



**Universidad Veracruzana**  
**Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

**Región Veracruz**

Licenciatura en Agronegocios Internacionales

## Costo de aditivos a la dieta para reducir el impacto de PRRS en cerdas

Tesis para acreditar la Experiencia recepcional

Presenta:

**Esteban Zavaleta Arroyo**

Directores:

Dr. Alvaro Alberto Angeles Marín

Dr. Jose Alfredo Villagomez Cortés

Julio de 2023

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”



Universidad Veracruzana

Facultad de Medicina Veterinaria Zootecnia  
Región Veracruz

Licenciatura en Agronegocios internacionales

Costo de aditivos a la dieta para reducir el impacto de PRRS  
en cerdas

Tesis para acreditar la Experiencia recepcional

Presenta:

**Esteban Zavaleta Arroyo**

Directores:

Dr. Alvaro Alberto Angeles Marín

Dr. Jose Alfredo Villagomez Cortés

## **Dedicatoria**

A mis padres:

Crecencio Zavaleta Alarcón y Delfina Arroyo Cruz, por la educación, las enseñanzas que me inculcaron y el gran apoyo que me dieron durante todos estos años; por haber estado en los buenos y malos momentos, nunca dejarme solo y ser mi inspiración para seguir adelante.

A mis hermanos:

Arturo, Valentín, Oscar, Alicia y María por estar conmigo en todo este transcurso desde el principio hasta el final, por darme sus consejos, por alentarme a no rendirme, fueron parte fundamental de mi motivación.

A mi hermana Margarita y a su esposo Epsom, porque ella siempre vio por mi desde pequeño, me apoyó desde el principio hasta el final de mi educación, tratando siempre de darme lo mejor y queriendo verme triunfar, y por darme una sobrina tan hermosa. Mi cuñado también se preocupó por mí desde que comencé con mi estudio universitario y me apoyo junto con ella, dándome consejos y buenas platicas.

A mi sobrina Lía:

Quien se convirtió en mi motor, mi adoración, por la cual pongo empeño y dedicación a las cosas, y por la que siempre trato de ver todo lo bueno.

A mi pareja Yamilet:

Por haberme entendido y apoyado en momentos tan difíciles, cuando nadie más podía hacerlo; por haberme escuchado cuando tenía problemas y estar constantemente motivándome, por haberme extendido la mano, no soltarme, y querer verme superarme siempre.

A mis amigos:

Los amigos de aventura universitaria: Berenisse, Vianey, Daniela M, Luis, Enrique, Ernesto, por haber compartido muchos momentos inolvidables y haber dejado un gran impacto en mí durante estos años.

A mis mejores amigos: Luciano, Gonzalo e Irving, por siempre estar cuando les pedí apoyo, por nunca abandonarme y por demostrarme su leal amistad durante tantos años.

A mis mejores amigas: Jessica, Rubí, Brenda, Vianey, Daniela Alemán, por estirar su mano y brindarme ayuda, apoyo y amistad en todos estos años.

# Agradecimientos

A mis profesores:

La Mtra. Elena, la Mtra. Violeta, el profe Eusebio, el profe Víctor Hugo Berdón, el profe Ángel Mora, el Lic. Pedro Olea y la Dra. Patricia Deveze, quienes compartieron sus conocimientos y tuvieron siempre disponibilidad para ayudarme a ser mejor dentro del ámbito profesional y personal. Por brindarme su ayuda y cariño.

A mis directores de tesis:

Al Dr. Álvaro Alberto Ángeles Marín y al Dr. José Alfredo Villagómez Cortés. Por su apoyo, confianza, dedicación y guía al recorrer esta aventura, por convertirse en fuente de inspiración para ser el mejor en cualquier reto profesional al que me enfrente.

# Índice

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice de Cuadros.....	iv
Resumen.....	v
Introducción.....	1
CAPITULO I. Antecedentes.....	3
1.1. Los cerdos.....	3
1.2. PRRS.....	4
1.3. Oleorresina de cúrcuma y capsicum.....	6
1.4. Ácido docosaheptaenoico.....	7
2. Justificación.....	9
3. Hipótesis y Objetivos.....	10
3.1. Hipótesis.....	10
3.2. Objetivo general.....	10
3.3. Objetivos específicos.....	10
4. Material y métodos.....	11
4.1. Tipo de Investigación.....	11
4.2. Localización.....	11
4.3. Animales y manejo.....	11
4.4. Diseño experimental y dietas.....	12
4.5. Pruebas serológicas.....	12
4.5. Análisis beneficio-costo y análisis estadístico.....	13
5. Resultados.....	14
5.1. Efecto sobre la producción.....	14
5.2. Analisis beneficio-costo.....	15
Conclusiones.....	17
Referencias.....	18

## Índice de Cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Efecto de la alimentación con cuatro dietas durante la gestación y lactancia de cerdas de primer parto. ....	14
<b>Cuadro 2.</b> Efecto de la alimentación con cuatro dietas durante la gestación y lactancia de cerdas de segundo parto.....	15
<b>Cuadro 3.</b> Respuesta económica en algunas variables de producción de la progenie de cerdas de primer y segundo ciclo alimentandas con cuatro dietas diferentes (en \$USD)..	16

## Resumen

Zavaleta Arroyo, Esteban. 2023. Costo de aditivos a la dieta para reducir el impacto de PRRS en cerdas. Tesis de Licenciatura en Agronegocios Internacionales, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver. Directores: MMVVZZ Álvaro Alberto Ángeles Marín y José Alfredo Villagómez Cortés.

