Las vías metabólicas por las cuales los ácidos grasos esenciales se convierten en derivados más insaturados de cadena más larga (Kremmyda <i>et al.</i> , 2012).....	5
Figura 3. Media geométrica de los títulos de anticuerpos contra PRRS por ELISA en cerdos al día 70 de vida que recibieron una dieta suplementada con DHA, EP o una mezcla DHA+EP.....	16

## RESUMEN

Gorosica Soto, Grace Lynette. 2024. Mejora en la productividad de cerdos de engorda con PRRS por la inclusión de extractos de plantas y DHA en la dieta. Tesis de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver. Directores: Dr. Álvaro Alberto Ángeles Marín y Dr. José Alfredo Villagómez Cortés.

El Síndrome Reproductivo y Respiratorio Porcino (PRRS) es una enfermedad crónica de muy difícil erradicación que afecta a cerdos de todas las edades. Ante la virtual imposibilidad de eliminarla, el enfoque más apropiado es reducir el impacto sobre la salud y la producción animal mediante refuerzo del sistema inmune. Existe evidencia que compuestos como el ácido docosahexaenoico (DHA) y algunos extractos de plantas (EP) pueden mejorar la inmunidad, por tanto, se evaluó el efecto de la suplementación de una dieta (DHA) y oleorresina de cúrcuma y capsicum (EP) sobre el desempeño productivo y la salud de cerdos en engorda de una piara comercial infectada con PRRS en el trópico de Veracruz, México. Se usaron 960 cerdos en fase de engorda con un peso promedio inicial de  $5.21 \pm 0.065$  kg, asignados aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos: T1: Testigo, sin adiciones; T2: DHA (300 g/t); T3: EP (200 g/t) y T4: DHA+EP. El diseño experimental fue con medidas repetidas con 240 animales por tratamiento, donde el corral fue la unidad experimental. Las variables observadas al día 70 de vida y a la salida al mercado de los cerdos fueron: el peso corporal, la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia. Se obtuvieron muestras de sangre al día 70 de vida de los cerdos para colectar suero sanguíneo y someterlo a la prueba de ELISA para PRRS; en ambos ciclos de engorda, a todos los animales, se les cuantificó la IgG por inmunodifusión radial. Los datos experimentales fueron analizados mediante análisis de varianza a través del paquete estadístico Minitab v.16. Los pesos al día 70 de vida y ganancia diaria de peso mostraron que las dietas DHA y DHA+EP ( $p < 0.05$ ) superaron al testigo y EP. En la conversión alimenticia al día 70, los cerdos en los tratamientos DHA y DHA+EP fueron significativamente mejores que el testigo y EP ( $p < 0.05$ ). Las dietas conteniendo DHA, EP y DHA+EP fueron superiores en peso al mercado que el testigo ( $p < 0.05$ ). Todos los cerdos tuvieron anticuerpos contra PRRS y para los cerdos de segundo ciclo de engorda tuvieron mayores valores de IgG para DHA y DHA+EP. En conclusión, los tratamientos con DHA, EP Y DHA+EP resultaron superiores al testigo en los pesos promedios al mercado.

**Palabras clave:** cerdo, ácido docosahexaenoico, oleorresina de cúrcuma y capsicum.



## INTRODUCCIÓN

La producción porcina tecnificada se ve disminuida por distintas causas, entre las que destaca la presencia de enfermedades infecciosas que aumentan los costos de producción, al tiempo que reducen el potencial de exportación. Entre las distintas enfermedades que merman la porcicultura, destaca el Síndrome Reproductivo y Respiratorio Porcino (PRRS) por el desembolso que provoca para su tratamiento, prevención y control, mismo que se estima en \$USD 280 millones en Japón (Renken *et al.*, 2021) y \$USD 664 millones en los Estados Unidos (Neumann *et al.*, 2005; Quezada-Fraide *et al.*, 2021), y que asciende a \$USD 1000 millones si se añaden las pérdidas indirectas. Para el caso de México, el impacto anual de la enfermedad se calcula entre \$USD 50 y 80 millones (Rivera-Benítez, 2021). El PRRS es una enfermedad viral que ejerce su repercusión económica sobre la industria porcícola mundial y ya se considera como una enfermedad enzootica, esto es, llegó para quedarse. López-Heydeck *et al.* (2015) calculan una pérdida económica promedio de 10% en la producción anual de lechones a consecuencia de los brotes de PRRS.

Si bien los cerdos de cualquier edad son susceptibles a PRRS, en las granjas en que esta enfermedad es endémica, se manifiesta con mayor frecuencia en los animales jóvenes (Duihof *et al.*, 2011). El rendimiento y la eficiencia en el uso del alimento por los cerdos en las granjas se ven afectados por la presencia de esta enfermedad y la carga viral. En los sistemas de alojamiento convencional, los cerdos que se ven expuestos a cargas virales más altas muestran un crecimiento 10 a 20% más lento que los cerdos que se encuentran libres de gérmenes o que los cerdos que se han mantenido en entornos limpios. Como resultado, en cualquier ciclo de producción se reconoce que hay una cierta proporción de cerdos que se desafían de manera continua por la contaminación viral en su entorno inmediato, y en consecuencia montan una respuesta inmune continua (Loynachan *et al.*, 2005). Estos autores puntualizan que, en términos de energía y proteínas, este proceso es fisiológicamente caro ya que, por ejemplo, la tasa mejorada de renovación de proteínas asociada con la producción de células inmunes, anticuerpos y proteínas de fase aguda incrementa el gasto de energía en un 10-15% por encima de las necesidades de mantenimiento, así como los requerimientos de proteínas en un 7-10%.