El objetivo del estudio fue determinar el efecto sobre la producción y el costo de la adición de ácido docosahexaenoico (DHA) y oleorresina de cúrcuma y capsicum (EP) en la dieta de cerdas reproductoras afectadas con Síndrome Respiratorio y Reproductivo del Cerdo (PRRS) y en los lechones durante dos ciclos productivos. El estudio se realizó en la granja comercial “El Platanar”, en el municipio de Emiliano Zapata, Veracruz. Un total de 48 cerdas de primer parto se distribuyeron al azar en cuatro tratamientos (Tr1, testigo; Tr2, DHA, 300 mg/t; Tr3, EP, 200 mg/t; Tr4, DHA+EP). Para el segundo ciclo se siguió la misma asignación de tratamientos. Los parámetros evaluados en las cerdas incluyeron: número de lechones nacidos vivos (NLNV), número de lechones nacidos muertos (NLNM), peso del lechón al nacimiento (PLN), y número de momias al parto (NMP); en los lechones, se registraron los parámetros relacionados con desempeño al destete: número de lechones destetados (NLD), peso del lechón al destete (PLD), y mortalidad pre-destete (MPD). Se tomaron muestras séricas de todos los animales en distintos momentos para confirmar la presencia continua de PRRS por la prueba de ELISA. Se obtuvo el costo en dólares de cada una de las dietas y se relacionó con las variables que se midieron. Tanto las variables productivas como las económicas se sometieron a análisis de varianza y se usó prueba de Tukey para comparación de medias. PLN en los grupos tratados con EP y DHA+EP fue mayor en ambos partos ( $p < 0.05$ ). La adición de DHA y EP resultó en menor cantidad de momias ( $p < 0.05$ ) que en los grupos testigo y DHA+EP en ambos partos. NLD, DHA y EP tuvieron mayores valores en el primer parto ( $p > 0.05$ ), mientras que DHA fue superior a los demás tratamientos en el segundo parto ( $p > 0.05$ ). Todos los cerdos desarrollaron anticuerpos contra PRRS, observando en los grupos tratados concentraciones séricas de IgG superiores al testigo ( $p < 0.05$ ). En el primer ciclo, el costo fue inferior para NMP en los grupos tratados con DHA o EP. En el segundo ciclo, el menor costo se tuvo con los grupos tratados con DHA+EP o EP. Para NLNV y NLD, no se encontraron diferencias económicas entre los tratamientos del primero y segundo ciclo. Para el tratamiento DHA+EP, el menor costo en MPD se reflejó en la mínima mortalidad observada durante la lactancia, en comparación con el resto de los tratamientos. La adición de EP tuvo un efecto positivo sobre NLNV en ambos partos, mientras que la combinación DHA+EP solo tuvo efecto en el segundo ciclo ( $P < 0.05$ ). Se concluye que la adición de DHA y EP mejoró la respuesta productiva en la progenie y redujo el costo de producción de las cerdas.

**Palabras clave:** ácido docosahexaenoico, capsicum, cerdas, ELISA, oleorresina de cúrcuma, parámetros productivos, Síndrome Reproductivo y Respiratorio Porcino.

## Introducción

El Síndrome Reproductivo y Respiratorio Porcino (PRRS) es una de las enfermedades infecciosas más relevantes en la industria porcina. Los brotes ocasionan pérdidas económicas en 10 % de la producción anual de lechones y se considera una pérdida de US \$239 a \$300 por cerda por año en EUA, Alemania, Holanda y México (López-Heydeck *et al.*, 2015). Este virus se caracteriza por fiebre alta, dificultad respiratoria y alta mortalidad en cerdos de todas las edades y en los últimos años ha afectado gravemente la industria porcina de todo el mundo (Do *et al.*, 2020). La rápida difusión del PRRS en la mayoría de los países productores de cerdos, al igual que las pérdidas económicas ocasionadas a la industria porcina, han contribuido al desarrollo de numerosas herramientas y técnicas para el diagnóstico, la prevención y el control, en especial mediante el desarrollo de vacunas eficaces para la enfermedad (Renukaradhya *et al.*, 2015).

Con objeto de reducir el impacto de PRRS sobre la producción, se han buscado otras opciones que refuercen el sistema inmune de los cerdos afectados. Así, el uso de ácidos grasos omega 3, específicamente el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), en la alimentación de la cerda gestante y lactante influyen en una mejor viabilidad y supervivencia de los lechones al nacimiento. La adición del 1% de aceite de pescado permite aumentar los niveles de estos ácidos grasos en los tejidos fetales, principalmente en el cerebro, lo que produce mayor vitalidad y una menor mortalidad de los lechones en el pre-destete (10.2 vs 117%) (Rooke *et al.*, 2001). Algunas investigaciones encontraron que al adicionar fuentes naturales con alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), principalmente ácidos grasos omega 3 ( $\Omega$ 3FA) en el alimento para cerdas en gestación durante la primera semana de lactancia, se aumentaron sustancialmente los niveles de estos ácidos grasos en el calostro y en la leche (Fritsche *et al.*, 1993; Rooke *et al.*, 1998); en consecuencia, se incrementó también su contenido en los tejidos de los lechones recién nacidos y en las células inmunes de los cerdos lactantes. Aunado a esto, Leonard *et al.* (2010) encontraron que la suplementación de extracto de algas marinas en cerdas, desde el día 109 de gestación hasta el destete, aumentó las concentraciones de IgG calostrales y las concentraciones circulantes de IgA e IgG en los lechones lactantes. Por su parte, Feyera (2018) obtuvo un mayor tamaño de la camada al nacimiento (12.8 vs 11.1) en cerdas de tres a siete partos que consumieron 0.3% de aceite de pescado en el alimento



durante el periodo de lactancia, y de un 0.6% en el alimento de la gestación siguiente hasta 4 semanas después de la cubrición. Tanghe y De Smet (2013) reportaron que la progenie de cerdas que consumieron ácidos grasos omega 3 durante la gestación y la lactancia en dos partos seguidos, tuvieron cierta ventaja en la fase de engorda, obteniendo mejor peso al mercado que un grupo testigo.

Los extractos de plantas (EP) son de interés potencial debido a su acción antiviral (Sökmen *et al.* 2004), antimicrobiano (Baydar *et al.* 2004), antioxidante, antiinflamatorio, además de otros efectos biológicos. Esto abre la posibilidad del uso de EP como sustitutos de los antibióticos en la dieta a fin de obtener mejoras en el rendimiento y en la salud de los animales (Pettigrew *et al.*, 2006); Stein y Kil, 2006). El DHA, al igual que la oleorresina de cúrcuma y el capsicum, además de funcionar como fuentes de energía, juegan un papel importante en el mantenimiento estructural de la membrana celular, como resultado de sus efectos antimicrobianos, antiinflamatorios y como moléculas de señalización. Así mismo, estos compuestos actúan como precursores en la síntesis de eicosanoides y otros mediadores en las diferentes fases de crecimiento del cerdo, por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la rentabilidad de la inclusión en la dieta de ácido docosahexaenoico y oleorresina de cúrcuma y capsicum, tanto por separado como en mezcla, sobre el desempeño productivo de cerdas de primer y de segundo parto en una piara infectada con PRRS.