El destete es un evento estresante y el estrés asociado puede afectar el crecimiento y la salud del lechón. La inclusión de ácidos grasos poliinsaturados omega-3 (AGPI n-3) en las dietas de los lechones, puede reducir la inflamación asociada con el estrés que ocurre al destete, lo que propicia el desarrollo de un crecimiento y salud óptimos (Otte *et al.*, 2018). En consecuencia, el refuerzo del sistema inmune de los cerdos se percibe como un área promisoría que contribuya a abatir el impacto que el PRRS tiene sobre la producción animal. Los AGPI n-3 procedentes de peces son una opción promisoría, pero también las microalgas pueden ejercer un efecto similar al de los productos pesqueros (Hernández y Labbé, 2014). Algunos compuestos, como el ácido docosahexaenoico (DHA) y el ácido eicosapentaenoico participan en la generación de tejido adiposo blanco de algunos mediadores lipídicos con actividad biológica, los cuales poseen actividad antiinflamatoria. De manera adicional, el DHA es un componente esencial de las membranas celulares, y ayuda a mantener la estructura y la función del cerebro (Leyva-Rendón, 2011). Otra opción para disminuir los efectos detrimentales del PRRS en cerdos son las plantas que contienen polifenoles con capacidad antiinflamatoria, con lo que se puede mejorar la resistencia a ciertas enfermedades (Stein *et al.*, 2013). A través del potencial transitorio vanilloide 1, un receptor que contienen las células dendríticas, se obtienen metabolitos secundarios de la oleorresina de cúrcuma y capsicum. Además de la acción antiviral (Simirgiotis *et al.* 2020), antimicrobiana (Baydar *et al.*, 2004; Sökmen *et al.*, 2004), antioxidante (Stein *et al.*, 2013), y antiinflamatoria (Lee *et al.* 2004) de los extractos de plantas (EP), estos tienen potencial para reemplazar a los antibióticos en las dietas y con ello mejorar el rendimiento y la salud de los animales (Pettigrew, 2006; Stein *et al.*, 2013). En consecuencia, el objetivo de este trabajo fue estimar el efecto de la suplementación de la dieta con ácido (DHA) y oleorresina de cúrcuma y capsicum (EP) sobre el crecimiento y finalización de cerdos en una piara comercial infectada con PRRS.

# I. ANTECEDENTES

## 1.1. Síndrome reproductivo y respiratorio del cerdo (PRRS)

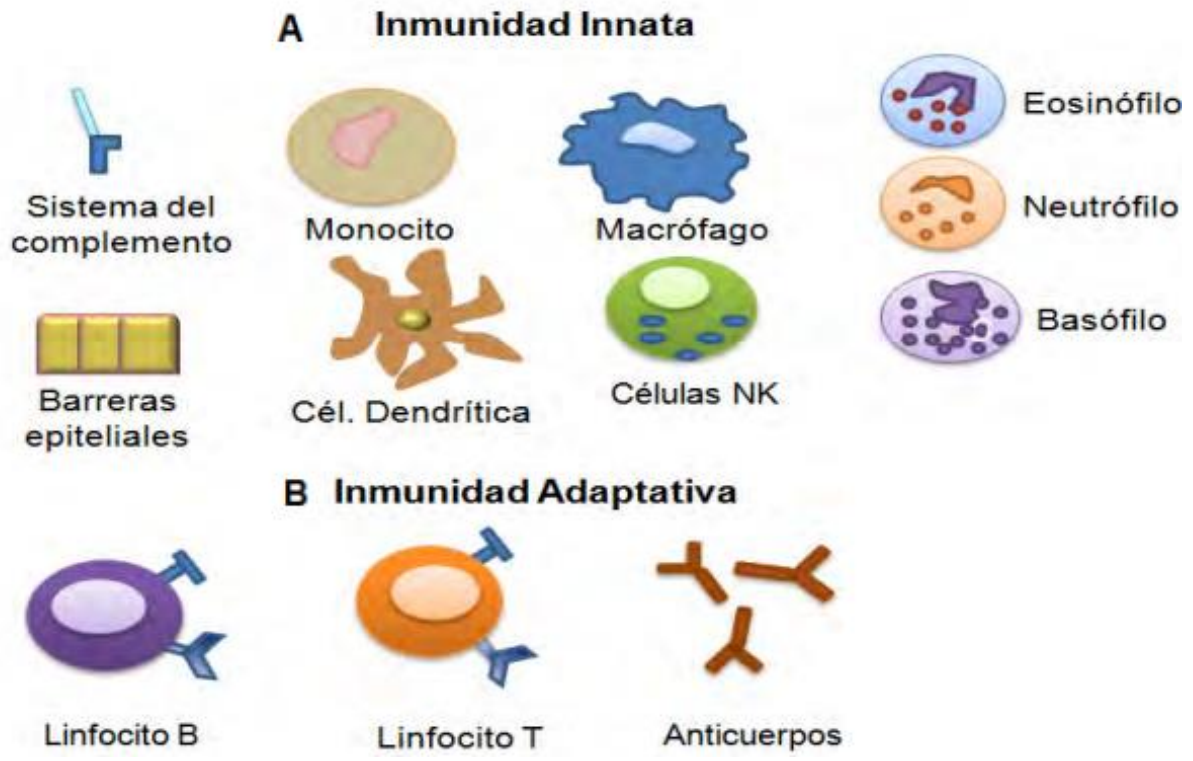
El PRRS produce fallas reproductivas severas en las cerdas gestantes, problemas respiratorios en cerdos de todas las edades, pero en particular en lechones, además de detrimento en la calidad del semen en verracos (López-Heydeck *et al.*, 2015). Esta enfermedad se presentó inicialmente en 1987 en los Estados Unidos, donde se le dio el nombre de enfermedad misteriosa del cerdo (MSD) o síndrome de infertilidad reproductiva porcina (SIRS) (Kaffaber, 1989; Loula, 1991); luego se presentó en Europa a finales de 1990, donde se conoció como la enfermedad de la oreja azul (White, 1992). Para 1994, la presencia de PRRS ya era reconocido de forma oficial en 16 países en tres diferentes continentes (Albina, 1997).

## 1.2. Inmunidad Innata y adquirida

El sistema inmune está constituido por células y mediadores moleculares responsables de la protección del hospedero frente a sustancias extrañas, mediante el reconocimiento e inicio de una respuesta global y coordinada que se destina a eliminar a los patógenos. La respuesta inmune se divide en dos categorías: la respuesta innata (natural, no específica) y la respuesta inmune adaptativa (adquirida, específica) (Roitt *et al.*, 2003; Abbas *et al.*, 2004; Twycross y Aickelin, 2010). La homeostasis y protección del hospedero resulta de la participación integrada de los mecanismos moleculares y celulares tanto de la inmunidad innata como de la adquirida (Abbas *et al.*, 2004; Chaplin, 2010).

La respuesta inmune innata constituye la primera línea de defensa ante microorganismos. Sin embargo, es incapaz de reconocer diferencias específicas entre sustancias extrañas y carece de memoria. Las células que participan en la respuesta inmune innata incluyen barreras anatómicas, físicas y químicas, así como las células NK (*natural killer*), fagocitos mononucleares (monocitos, macrófago y células dendríticas) y fagocitos polimorfonucleares (mastocitos, eosinófilos, neutrófilos y basófilos), los cuales liberan factores humorales, colectinas, interferones, quimiocinas y los péptidos del sistema del complemento (Abbas *et al.*, 2004; Chaplin, 2010) (Fig. 1a). La respuesta innata es la primera barrera del organismo, y solo cuando es superada por un determinado patógeno se activa la respuesta inmune adaptativa, la cual es un

mecanismo mucho más evolucionado y con alta especificidad para los distintos tipos de agentes infecciosos, además de que tiene la capacidad de recordar y responder con más intensidad tras exposiciones repetidas a los mismos patógenos (Parkin y Cohen, 2001; Butler *et al.* 2014).



**Figura 1.** Células y factores humorales que participan en la respuesta inmune innata (A) y adaptativa (B) (Parkin y Cohen, 2001; Chaplin, 2010).

### 1.3. Bioquímica y metabolismo de los ácidos grasos

Los ácidos grasos agrupan varias moléculas con distintas características bioquímicas, las cuales están determinadas tanto por su grado de saturación como por la longitud de su cadena. En función de lo anterior, se clasifican como: saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. En los poliinsaturados, el término “omega” señala la ubicación de origen del primer enlace doble de la cadena carbonada, a partir del grupo metilo, lo que permite clasificarlos a su vez como: omega 3, 6 y 9, cada uno de los cuales realiza funciones distintivas en el organismo, tales como generar grandes cantidades de energía, modular ciertas reacciones bioquímicas y constituirse en biomoléculas estructurales (Kremmyda *et al.*, 2012).

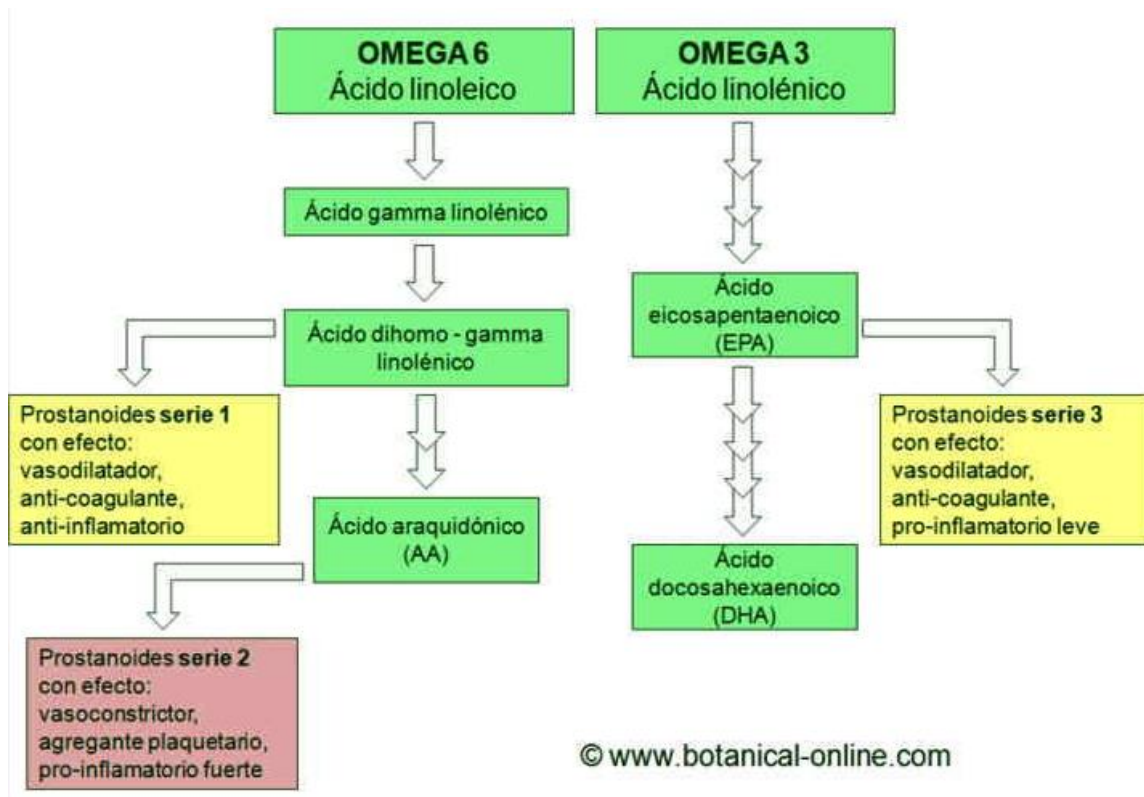


Figura 2. Las vías metabólicas por las cuales los ácidos grasos esenciales se convierten en derivados más insaturados de cadena más larga (Kremmyda et al., 2012).

#### 1.4. Efecto de los extractos de las plantas

Los extractos de plantas son responsables del olor y el color de las mismas, y están compuestos por más de cien elementos individuales. Los extractos de plantas son metabolitos secundarios de las plantas que se pueden obtener en forma natural a partir de porciones de los materiales vegetales, como flores, brotes, semillas, hojas, ramitas, corteza, madera, frutas y raíces. Según Fernández (2007), existen cuatro métodos comúnmente utilizados para extraer plantas (EP): destilación al vapor, maceración, prensado en frío y extracción con solventes.

#### 1.5. DHA en cerdos

El enriquecimiento de la carne de cerdo con ácidos grasos poliinsaturados EPA y DHA a través de la inclusión de aceite de pescado, desodorizado y estabilizado en la dieta no afecta las características organolépticas ni los parámetros productivos de los animales. En un estudio

realizado en Chile, Molina Fuentes (2006) adicionó 0%, 1.5%, 3% y 4.5% de aceite de pescado a la dieta comercial de cerdos y evaluó el peso vivo final promedio y a los 170 días. De cada tratamiento, se sacrificaron 10 animales (cinco hembras y cinco machos) y se evaluó el peso de la canal caliente y fría, el rendimiento centesimal de la canal fría, la cobertura grasa y del área del lomo; además, a la carne (lomo y pierna) se le determinó el contenido de proteína cruda, el extracto etéreo, el contenido de EPA y DHA ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) y se evaluaron características organolépticas como apariencia, sabor, textura y olor. Los resultados indican que la inclusión de aceite de pescado, desodorizado y estabilizado enriquece la carne con EPA y DHA y, hasta con la incorporación de 3 % de aceite en la dieta, no afecta las características organolépticas.

## II. JUSTIFICACIÓN

El virus del Síndrome Respiratorio y Reproductivo de la Cerda (PRRS) causa fuertes pérdidas económicas en la porcicultura a nivel mundial, disminuyendo el desempeño productivo de los cerdos en engorda (López-Heydeck *et al.*, 2015). Se han explorado varias opciones para reducir el impacto de la enfermedad sobre los indicadores productivos, tales como el ácido docosahexaenoico (DHA) y la oleorresina de cúrcuma y capsicum (EP), las cuales exhiben un efecto antimicrobiano, antiinflamatorio y de estimulación sobre la respuesta inmune. No obstante, es necesario evaluar su efecto al complementar la dieta de cerdos con DHA y EP, y determinar si estos compuestos son capaces de contrarrestar los efectos detrimentales del PRRS sobre las variables productivas y de salud de los cerdos durante su fase de engorda.