# CAPITULO I. Antecedentes

## 1.1. Los cerdos

Los cerdos silvestres fueron domesticados en Asia y Europa hace 10,000 y 5,000 años, respectivamente, en el periodo Neolítico. En general, se considera que todas las razas de cerdos actuales descienden del jabalí silvestre. Pero dado que se conocen dos procesos de domesticación, uno en oriente medio con una antigüedad de 12,500 años y otro en Asia hace 7,000 años, se considera que el jabalí europeo (*Sus scrofa ferus*) podría haber dado origen al cerdo europeo, mientras que el jabalí asiático (*Sus indicus*), sería el origen las razas de cerdo asiáticas. Los cerdos han jugado un papel muy importante en las granjas desde sus inicios, y formaron gran parte de la dieta, como lo demuestran los huesos de varios sitios arqueológicos (Matthews, 1985). Es casi seguro que los cerdos fueron domesticados en tiempos prehistóricos, en que el tronco de las lenguas asiáticas se dividió en otros grupos entre los pueblos primitivos, y sin duda los arios enseñaron a los sureños a conservar y utilizar esta especie. Cristóbal Colón los introdujo a América en segundo viaje en 1493 (Flores, 1981).

Los cerdos pertenecen al género *Sus*, que incluye el cerdo celta (*Sus scrofa*), el jabalí europeo, el cerdo asiático (*Sus vittatus*) y el cerdo ibérico (*Sus mediterraneus*) de origen africano, y fue introducido en Europa del sur (Benítez, 2001). Los cerdos se adaptaron a su entorno local y se diversificaron en un amplio rango de regiones, afectados por el clima, por los recursos naturales, por los métodos de ganadería aplicados y por el grado de cruzamientos con subespecies salvajes. Gradualmente, se fueron seleccionando por sus características físicas, como el color, o por otras características particulares como la resistencia, rusticidad, fertilidad, habilidad materna, capacidad de producir grasa, u otras características consideradas importantes localmente (Navarro, 1996).

Una raza es el conjunto de individuos con la misma frecuencia génica que intervienen en dar la uniformidad genotípica que los individualiza. El término raza involucra al conjunto de características que permiten diferenciar a un conjunto de individuos a través del tiempo, para fines prácticos, se combina lo estético con el valor productivo, “forma y función” (Preston y Willis, 1986). Las razas blancas se caracterizan por una mejor habilidad materna (mayor cantidad de lechones nacidos, destetados y producción de leche)

como la Landrace, originaria de Dinamarca, la cual es de color blanca, de orejas grandes y caídas al frente y con un perfil recto largo. En cambio, la Large White inglesa es un animal más bajo, con huesos más finos, y un cuerpo más profundo; su origen se remonta a un grupo de cerdos grandes y rústicos de color blanco con manchas negras o azuladas en la piel (Flores, 1981).

## **1.2. PRRS**

El Síndrome Reproductivo y Respiratorio Porcino (PRRS) es una de las enfermedades infecciosas más relevantes en la industria porcina de origen viral que afecta a cerdos, no es contagiosa para los humanos, pero sí hace daño a la producción y al potencial impacto exportador (Meulenberg, 2000). En 1987 se informó clínicamente por primera vez en los Estados Unidos de América de un problema que entonces se denominó “enfermedad misteriosa porcina” o “enfermedad de las orejas azules” (López-Heydeck *et al.*, 2015). Mas tarde, se reconoció en Canadá y en otros países el síndrome respiratorio y reproductivo porcino (PRRS), una enfermedad viral. La enfermedad se propagó rápidamente a la mayoría de los países del mundo. El virus se aisló por primera vez en los Países Bajos y los Estados Unidos en 1991 y en China en 1996. (Stadejek *et al.*, 2013). Desde la aparición del PRRS, a fines de la década de 1980, algunas regiones, como Australia y los países escandinavos, se han mantenido libres de virus, pero el virus ha alcanzado niveles casi globales. En áreas endémicas, típicamente el 60-80% de los rebaños dan positivo al virus (Zimmerman *et al.*, 1997). El virus del PRRS pertenece a la familia de virus ARN Arteriviridae. Su alta inestabilidad genética explica la diversidad de PRRSV y las enfermedades que provoca. Se identificaron dos grupos de cepas: un grupo norteamericano y un grupo europeo (Meulenberg, 2000).

En México, el PRRS se reportó clínicamente por primera vez en 1992, coincidiendo con una epidemia, pero se sospechó su presencia desde fines de la década de 1980, cuando posiblemente se confundió con enfermedades como el ojo Azul o Influenza porcina A en animales importados; un estudio posterior en esa época informó sobre la presencia de anticuerpos contra PRRSV en México (López-Heydeck *et al.*, 2015). Esta enfermedad puede aparecer de dos formas, la reproductiva que afecta principalmente a las hembras; causa repeticiones de celo, abortos, muertes de lechones o crías débiles, lo que disminuye la productividad; pero también se presenta la forma respiratoria, que puede observarse en

animales de cualquier edad, causa debilitamiento y se presentan signos respiratorios similares a un resfrío, lo cual los hace propensos a contraer otras enfermedades secundarias. Sin embargo, los cerdos infectados pueden estar asintomáticos o presentar signos generales que son indistinguibles de aquéllos por influenza porcina, pseudorabia (enfermedad de Aujeszky), fiebre porcina clásica, parvovirus, encefalomiocarditis, clamidiosis y mycoplasmosis. Las afectaciones reproductivas a menudo se aprecian al nacer, pues la camada contiene una mezcla de lechones aparentemente normales, lechones poco viables, lechones muertos y/o momias. Las cerdas infectadas al principio de la gestación pueden abortar y exhibir un celo anormal, con mayor frecuencia en el último tercio de la gestación. En las últimas etapas de un brote, las canales de los lechones son más pequeñas, lo que refleja la infección en las primeras etapas (Nodelijk, 2002).