### **III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

#### **3.1. Hipótesis**

La suplementación con DHA y extractos de plantas en la dieta de cerdas de pie de cría en una piara infectada con PRRS, mejorará el desempeño productivo de su progenie y de algunos indicadores de la salud y la respuesta inmune.

#### **3.2. Objetivo General**

Evaluar el efecto de la suplementación de la dieta con ácido docosahexaenoico (DHA) y oleorresina de cúrcuma y capsicum (EP) sobre el desempeño productivo de cerdos de engorda en las fases de crecimiento – finalización y en la salud de una piara infectada con PRRS.

#### **3.3. Objetivos Específicos**

- Estimar el efecto de la suplementación de la dieta con ácido docosahexaenoico (DHA) sobre el crecimiento y finalización de cerdos provenientes de madres de cerdas de primero y segundo parto de una piara con PRRS.
- Determinar el efecto de la suplementación de la dieta con oleorresina de cúrcuma y capsicum (EP) en el crecimiento y finalización de cerdos provenientes de madres de cerdas de primero y segundo parto de una piara con PRRS.
- Estimar el efecto de la suplementación de la dieta con ácido docosahexaenoico (DHA) y oleorresina de cúrcuma y capsicum (EP) sobre el crecimiento y finalización de cerdos provenientes de madres de cerdas de primero y segundo parto de una piara con PRRS.



## **IV. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **4.1. Tipo de Estudio**

Por su finalidad, la investigación es de tipo aplicado, porque contribuye a atender un problema específico, en este caso la carencia de información en campo sobre la suplementación de la dieta con ácido docosahexaenoico (DHA) y oleorresina de cúrcuma y capsicum sobre el desempeño productivo de cerdos de engorda en las fases de crecimiento – finalización y en la salud. El estudio recurre a fuentes de información tanto documentales como de campo; la investigación es documental porque se sustenta en la revisión y análisis de literatura especializada sobre el tema, pero también es de campo, porque el estudio dio seguimiento a los cerdos en sus fases de crecimiento – finalización. La investigación tiene un carácter “*in situ*”, porque ocurre en el lugar en el que el fenómeno ocurre. Por el control de las variables, el estudio es “*ex -post facto*”, pues las variables de interés se controlan y se observan los datos de interés; en este caso, los pesos, ganancias de peso y conversiones alimenticias. Finalmente, la investigación posee un alcance múltiple; tiene carácter exploratorio, porque busca información de un problema sobre el que se carece de información en campo, pero la investigación también es descriptiva, pues acopia datos cuantificables que, tras el análisis apropiado, permiten determinar el efecto de DHA y de los extractos de plantas sobre algunos indicadores productivos de los cerdos durante su engorda.

### **4.2. Localización**

El trabajo de campo se llevó a cabo en la granja comercial “El Platanar”, propiedad de la Empresa Porcícola Prodasinco, la cual se ubica en la localidad de Buena Vista, municipio de Emiliano Zapata, en el centro del estado de Veracruz. El municipio se ubica a 19°27'28" de latitud norte, 96°45'57" de longitud oeste y 940 metros sobre el nivel del mar. El clima es subhúmedo, con lluvias en verano, con índice de humedad promedio de 43.2%, y temperatura anual promedio de 25.2 °C (INAFED, 2022).

### **4.3. Animales y manejo**

Un total de 480 cerdos resultantes de un cruzamiento Landrace x Large White x Pietrain se siguieron desde su salida de la sala de destete hasta completar la fase de engorda. El peso promedio inicial fue  $6.0 \pm 1.07$  kg.

Se alojaron grupos de 20 lechones por corral de destete de 2.5 m por 3.0 m, aproximadamente por 50 días. De ahí, se transfirieron a una segunda fase, con 20 cerdos por corral de engorda de 5.0 m por 5.0 m, donde permanecieron hasta su salida al matadero. Todos los animales se alimentaron en manera regular con una dieta elaborada en la planta de alimentos de la granja, misma que fue formulada por un nutriólogo contratado por la empresa. El Cuadro 1 muestra los ingredientes incluidos para la formulación, mayormente con base en sorgo, maíz y/o soya.

**Cuadro 1.** Composición de la dieta para cerdos en iniciación, crecimiento, desarrollo y en engorda en la granja comercial “El Platanar”, Veracruz (formulada para 100 kg de alimento).

<b>Ingredientes</b>	<b>Iniciador, kg</b>	<b>Crecimiento, kg</b>	<b>Desarrollo, kg</b>	<b>Finalizador, kg</b>
Grano de sorgo	34.13	78.30	81.00	750.00
Grano de maíz	34.09	16.80	15.80	220.00
Pasta de soya	28.00	-----	-----	-----
Núcleo o base	3.5	2.50	2.50	30.00
Bicarbonato de sodio	0.10	0.10	0.05	-----
Detoxa plus	0.10	-----	-----	-----
Algadeitte	0.80	-----	-----	-----
Suplex	-----	0.50	0.55	-----
Protigen grown	-----	1.00	-----	-----
Aceite de soya	-----	0.80	-----	5.00

De acuerdo con el peso de los cerdos, la granja maneja siete fases con distintas cantidades nutricionales: fase 1 (6 a 8-9 kg), fase 2 (9 a 11-12 kg), fase 3 (12 a 14-15 kg), iniciador (15 a 27-28 kg), crecimiento (28 a 49-50 kg), desarrollo (50 a 74-75 kg), finalización (75 a 99-100 kg o más). El Cuadro 2 presenta la composición de la dieta para las tres primeras fases de engorda.

**Cuadro 2.** Composición porcentual de la dieta para cerdos en fase 1, 2 y 3 en la granja comercial “El Platanar”, Veracruz (formulada para 100 kg de alimento).

<b>Componente</b>	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 3</b>
Energía metabolizable, Kcal	3.50	3.45	3.35
Proteína cruda, %	19.00	18.00	18.00
Grasa cruda, %	6.00	5.50	4.50
Fibra cruda, %	1.60	1.90	2.00
Lisina, %	1.60	1.50	1.40
Alimento completo, kg por cerdo	3.0	4.0	4.0

El Cuadro 3 incluye la composición de la dieta para las cuatro últimas fases de engorda.

**Cuadro 3.** Análisis de nutrientes de las dietas para las distintas etapas de los cerdos en la granja comercial “El Platanar”, Veracruz, %.