La transmisión del PRRS es mecánica, por contacto directo con animales infectados o materiales contaminados con saliva, orina, semen, secreciones mamarias, por la placenta y sus heces. Las moscas se alimentan de animales infectados y agujas infectadas. La infección placentaria ocurre por implantación a los 13 a 14 días de gestación, por posible transferencia embrionaria previa, pero las principales rutas por las que los virus ingresan a las poblaciones porcinas libres es a través de cerdos portadores o semen. Se observa un aumento de la persistencia del virus en la sangre y excreción del virus en las secreciones nasales o salivales hasta por 25 días, o en el semen hasta por 90 días, lo que contribuye a su distribución. El virus puede sobrevivir en ambientes cálidos y secos durante menos de 24 horas, pero puede transmitirse a distancias cortas por aire o largas distancias a través de equipos, camiones o insectos contaminados. Se ha documentado una supervivencia ambiental de hasta 30 días a temperaturas inferiores a 4 °C (Done *et al.*, 1996).

Los cerdos infectados con PRRS presentan fiebre, escalofríos, dificultad para respirar, enrojecimiento, pelaje áspero, edema palpebral, conjuntivitis, depresión, anorexia, diarrea, neumonía, miocarditis, encefalitis, rinitis, vasculitis y linfadenopatía. Las tasas de aborto (gestación tardía), mortinatos, partos prematuros, partos débiles y partos múltiples están aumentando en las zonas ganaderas. En los sementales, la calidad del esperma se reduce. La mortalidad aumenta en lechones lactantes; en animales en crecimiento, se observan problemas respiratorios asociados con infecciones bacterianas *per se*, o mayor prevalencia de patógenos bacterianos y virales que causan signos respiratorios, y generalmente poco aumento de peso (Done *et al.*, 1996). Las cerdas pueden mostrar pérdida de leche,

depresión, fiebre, decoloración de la piel y 1-4% de mortalidad. El letargo, la depresión y la libido baja pueden ocurrir en los jabalíes en la fase aguda. Ocurre una disminución de la calidad del espermatozoide de 2 a 10 semanas después de la infección (Ruggeri *et al.*, 2020). En términos de circulación, PRRS tiene un costo constante debido a la falta de aumento de peso, partos prematuros o débiles, problemas de fertilidad y costos de medicamentos, incluso en presencia de otras enfermedades infecciosas (Zimmerman *et al.*, 1997). La gravedad de los signos clínicos depende de la virulencia de la cepa PRRSV preexistente, la susceptibilidad genética del cerdo, la inmunidad previa a vacunas similares o cepas de campo y la presencia de otras infecciones endémicas (Nan *et al.*, 2017).

### **1.3. Oleorresina de cúrcuma y capsicum**

La cúrcuma es una hierba perenne utilizada tradicionalmente como planta medicinal y especia valiosa de color naranja. Es muy utilizada en la cocina india para dar sabor al arroz, a la carne y al curry; pero también se emplea como fuente de almidón y para conservantes, colorantes y cosméticos.. Lo que realmente se usa es la raíz (rizoma) de la planta y la sustancia que le da a la cúrcuma sus famosas propiedades es uno de sus componentes, la curcumina, un polifenol. Debido a sus propiedades curativas, muchos la consideran una sustancia casi milagrosa o un "superalimento". Se ha utilizado para tratar la dispepsia, problemas de la piel y del hígado; se le atribuyen efectos antiinflamatorios y se usa para combatir los cálculos biliares y la artritis (Akram *et al.* 2010). El uso médico de la cúrcuma ha aumentado porque se han realizado muchos estudios relacionados con sus ingredientes activos, como flavonoides, aceites esenciales, taninos, quinonas y terpenoides, así como actividades farmacológicas, que incluyen cicatrización de heridas, antioxidantes, antifúngicos, anticancerígenos, gastroprotectores y hepatoprotectores (Mishra *et al.*, 2018).

Las oleorresinas se elaboran extrayendo los compuestos aromáticos de las especias secas utilizando disolventes orgánicos. Los compuestos volátiles y no volátiles derivados de las especias expresan todo el sabor de las especias frescas en forma concentrada. Por lo tanto, las oleorresinas son extractos de especias esenciales para productos de fragancia (Nahak & Sahu, 2011). Los extractos concentrados se pueden diluir para obtener diferentes concentraciones para adaptar el producto a las necesidades del cliente y darle mayor vida útil debido a la baja degradación por oxidación o pérdida de aroma, así mismo se excluye el daño por plagas y microbios (Jeon *et al.*, 2015). Hasta el momento, y a pesar de las

afirmaciones de sus defensores, los estudios sobre los beneficios de la curcumina no han arrojado resultados concluyentes; además, la curcumina solo constituye el 5% de la raíz de cúrcuma (Mahalakshmi *et al.*, 2019).

Los beneficios de las oleorresinas incluyen la ventaja económica, ya que dependiendo de la concentración de oleorresina, se pueden reemplazar hasta 100 kg de producto en polvo con solo uno o dos kg de oleorresina. Su consistencia el color, el sabor y las propiedades físicas de los ingredientes activos están estandarizados para garantizar la consistencia de un lote a otro, este producto es 100% natural y libre de solventes residuales, pesticidas, impurezas y sustancias extrañas (Mishra *et al.*, 2018).

Por otra parte, el chile (*Capsicum* sp.), también conocido como ají, pimiento rojo o guindilla, es una hierba cuyo fruto se aplica comúnmente a la piel para el dolor de artritis y otras condiciones. El fruto de la planta de pimiento contiene una sustancia química llamada capsaicina, la cual parece reducir el dolor y la hinchazón (Cedrón, 2013). El capsicum se usa a menudo para el dolor nervioso y otras condiciones dolorosas, así como para muchos otros propósitos, incluidos problemas digestivos, enfermedades del corazón y de los vasos sanguíneos, pero no hay evidencia científica sólida para muchos de estos usos (Kaur *et al.*, 2020).

#### **1.4. Ácido docosahexaenoico**

El ácido docosahexaenoico (DHA) es un ácido graso esencial poliinsaturado de la serie omega-3 que parece ser clave para la salud mental perinatal de la madre durante el embarazo y la lactancia con respecto a la depresión y la ansiedad (Arksey *et al.*, 2005). Durante el desarrollo fetal y lactancia es de gran importancia asegurar una nutrición balanceada. Entre los nutrientes cuyo impacto ha sido más estudiado a través del desarrollo fetal y post parto, están los ácidos grasos poli-insaturados omega-3 de cadena larga. En estas etapas existe una mayor necesidad de asegurar el aporte de estos nutrientes, dado que una adecuada administración es esencial para un desarrollo normal del sistema nervioso. Para el desarrollo, estructura y funciones de los tejidos nervioso y retinal el ácido docosahexanoico (DHA) es más efectivo para aportar omega-3 que precursores como el ácido alfa linolénico (ALA), rico en vegetales como chía y linaza, o el ácido eicosapentanoico (EPA), componente principal de la mayoría de los aceites marinos (Valenzuela *et al.*, 2013). De hecho, existen mecanismos de desaturación que en el

ser humano permiten formar DHA a partir de EPA y ALA, e incluso la administración de este último durante el embarazo y lactancia podría resultar perjudicial para el desarrollo nervioso y ocular (Cuartas y Torre, 2021).