<b>Ingredientes</b>	<b>Iniciador</b>	<b>Crecimiento</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>Finalizador</b>
Energía metabolizable, Kcal	3.31	3.28	3.25	3.30
Proteína cruda, %	19.18	15.90	14.90	14.5
Calcio, %	0.58	0.69	0.65	0.60
Fósforo, %	0.52	0.60	0.57	0.53
Lisina total, %	1.22	1.04	0.95	1.00
Metionina+Cisteína total, %	0.70	0.60	0.58	0.60
Fibra cruda, %	2.41	2.60	2.63	2.65

#### **4.4. Diseño experimental y dietas**

El diseño experimental fue con medidas repetidas con cuatro tratamientos. Se ocuparon 240 animales por tratamiento, donde el corral fue la unidad experimental. El Tratamiento 1 (testigo) consistió en alimento de la granja en sus diferentes fases de producción elaborado en la fábrica de alimentos (FA) de los productores (de la fase 1 a la 7). El Tratamiento 2 fue el mismo alimento (FA) que el testigo en sus diferentes fases de producción + 300 g/t de DHA. El Tratamiento 3 incluyó el mismo alimento (FA) en sus diferentes fases de producción + 200 g/t de EP. El Tratamiento 4 usó el mismo alimento (FA) en sus diferentes fases de producción + 300 g/t de DHA + 200 g/t de EP.

#### **4.5. Parámetros evaluados**

Para el desempeño de crecimiento y engorda, se midió: peso promedio al destete (PPD), peso promedio al día 70 de vida del cerdo (PD70), ganancia diaria de peso al día 70 de vida del cerdo (GDP70), conversión alimenticia al día 70 de vida del cerdo (CA70), peso promedio al mercado (PPM), ganancia diaria de peso al mercado (GDPM), y conversión alimenticia al mercado (CAM). Los cerdos se pesaron en forma individual el día 70 y a la salida al mercado. El consumo de alimento se registró en forma diaria hasta la salida al mercado de los animales, para calcular la ingesta de alimento total.

#### **4.6. Análisis de datos**

Las variables de interés se sometieron a análisis de varianza a través del paquete estadístico Minitab v.16 por el procedimiento GLM definiendo la significancia como 0.05. La diferencia entre medias se determinó por la prueba de Tukey por el uso del mismo software estadístico.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Desempeño a los 70 días de vida

Las dietas que contuvieron DHA y DHA+EP superaron tanto a los cerdos del grupo testigo como a los que solo recibieron la dieta con EP en las variables CAD70, GDPD70 y PD70 ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 4). Esto concuerda con Luo *et al.* (2019), quienes adicionaron ácido graso de cadena larga (DHA) en dietas para cerdas en lactancia y encontraron mayor peso y robustez en cerdos al destete y un mejor desempeño postdestete. Al adicionar EP en la dieta de cerdos con PRRS al destete, se mejoró la salud de los animales y se disminuyeron la IL-1 y IL-6, con una mejora en la salud de los animales, lo que favoreció una mejor producción y ganancia diaria de peso al día 70 de vida. El efecto de DHA y DHA+EP de aumentar la producción pudo deberse a una posible mejora en la salud de los animales, por su acción antiviral, antimicrobiana, antioxidante, y antiinflamatoria (Lee *et al.*, 2004; Rosero *et al.*, 2016).

**Cuadro 4.** Ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA) y peso al día 70 de vida (PD70) de cerdos en crecimiento con dietas adicionadas con DHA, EP y DHA+EP.

Tratamiento	Conversión alimenticia	GDP, kg	Consumo de alimento, kg	Peso al día 70, kg
Testigo	1.49±0.07 <sup>a</sup>	0.473±0.05 <sup>b</sup>	36±0.05 <sup>a</sup>	24.16 ± 0.35 <sup>b</sup>
DHA	1.36±0.04 <sup>c</sup>	0.519±0.04 <sup>a</sup>	36±0.05 <sup>a</sup>	26.47 ± 0.37 <sup>a</sup>
EP	1.43±0.7 <sup>b</sup>	0.492±0.05 <sup>b</sup>	36±0.05 <sup>a</sup>	25.13 ± 0.39 <sup>b</sup>
DHA+EP	1.34±0.03 <sup>c</sup>	0.523±0.04 <sup>a</sup>	36±0.05 <sup>a</sup>	26.69 ± 0.38 <sup>a</sup>
EEM	0.202	0.002	0.213	0.373

Esto abre la posibilidad del uso de DHA+EP en la dieta en sustitución de los antibióticos, a fin de obtener mejoras en el rendimiento productivo y en la salud de los animales. Stephenson *et al.* (2016) incluyeron aceite de soya en dietas para cerdos en crecimiento y observaron un aumento en el contenido de ácidos grasos poliinsaturados en los depósitos de grasa del organismo, lo que provocó mejores ganancias diarias de peso y una mejora en la eficiencia alimenticia.

El agregar DHA a la dieta puede provocar una mejor respuesta inmune en los animales, debido al aporte de AG  $\omega$ -3 a la dieta. Tanto los ácidos  $\omega$ -6 como  $\omega$ -3 se almacenan en las membranas celulares y desempeñan dos funciones principales: sirven como componentes estructurales y como sustratos para la producción de eicosanoides, como las prostaglandinas (PGE), los tromboxanos (TX) y los leucotrienos (LT) (Kremmyda *et al.*, 2012). Los AGPI  $\omega$ -3, son ligadores naturales de los receptores gamma activadores de la proliferación de peroxisomas (PPAR $\gamma$ ). Los PPAR $\gamma$  desempeñan un papel relevante en la respuesta inmune a través de su capacidad de inhibir la expresión de citoquinas inflamatorias y de dirigir la diferenciación de las células inmunes hacia fenotipos (Zelechower y Elbert, 2018). Además del hecho evidente que la dieta puede influir en la mejora de la ganancia diaria de peso y en la conversión alimenticia, la dieta es un aspecto relevante para el bienestar animal (Rodríguez, 2009). Desde el punto de vista de la inclusión de fuentes suplementarias de lípidos, el aumento de DHA y EPA en el animal puede ejercer efectos antiinflamatorios y promover respuestas inmunes, entre otros efectos beneficiosos para su bienestar. En este sentido, las microalgas como suplementación de la dieta, también se aprecian como una alternativa promisoriosa, ya que es fuente de ácidos grasos poliinsaturados de interés, con lo que se podría mejorar de manera importante la digestibilidad del alimento y promover la respuesta inmunológica animal (Kalbe *et al.*, 2019).