## 2. Justificación

En Veracruz, el PRRS se encuentra desde hace años dentro de la mayoría de las granjas, pero la aplicación rutinaria de vacunas previene la aparición de brotes (Nan *et al.*, 2017), si bien no impide que la presencia de la enfermedad disminuya la producción porcina - en relación con los niveles que se tuvieron antes del PRRS -, y ocasiona pérdidas económicas de magnitud variable.

Con objeto de mitigar el impacto de PRRS sobre la producción porcina, se han buscado opciones que ayuden a reforzar el sistema inmune de los cerdos afectados (Peralta Quintana, 2010). Una opción prometedora es la incorporación rutinaria de ácidos grasos omega 3 como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) en la dieta de la reproductora (Rooke *et al.*, 2001; Smits *et al.*, 2013). Se anticipa que esta dieta mejorará los índices productivos y disminuirá la pérdida de lechones, por lo que su empleo puede resultar una opción rentable. En consecuencia, es necesario identificar si tal beneficio existe y, en caso de ocurrir, cuantificarlo.



## **3. Hipótesis y Objetivos**

### **3.1. Hipótesis**

La adición de productos inmunoestimulantes como ácidos grasos omega 3 en la dieta de cerdas infectadas con PRRS mejora los parámetros productivos y resulta una inversión rentable.

### **3.2. Objetivo general**

Evaluar el beneficio-costo de la adición de extractos de cúrcuma y capsicum (EP) y de ácido docosahexaenoico (DHA) en la dieta de cerdas infectadas con PRRS.

### **3.3. Objetivos específicos**

Identificar el costo adicional de la inclusión de aditivos inmunoestimulantes en la dieta de las cerdas para reducir el impacto de PRRS.

Analizar el beneficio productivo y económico de la adición de extractos de cúrcuma y capsicum (EP) y de ácido docosahexaenoico (DHA) en la dieta de cerdas infectadas con PRRS.

## **4. Material y métodos**

### **4.1. Tipo de Investigación**

La presente investigación es de carácter mixto, la parte cualitativa está dada por la observación de la condición cororal y posibles anomalías clínicas asociadas con PRRS en los animales, mientras que la parte cuantitativa se relaciona con la medición de los indicadores productivos y los costos de las raciones que contienen oleorresina de cúrcuma y/o capsicum. Por su finalidad, el estudio es de tipo aplicado, ya que su propósito es proporcionar información sobre un problema específico asociado con la producción porcina en el trópico de Veracruz. En cuanto las fuentes de información, el estudio es tanto documental como de campo; es documental porque se hace una revisión de literatura publicada sobre el tema, y de campo porque se determinan los indicadores productivos y los costos asociados con la inclusión de aditivos inmunoestimulantes en la dieta de cerdas infectadas con PRRS.

### **4.2. Localización**

Las pruebas de campo se llevaron a cabo en la Empresa Porcicola Prodasinco, en la granja comercial “El Platanar”, ubicada en la localidad de Buena Vista, municipio de Emiliano Zapata, en el centro del estado de Veracruz, localizada a 19°4' de latitud norte y 96°55' de longitud oeste. El clima es subhúmedo, con lluvias en verano, un índice de humedad promedio de 43.2%, y temperatura anual promedio de 25.2 °C (INEGI, 2010).

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

Un total de 48 vientres de pie de cría de línea, producto de un cruzamiento de Landrace x Large White se inseminaron de forma tradicional y se llevaron a la sala de gestación, donde permanecieron durante 114 días en jaulas de gestación de 0.60 m de ancho por 2.30 m de largo. Un día antes de la fecha esperada de parto, se enviaron a la sala de partos, donde se mantuvieron los 21 días de la lactancia en jaulas elevadas de 1.60 m de ancho por 2.30 m de largo. Todas las cerdas recibieron el manejo regular que consistió en alimentación con una dieta diseñada por un nutriólogo porcino y elaborada en la planta de alimentos de la granja, en la cual se manejan dos fases con distintas cantidades nutricionales. El alimento de gestación se suministró 20 días antes de la inseminación y durante 114 días de gestación y los días abiertos; el alimento de lactancia se suministró los 21 días que dura la lactancia.

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

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos. Se usaron 12 cerdas por tratamiento, y la cerda y su camada se consideraron como la unidad Experimental. Los tratamientos probados fueron: 1 (testigo): recibió solo el alimento de gestación elaborado en la granja, 2: el alimento de gestación + 300 mg/t de DHA + 200 mg de EP. Las dietas fueron isoproteicas e isoenergéticas (con un contenido de proteína cruda de 19.10%, grasa cruda de 6.37% y 3.41 Kcal de energía metabolizable).

Para el segundo parto, se usaron las mismas cerdas que en el primer parto, con un diseño experimental idéntico. Durante la fase de lactancia, se utilizaron las mismas asignaciones de tratamientos con una dieta de lactancia tanto en el primer como para el segundo parto

Los parámetros evaluados relacionados con desempeño de parición fueron: número de lechones nacidos vivos (NLNV), número de lechones nacidos muertos (NLNM), peso del lechón al nacimiento (PLN), y número de momias al parto (NMP). Los parámetros evaluados relacionados con desempeño al destete incluyeron: número de lechones destetados (NLD), peso del lechón al destete (PLD), y mortalidad pre-destete (MPD).