## 5.2. Peso al mercado

La mezcla DHA+EP tuvo mejor comportamiento ( $p < 0.05$ ) en GDPM que el grupo testigo y que DHA y EP en forma aislada. Los animales en las dietas que contenían DHA, EP y DHA+EP fueron superiores en PPM a los cerdos del grupo testigo ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 5); sin embargo, en cuanto a CAM, el grupo tratado con DHA fue mejor estadísticamente que el tratamiento testigo, que EP y que DHA+EP. Lai *et al.* (2005) encontraron una correlación entre la expresión de NF- $\kappa$ B y la producción de TNF- $\alpha$ , al adicionar 1 y 2% de CLA en la dieta de cerdos en crecimiento en la semana 1 post-infección con virus del PRRS ( $P = 0.009$ ,  $P = 0.031$  respectivamente), con lo que se demostró cierto efecto protector ante esta enfermedad. En cerdos infectados con PRRS y alimentados con CLA, la TNF- $\alpha$  se incrementó en suero y aumentó la expresión de RNAm de NF- $\kappa$ B en células mononucleares. La adición de ácido linoleico conjugado (ALC) en la dieta de animales infectados con PRRS puede ser benéfica, ya que al producirse TNF- $\alpha$ , una citocina antiviral, se pueden disminuir los efectos detrimentales (fiebre, inflamación bronquial, entre

otros), o incluso, llegar a eliminar el virus. Esto es similar a lo encontrado en otros trabajos que usaron ácidos grasos omega-3 que han demostrado que modulan la producción de citocinas proinflamatorias y mejoran la inmunidad del hospedador (Grimble, 1998).

**Cuadro 5.** Alimentación de dos ciclos de engorda adicionado con DHA, EP y DHA+EP y su respuesta en algunas variables productivas.

Tratamiento	Días al mercado	Peso al mercado	Consumo de alimento total	de GDP	Conversión alimenticia
Testigo	167.98 ± 1.27 <sup>a</sup>	90.32 ± 0.69 <sup>a</sup>	231.07 ± 1.79 <sup>a</sup>	0.537±0.06 <sup>c</sup>	2.56±0.11 <sup>a</sup>
DHA	153.66 ± 1.25 <sup>b</sup>	99.19 ± 0.71 <sup>b</sup>	237.29 ± 1.77 <sup>b</sup>	0.648±0.04 <sup>b</sup>	2.39±0.09 <sup>c</sup>
EP	153.46 ± 1.32 <sup>b</sup>	98.82 ± 0.75 <sup>b</sup>	250.77 ± 1.85 <sup>c</sup>	0.643±0.02 <sup>b</sup>	2.53± 0.10 <sup>b</sup>
DHA+EP	150.87 ± 1.28 <sup>b</sup>	100.06 ± 0.73 <sup>b</sup>	246.91 ± 1.81 <sup>c</sup>	0.660±0.05 <sup>a</sup>	2.50± 0.10 <sup>b</sup>
EEM	1.28	0.720	1.800	0.052	0.090

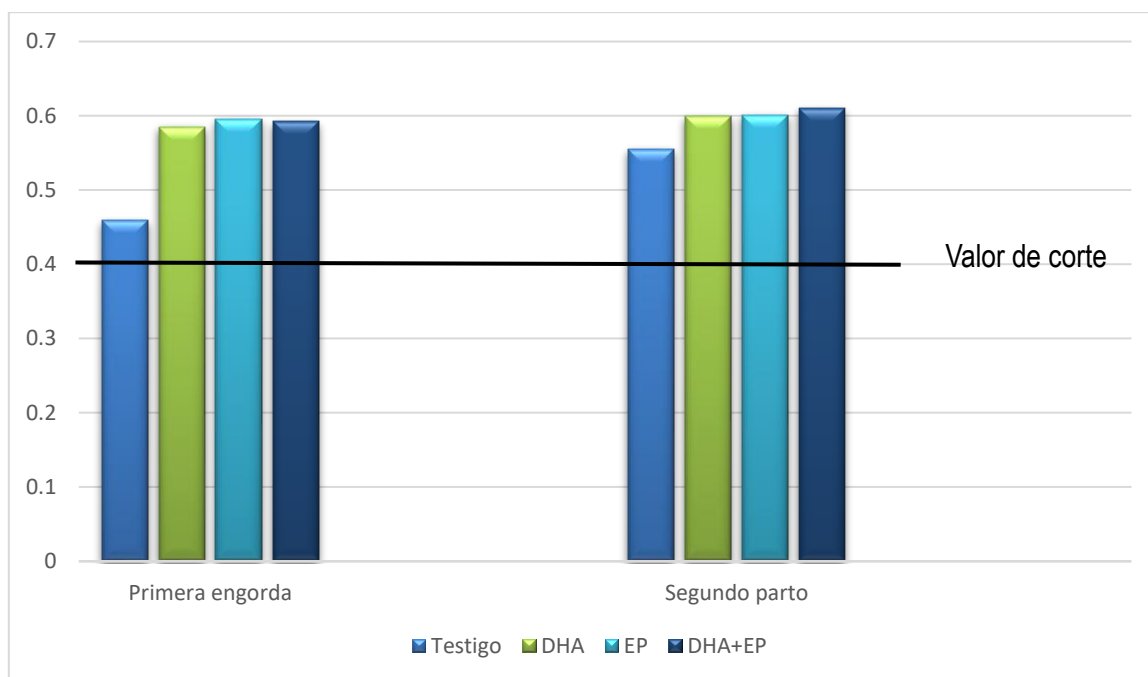
Los ácidos grasos omega 3 dan lugar a diferentes tipos de eicosanoides los cuales participan en la regulación de reacciones inflamatorias, en la presión sanguínea y en la agregación de plaquetas (Muskiel *et al.*, 2004). Kalbe *et al.* (2019) son de la opinión que la inclusión regular de DHA en la dieta de los animales ayuda a mejorar la salud animal, a promover los efectos antiinflamatorios y tiene un impacto positivo sobre la producción de carne de cerdo. Thiel-Cooper (2001) encontró una correlación lineal positiva entre el nivel de inclusión de CLA en la dieta y la ganancia diaria promedio en cerdos en crecimiento ( $p<0.05$ ), sin que el consumo diario de alimento se viera afectado por la concentración de CLA en la dieta, con una mejor eficiencia alimenticia, de manera muy parecida a lo encontrado en el presente trabajo.

Allan y Bilkei (2005) señalaron que los extractos de plantas (EP) poseen algunos metabolitos secundarios con efectos beneficiosos sobre el rendimiento y la salud del cerdo. Caicedo *et al.* (2022) al incluir en la dieta de cerdos algunas plantas medicinales (carvacrol, cinamaldehído y capsaicina) a razón de 150 mg/kg de alimento, obtuvieron una mejor ganancia de peso al mercado y una mejor conversión alimenticia, de forma similar a los resultados encontrados en este trabajo, donde el peso final en los cerdos tratados con EP fue mejor que en el tratamiento testigo. En un estudio similar al presente, Liu *et al.* (2013) proporcionaron oleorresina de cúrcuma y capsicum en el alimento a cerdos en crecimiento infectados con PRRS mejoró e informan que, además de aliviar los impactos negativos de la infección y reducir la

carga viral, la citocina proinflamatoria, las proteínas de fase aguda, se apreció un aumento en la ganancia diaria de peso, en el consumo de alimento y en la eficiencia alimenticia.