#### **4.5. Pruebas serológicas**

Un día antes de inseminar a cada cerda, al día 109 de gestación y al destete, se obtuvieron muestras de sangre de la vena cava anterior. Una vez extraída la sangre se depositó en tubos de ensayo de 10 ml que se centrifugaron a 3500 gravedades. El suero obtenido se congeló a -20° C hasta su análisis posterior por la técnica de ELISA para la detección anticuerpos contra PRRS y por la técnica de inmunodifusión radial. Se realizó la prueba de ELISA indirecta de acuerdo con el manual del kit comercial HerdChek PRRS X3 ® (IDEXX), consistente en placas tapizadas con antígeno recombinante del VPRRS, suero control positivo a VPRRS, suero control negativo a VPPRS y conjugado anti-porcino IgG. Para cuantificar la cantidad exacta de anticuerpos, se realizó la prueba de inmunodifusión radial que describe el manual del kit comercial NANORID™. Estos kits usan anticuerpos potenciados con látex para ofrecer una cuantificación precisa, incluso con bajas concentraciones de proteína.

Todos los ensayos por IDR se realizaron con tres métodos de ensayo diferentes: tabla de referencia de IDR (Mancini), difusión completa (Mancini *et al.*, 1965) y difusión

incompleta (Fahey y McKelvey, 1965). Las placas de IDR se seccionaron para permitir que cada placa se usara más de una vez y para mayor precisión y exactitud, se empleó un diluyente de muestras para reducir las diferencias de viscosidad entre ellas. Se consideró una reacción positiva cuando se obtuvo un cociente de la absorbancia de la muestra con respecto a la del control positivo (M/P) igual o superior a 0.4, lo que es indicativo de que hubo inmunización o exposición al virus de PRRS.

#### **4.5. Análisis beneficio-costo y análisis estadístico**

Se determinó el costo por concepto de alimentación (de cada dieta empleada en la evaluación) de las cerdas. Para su determinación, los costos de alimento se calcularon a partir del precio promedio en dólares de los ingredientes durante el periodo 2020-2022. El costo del número de lechones nacidos vivos (NLNV), destetados (NLD) y número de momias al parto (NMP), número de lechones nacidos muertos (NLNM) y mortalidad pre-destete (MPD), se obtuvo a partir del costo en dólares de cada una de las dietas (TRT 1, DHA, EP y DHA+EP) (Mishra *et al.*, 2012).

Todos los datos fueron evaluados mediante análisis de varianza a través del paquete estadístico Minitab v.16, y se usó la prueba de medias de Tukey para identificar diferencias entre los tratamientos.

## 5. Resultados

### 5.1. Efecto sobre la producción

El presente trabajo se enfoca en evaluar el beneficio-costo de la adición de extractos de cúrcuma y capsicum (EP) y de ácido docosahexaenoico (DHA) en la dieta de cerdas infectadas con PRRS, y forma parte de una investigación mas amplia que determina el impacto de EP y de DHA sobre algunos parámetros productivos en cerdos infectados con PRRS (Ángeles-Marín *et al.*, 2023). Dichos parámetros son un insumo necesario para poder estimar los costos involucrados, por ello es que se presenta aquí dicha información.

En el primer parto, los tratamientos en que se incluyó EP solo o combinado tuvieron un mayor número de lechones nacidos vivos que los otros ( $p<0.05$ ), pero los tratamientos en que DHA y EP se usaron solos lograron que se destetaran mas lechones, que hubiera menor número de momias al parto, y que se obtuvieran lechones con mayor peso al nacimiento y al destete ( $p<0.05$ ). El grupo tratado con DHA+EP tuvo una cifra mas alta de lechones nacidos muertos y mortalidad pre-destete que los demás ( $p<0.05$ ) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Efecto de la alimentación con cuatro dietas durante la gestación y lactancia de cerdas de primer parto.

Tratamiento	NLNV	NLD	NLNM	MPD	NMP	PLN	PLD
Testigo	12.19 <sup>b</sup>	11.31 <sup>b</sup>	0.50 <sup>b</sup>	0.75 <sup>b</sup>	0.75 <sup>b</sup>	1.26 <sup>b</sup>	4.67 <sup>b</sup>
DHA	12.57 <sup>b</sup>	12.09 <sup>a</sup>	0.75 <sup>b</sup>	0.66 <sup>b</sup>	0.41 <sup>a</sup>	1.34 <sup>a</sup>	5.46 <sup>a</sup>
EP	14.25 <sup>a</sup>	12.17 <sup>a</sup>	0.75 <sup>b</sup>	0.75 <sup>b</sup>	0.58 <sup>a</sup>	1.35 <sup>a</sup>	5.06 <sup>a</sup>
DHA+EP	14.12 <sup>a</sup>	9.61 <sup>b</sup>	2.16 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>	0.75 <sup>b</sup>	1.20 <sup>b</sup>	4.20 <sup>b</sup>
EEM <sup>1</sup>	0.168	0.178	0.062	0.069	0.053	0.026	0.053

**Nota:** NLNV: Lechones nacidos vivos, NLD: Lechones destetados, NLNM: Lechones nacidos muertos, MPD: Mortalidad pre-destete, NMP: Número de momias al parto, PLN: Peso de los lechones al nacimiento, PLD:

EEM<sup>1</sup> =Error estándar de la media.

Literales distintas por columna difieren estadísticamente ( $p<0.05$ ).

Fuente: Ángeles-Marín *et al.* (2023).

En el segundo parto, el grupo tratado con DHA+EP superó en número de lechones nacidos vivos y de lechones destetados a los otros ( $p < 0.05$ ). El grupo testigo y el tratado con DHA tuvieron mejor desempeño que los otros en mortalidad pre-destete y en número de momias al parto ( $p < 0.05$ ). El grupo testigo y el tratado con EP mostraron más peso de los lechones al nacimiento que el resto ( $p < 0.05$ ); pero los tratamientos en que DHA y EP se usaron solos registraron mejor peso de los lechones al destete ( $p < 0.05$ ). (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Efecto de la alimentación con cuatro dietas durante la gestación y lactancia de cerdas de segundo parto.