**Análisis serológicos.** Las pruebas serológicas de ELISA indican que el PRRS estuvo presente en todos los animales en los cuatro tratamientos. La detección de anticuerpos en lechones al destete muestra que sus madres tuvieron un alto nivel de anticuerpos contra PRRS, lo que permitió que el virus siguiera activo al menos hasta el día 70 de vida de los animales (Figura 3).

Rangos coeficiente sobre  
muestras positivas



**Figura 3.** Media geométrica de los títulos de anticuerpos contra PRRS por ELISA en cerdos al día 70 de vida que recibieron una dieta suplementada con DHA, EP o una mezcla DHA+EP.

La piara objeto de estudio tiene cerca de 20 años de estar infectada con PRSS y en varias ocasiones se ha corroborado que la infección persiste, tanto por técnicas serológicas como por los parámetros productivos y reproductivos que se obtienen. PRRS usualmente persiste en ambientes susceptibles. En este estudio, los cerdos en la fase de crecimiento fueron seropositivos a PRRS, con valores por arriba de 0.4 M/P en cerdos de engorda y acabado. Estos resultados concuerdan con Mateo *et al.* (2009), quienes hallaron valores similares de IgG en suero sanguíneo de cerdas lactantes y su progenie al día 14 de lactación, en reproductoras cuyas dietas se adicionaron con alga parda (*Cystoseira usneoides*).



## **CONCLUSIONES**

La adición de DHA y extractos de plantas como la cúrcuma y la oleorresina de capsicum se traduce en beneficios en los índices productivos y en la salud de los cerdos en crecimiento y finalización de granjas con PRRS. La adición de este tipo de productos puede representar una buena alternativa al uso de antibióticos como promotores del crecimiento animal. Se confirma la hipótesis de que la suplementación con DHA y extractos de plantas en la dieta de cerdas de pie de cría en una piara infectada con PRRS, mejora el desempeño productivo de su progenie y de algunos indicadores de la salud y la respuesta inmune.

## LITERATURA CITADA

- Abbas, A.K., Lichtman, A.H. & Pober J.S. (2004). *Inmunología celular y molecular* (5ª. ed.). Madrid: Mc-Graw Hill Interamericana. Pp. 577.
- Albina, E. (1997). Epidemiology of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS): an overview. *Veterinary Microbiology*, 55(1-4), 309-316.
- Allan, P., & Bilkei, G. (2005). Origanum improves reproductive performance of sows. *Theriogenology*, 63,716-721. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.06.010>
- Baydar, H., Sağdıç, O., Özkan, G. & Karadoğan, T. (2004). Antibacterial activity and composition of essential oils from Origanum, Thymbra and Satureja species with commercial importance in Turkey. *Food Control*, 15,169-172. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(03\)00028-8](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00028-8)
- Butler J.E., Lager K.M., Golde W., Faaberg K.S., Sinkora M., Loving C., & Zhang Y.I. (2014). Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS): an immune dysregulatory pandemic. *Immunologic Research*, 59(1-3),81-108. <https://doi.org/10.1007/s12026-014-8549-5>
- Caicedo, W., Chinque, D.M. & Grefa, V.J. (2022). Phyto-biotic additives and their effect on the productive performance of pigs. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 56,2 <http://orcid.org/0000-0002-9212-2886>
- Calder, P.C. (2006). N-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. *American Journal of Clinical Nutrition*, 83,1505–1519. <https://doi.org/10.1093/ajcn/83.6.1505S>
- Chaplin, D.D. (2010). Overview of the immune response. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 125,S3-S23
- Molina Fuentes, J.A. (2006). *Enriquecimiento de la carne de cerdo con ácidos grasos poliinsaturados eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA)*. Memoria para el título de ingeniero agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción. Chillán, Chile. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/8148>
- Dorman, H. J. D. & Deans, S.G. (2008). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88,308-316. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x>
- Duinhof T.F., Schaik G.V., Van-Esch V.E.J.B., & Wellenberg G.J. (2011). Detection of PRRSV circulation in herds without clinical signs of PRRS: Comparison of five age groups to assess the preferred age group and sample size. *Veterinary Microbiology*, 150,180-184. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2011.01.001>
- Fernández, T.J.P. (2007). Extracción convencional de oleoresina de pimentón dulce y picante. Generalidades, composición, proceso e innovaciones y aplicaciones. *Grasas y Aceites*, 58, 252-263.
- Grimble, R.F. (1998) Modification of inflammatory aspects of immune function by nutrients. *Nutrition Research*, 18,1297-1317. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(98\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(98)00108-0)

- Holtkamp, D.J., Kliebenstein, J.B., Neumann, E., Zimmerman, J.J., Rotto, H., Yoder, T.K., Wang, C., Yeske, P., Mowrer, C.L., & Haley, C.A. (2013). Assessment of the economic impact of porcine reproductive and respiratory syndrome virus on United States pork producers. *Journal of Swine Health and Production*, 21(2),72.
- INAFED (2022). *Emiliano Zapata*. México: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. <http://www.emilianozapata.gob.mx/>
- Kaffaber, K. (1989). Reproductive failure of unknown etiology. *American Association of Swine Practitioners Newsletters*, 1,1–9
- Kalbe C., Priepeke A., Nürnberg G, & Dannenberger D. (2019) Effects of long-term microalgae supplementation on muscle microstructure, meat quality and fatty acid composition in growing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103,574-582. <https://doi.org/10.1111/jpn.13037>
- Kremmyda, L.S., Tvrzicka, E., Stankova, B. & Zak, A. (2012). Fatty acids as biocompounds: their role in human metabolism, health and disease: a review. part 2: fatty acid physiological roles and applications in human health and disease. *Biomedical papers of the Medical Faculty of the University Palacky, Czech Republic*, 155,195-218. <https://doi.org/10.5507/bp.2011.038>
- Lai C., Jindong Yin J., Li D., Zhao L., Qiao S., & Xing J (2005) Conjugated linoleic acid attenuates the production and gene expression of proinflammatory cytokines in weaned pigs challenged with lipopolysaccharide. *The Journal of Nutrition*, 135(2),239-244. <https://doi.org/10.1093/jn/135.2.239>
- Lee, K.W., Everts, H. & Beynen, A.C. (2004). Essential oils in the nutrition of broilers. *International Journal of Poultry Science*, 3(12),738-752. <https://doi.org/10.3923/ijps.2004.738.752>
- Leyva-Rendón, A. (2011). DHA y funcionamiento cerebral: ¿Cuáles son los beneficios?. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 12(6),365-372.
- Liu, Y., Che, T.M., Song, M., Lee, J.J., Almeida, J.A.S., Bravo, D., Van-Alstine, W.G. & Pettigrew, J.E. (2013). Dietary plant extracts improve immune responses and growth efficiency of pigs experimentally infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Journal of Animal Science*, 91,5668-5679. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6495>
- López-Heydeck, S.M., Alonso-Morales, R.A., Mendieta-Zeron, H. & Vázquez-Chagoyán, J.C. (2015). Síndrome reproductivo y respiratorio del cerdo (PRRS). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6(1),69-89.
- Loula, T. (1991). Mystery Pig Disease. *Agri-Practice*, 12,23–34
- Loynachan A.T., Pettigrew J.E., Wiseman B.S., Kunkle R.A., & Harris D.L. (2005). Evaluation of a diet free on animal protein in germfree swine. *Xenotransplantation*, 12,149–155. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3089.2005.00210.x>
- Luo, W.L., Luo, Z., Xu, X., Zhao, S., Li, S.H., Sho, T., & Xu, J.X. (2019). The Effect of maternal diet with fish oil on oxidative stress and Inflammatory response in sow and new-born piglets. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 1(12). <https://doi.org/10.1155/2019/6765803>