<b>Tratamiento</b>	<b>NLNV</b>	<b>NLD</b>	<b>NLNM</b>	<b>MPD</b>	<b>NMP</b>	<b>PLN</b>	<b>PLD</b>
Testigo	11.09 <sup>c</sup>	10.27 <sup>c</sup>	0.48 <sup>a</sup>	1.95 <sup>a</sup>	0.54 <sup>a</sup>	1.49 <sup>a</sup>	5.83 <sup>b</sup>
DHA	13.40 <sup>b</sup>	12.60 <sup>b</sup>	0.56 <sup>a</sup>	1.85 <sup>a</sup>	0.40 <sup>a</sup>	1.30 <sup>b</sup>	6.79 <sup>a</sup>
EP	12.08 <sup>c</sup>	11.41 <sup>c</sup>	0.50 <sup>a</sup>	0.68 <sup>c</sup>	0.08 <sup>c</sup>	1.50 <sup>a</sup>	5.49 <sup>b</sup>
DHA+EP	14.40 <sup>a</sup>	13.60 <sup>a</sup>	0.65 <sup>a</sup>	1.35 <sup>b</sup>	0.20 <sup>b</sup>	1.30 <sup>b</sup>	5.19 <sup>b</sup>
EEM <sup>1</sup>	0.082	0.073	0.91	0.125	0.061	0.085	0.208

**Nota:** NLNV: Lechones nacidos vivos, NLD: Lechones destetados, NLNM: Lechones nacidos muertos, MPD: Mortalidad pre-destete, NMP: Número de momias al parto, PLN: Peso de los lechones al nacimiento, PLD: Peso de los lechones al destete.

EEM<sup>1</sup> = Error estándar de la media

Literales distintas por columna difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Fuente: Ángeles-Marín *et al.* (2023).

## 5.2. Análisis beneficio-costo

Durante el primer y segundo parto, para el costo promedio de los lechones nacidos vivos y de lechones destetados no se identificó diferencia entre tratamientos ( $p > 0.05$ ); para el número de momias al parto, los grupos que recibieron DHA y EP solo o en combinación, tuvieron un menor costo ( $p < 0.05$ ) que el testigo (Cuadro 3). Para las variables lechones costo de lechones nacidos muertos y costo de la mortalidad pre-destete, el grupo tratado con DHA+EP fue mayor y distinto a los demás tratamientos ( $p < 0.05$ ). En este primer ciclo productivo parto, el mejor beneficio costo en los grupos tratados con DHA y EP en número de momias al parto, obedeció al efecto del ácido graso de cadena larga (Bussy *et al.*, 2019),

y de los extractos fitogénicos en el organismo (Kwiecien *et al.*, 2017), los cuales probablemente evitaron que los cerdos murieran en el seno materno y que posteriormente se convirtieran en momias. Un efecto semejante se tuvo sobre el número de lechones nacidos muertos y la mortalidad pre-destete, que mostraron un costo inferior al de estos tratamientos citados.

**Cuadro 3.** Respuesta económica en algunas variables de producción de la progenie de cerdas de primer y segundo ciclo alimentadas con cuatro dietas diferentes (en \$USD).

Tratamientos	Primer parto					Segundo parto				
	NLNV	NLD	NMP	NLNM	MPD	NLNV	NLD	NMP	NLNM	MPD
Testigo	8.07 <sup>a</sup>	3.63 <sup>a</sup>	6.11 <sup>a</sup>	4.21 <sup>b</sup>	2.70 <sup>b</sup>	9.01 <sup>a</sup>	7.74 <sup>a</sup>	5.15 <sup>a</sup>	3.52 <sup>a</sup>	9.10 <sup>a</sup>
DHA	7.49 <sup>a</sup>	3.70 <sup>a</sup>	4.26 <sup>b</sup>	5.64 <sup>b</sup>	2.83 <sup>b</sup>	7.36 <sup>a</sup>	5.70 <sup>a</sup>	2.62 <sup>b</sup>	3.82 <sup>a</sup>	7.32 <sup>a</sup>
EP	7.61 <sup>a</sup>	4.00 <sup>a</sup>	4.60 <sup>b</sup>	6.22 <sup>b</sup>	2.37 <sup>b</sup>	9.19 <sup>a</sup>	8.63 <sup>a</sup>	0.60 <sup>c</sup>	3.89 <sup>a</sup>	9.20 <sup>a</sup>
DHA+EP	6.77 <sup>a</sup>	3.85 <sup>a</sup>	5.80 <sup>a</sup>	15.77 <sup>a</sup>	8.48 <sup>a</sup>	6.66 <sup>a</sup>	5.92 <sup>a</sup>	1.00 <sup>c</sup>	5.30 <sup>a</sup>	6.70 <sup>b</sup>
EEM	0.81	0.056	0.184	0.174	0.013	0.138	0.147	0.184	0.152	0.243

*Nota:* NLNV: Lechones nacidos vivos, NLD: Lechones destetados, NLNM: Lechones nacidos muertos, MPD: Mortalidad pre-destete, NMP: Número de momias al parto, PLN: Peso de los lechones al nacimiento, PLD: Peso de los lechones al destete.

EEM Error estándar de la media.

Literales distintas por columna difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Fuente: Elaboración propia.

En el segundo ciclo, para número de momias al parto, se obtuvo un mejor beneficio-costo para EP y para la mezcla DHA+EP; esto se atribuye al efecto de los lípidos y de los extractos de plantas, que activaron en el seno materno células del sistema inmune, tales como células dendríticas, linfoides, mieloides y NK citotóxicas, las cuales pueden causar un efecto detrimental sobre el virus del PRRS (Bujak *et al.*, 2019; Luo *et al.*, 2019). El grupo tratado con DHA+EP también obtuvo un menor costo en la mortalidad pre-destete como resultado de la mayor cantidad de animales que se lograron destetar, aunque no se encontró diferencia entre tratamientos ( $p > 0.05$ ) en el número de lechones nacidos muertos.

## **Conclusiones**

La inclusion en la dieta diaria de ácido docosahexaenoico (DHA), de oleorresina de cúrcuma y capsicum (EP), y de su combinación (DHA+EP) en cerdas de primer y segundo ciclo, mejoró los índices reproductivos y productivos, además de proporcionar un beneficio económico positivo, obteniendo los mejores resultados en el segundo parto.