- Mateo R.D., Carroll J.A., Hyun Y., Smith, W. K. (2009). Effect of dietary supplementation of n-3 fatty acids and elevated concentrations of dietary protein on the performance of shows. *Journal of Animal Science*, 87(3),948-59.
- Muskiet, F.A. J., Fokkema, M.R., Schaafsma, A., Boersma, E.R. & Crawford, M. (2004). Is decahexaenoic acid (DHA) essential? Lessons from DHA estatus regulation, our ancient diet, epidemiology and randomized controlled trials. *Journal of Nutrition*, 134, 183-186. <https://doi.org/10.1093/jn/134.1.183>
- Neumann E., Kliebenstain J., Johnson, M.J, Bush E., Setzinger A., Green A., & Zimmerman J. (2005). Assesment of the economic impact of porcine reproductive and respiratory síndrome on swine production in the United States. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 227,385-392. <https://doi.org/10.2460/javma.2005.227.385>
- Otte M.V., Moreira, F., Bianchi I., Oliveira Jr J., Mendes R.E., Haas C.S., Anciuti A.N., Rovani M.T., Gasperin B.G., & Thomaz L. (2018). Effects of supplying omega-3 polyunsaturated fatty acids to gilts after weaning on metabolism and ovarian gene expression. *Journal of Animal Science*, 97(1),374-384. <https://doi.org/10.1093/jas/sky419>
- Parkin, J., & Cohen B., (2001). An overview of the immune system. *Lancet*, 357,1777-1789.
- Pettigrew, J.E. (2006). Reduced use of antibiotic growth promoters in diets fed to weanling pigs: dietary tools, part 1. *Animal Biotechnology*, 17,207-205. <https://doi.org/10.1080/10495390600956946>
- Quezada-Fraide, E.A., Peñuelas-Rivas, C.P., Moysén-Albarrán, F.S., Trujillo-Ortega, M.E., Martínez-Castañeda, F.E. (2021) Desempeño productivo y costos de granjas porcinas con diferentes protocolos de vacunación al virus del PRRS. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuarias*, 12,206-216. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i1.5377>
- Rivera-Benítez J.F., De la Luz-Armendáriz J., Gómez-Núñez L., Vargas F.D., Socci Escatell G., Ramírez-Medina E., Velázquez-Salinas L., Ramírez-Mendoza H., Coba Ayala M.A., Tufiño-Loza C., Macías García M., Carrera-Aguirre V., Martínez-Bautista R., Martínez-Mercado M.J., Santos-López G., Herrera-Camacho I., Siañez-Estrada I., & Zapata-Moreno M. (2021) Salud porcina: historia, retos y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuarias*, 12(Supl 3),149-185. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5879>
- Rodríguez, O.M. (2009). Reformas legales necesarias en pro del bienestar animal. *Ambientico*, 225, (Artículo 4), 20-24.
- Roitt, I., Brostoff, J., & Male, D. (2003). *Inmunología* (5a ed.). Madrid: Hancourt. Pp. 423
- Rosero DS, Boyd RD, McCulley M, Odle J, Van-Heugten E (2016) Essential fatty acid supplementation during lactation is required to maximize the subsequent reproductive performance of the modern sow. *Animal Reproduction Science*, 168,151-163, <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.03.010>
- Sökmen, M., Serkedjieva, J., Daferera, D., Gulluce, M., M. Polissiou, M., Tepe, B., Akpulat, H.A, Sahin, F. & Sokmen, A. (2004). In vitro antioxidant, antimicrobial, and antiviral activities of the essential oil and various extracts from herbal parts and callus cultures of *Origanum acutidens*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52,3309–3312. <https://doi.org/10.1021/jf049859g>

- Stein, H.H. & Kil, D.Y. (2006). Reduced use of antibiotic growth promoters in diets fed to weaned piglets: dietary tools, part 2. *Animal Biotechnology*, 17,217-231. <https://doi.org/10.1080/10495390600957191>
- Stein H.H., Roth J.A., Sotak K.M., & Rojas O.J. (2013) Nutritional value of soy products fed to pigs. *Swine Focus*, 004. <https://nutrition.ansci.illinois.edu/sites/default/files/SwineFocus004.pdf>
- Thiel-Cooper, R., Parrish, F.C., Sparks, J.C., Wiegand, B.R. & Ewan, R.C. (2001). Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition. *Journal of Animal Science*, 79,1821-1828. <https://doi.org/10.2527/2001.7971821x>
- Twycross, J., & Aickelin, U. (2010). Information fusion in the immune system. *Information Fusion*, 11(1),35-44.
- White, M. (1992). The clinical signs and symptoms of “blue-eared” pig disease (PRRS). *Pig Veterinary Journal*, 28,62–68.
- Zelechower H. Elbert AE (2018) PPARs. Receptores activados por proliferadores peroxisomales. *Revista de Nefrología, Diálisis y Trasplante*, 29,74-83. [www.revistarenal.org.ar/index.php/rndt/article/view/329](http://www.revistarenal.org.ar/index.php/rndt/article/view/329)

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”

**[www.uv.mx](http://www.uv.mx)**