## Referencias

- Akram, M., Shahab-Uddin, A. A., Usmanghani, K. H. A. N., Hannan, A. B. D. U. L., Mohiuddin, E., & Asif, M. (2010). *Curcuma longa* and curcumin: a review article. *Romanian Journal of Biology - Plant Biology*, 55(2), 65-70.
- Ángeles-Marín, A.A., Loeza-Limón R., Villagómez-Cortés, J.A., Vicente-Martínez, J.G., & De Gasperín-López, I. (2023). Efecto de DHA y extractos de plantas sobre la productividad de cerdas infectadas con PRRS. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2), e3640. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3640>
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19-32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- 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.
- Benítez, O.W. 2001. Los cerdos criollos en América Latina. En: FAO (ed.). Los Cerdos Locales en los Sistemas Tradicionales de Producción. *Estudio FAO Producción y Sanidad Animal*, 148, 13-35.
- Bujak, J.K., Kosmala, D., Szopa, I.M., Majchrzak, K., & Bednarczyk, P. (2019). Inflammation, cancer and immunity-implication of TRPV1 channel. *Cancer Immunity and Immunotherapy*, 9. <https://doi.org/10.3389/fonc.2019.01087>
- Bussy, F., Matthieu, L.G., Henri-Salmon, H., Delaval, J., & Berri, M. (2019). Immunomodulating effect of a seaweed extract from *Ulva armoricana* in pig: Specific IgG and total IgA in colostrum, milk, and blood. *Veterinary Animal Science*, 7, 100051. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100051>
- Cedrón, J.C. (2013). La capsaicina. *Revista de Química*, 27(1-2), 7-7.
- Cuartas, S. & Torre, M. (2021). Metabolismo e importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la gestación y lactancia. *Revista Cubana de Pediatría*, 93(1), e1194.
- Do, D.T., Nguyen, T.T., Nguyen, N.T.H., Nguyen, H.P., Le, H.T., Nguyen, N.T.T., Nguyen, N.T.P., Chae, C., & Mah, C.K. (2020). The efficacy and performance impact of Foster PRRS in a Vietnamese commercial pig farm naturally challenged by a highly pathogenic PRRS virus. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 1725-1732.
- Done, S. H., Paton, D. J., & White, M.E.C. (1996). Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS): a review, with emphasis on pathological, virological and diagnostic aspects. *British Veterinary Journal*, 152(2), 153-174.
- Fahey, J.L., & Mc Kelvey, E.M, (1965). Quantitative determination of serum immunoglobulins in antibody-agar plates. *Journal of Immunology*, 94, 84-90.
- Feyera T (2018). *Impacts on farrowing duration, stillbirth rate and colostrumogenesis* (PhD dissertation). Aarhus University. Tjele, Denmark. Retrieved from [https://pure.au.dk/ws/files/140869894/nutrition\\_of\\_transition\\_sows\\_impact\\_on\\_farr](https://pure.au.dk/ws/files/140869894/nutrition_of_transition_sows_impact_on_farr)

- Fritsche KL, Alexander DW, Cassity NA, & Huang SC (1993). Maternally supplied fish oil alters piglet immune cell fatty acid profile and eicosanoid production. *Journal of Lipids*, 28, 677- 682.
- Flores M., J. (1981). *Ganado Porcino* (3<sup>a</sup>. ed.) México: Limusa.
- INEGI (2010). Compendio de información geográfica municipal. Emiliano Zapata, Veracruz de Ignacio de la Llave. *Aguascalientes*, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/30/30065.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30065.pdf)
- Jeon, W.-Y., Lee, M.-Y., Shin, I., Jin, S.E. & Ha, H. (2015). Curcuma aromatica water extract attenuates ethanol-induced gastritis via enhancement of antioxidant status. *Evidence-based complementary and Alternative Medicine*, 2015, 582496. <https://doi.org/10.1155/2015/582496>
- Kaur, R., Kaur, K., Wagh, R. V., Kaur, A., & Aggarwal, P. (2020). Red bell pepper (*Capsicum annuum* L.): Optimization of drying conditions and preparation of functional bread. *Journal of Food Science*, 85(8), 2340–2349. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15317>
- Kwiecien, E.J., Mejía-Silva, W., Zapata, D., Quintero-Moreno, A., & Gutiérrez, C. (2017). Estudio de la respuesta serológica contra el virus del síndrome reproductivo y respiratorio porcino (PRRS) en cerdos bajo condiciones tropicales. *Revista Científica FCV-LUZ*, 27, 282-293.
- Leonard, S.G., Sweeney, T., Bahar, B., Lynch, B.P., & O’Doherty, J.V. (2010). Effect of maternal fish oil and seaweed extract supplementation on colostrum and milk composition, humoral immune response, and performance of suckled piglets. *Journal of Animal Science*, 88, 2988-2997.
- López-Heydeck SM, Alonso-Morales RA, Mendieta-Zerón H, Vázquez-Chagoyán CJ. (2015). Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS). Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6, 69-89.
- Luo WL, Luo Z, Xu X, Zhao S, Li SH, Sho T, Xu JX (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*, 6765803. <https://doi.org/10.1155/2019/6765803>
- Mahalakshmi, S., Sruthi, V.S., Ramesh Babu, N.G., Sivaraj, C. & Arumugam, P. (2019). Isolation and pharmacological activities of curcumin from *Curcuma longa* L. *International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 6(5), 7–17. <https://doi.org/10.31033/ijrasb.6.5.2>
- Mancini, G., Carbonara, A.O. & Heremans, J.F. (1965). Immunochemical quantitation of antigens by radial immunodiffusion. *Immunochemistry*, 2, 235-254.
- Matthews, R. (1985). The world’s first pig farmers. *Pig Farming* (March), 51 - 55.
- Meulenberg, J. (2000). PRRSV, the virus. *Veterinary Research*, 31(1), 11-21.

- Mishra, A.K., Harris, J.M., Erickson, K.W., Hallahan, C. & Detre, J.D. (2012). Drivers of agricultural profitability in the USA: An application of the Du Pont expansion method. *Agricultural Finance Review*, 72(3), 325 – 340. <http://dx.doi.org/10.1108/00021461211277213>
- Mishra, R., Gupta, A.K., Kumar, A., Lal, R.K., Saikia, D. & Chanotiya, C.S. (2018). Genetic diversity, essential oil composition, and in vitro antioxidant and antimicrobial activity of *Curcuma longa* L. germplasm collections. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 10, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2018.06.003>
- Nahak, G. & Sahu, R.K. (2011). Evaluation of antioxidant activity in ethanolic extracts of five curcuma species. *International Journal of Pharmacy*, 2(12), 243–248.
- Navarro, C. J. A. (1996). *Importancia de los depósitos grasos en la calidad de la carne*. Memorias del curso de Actualización: Ganadería, Industria y Ciencia de la Carne en México. México: FMVZ-UNAM.
- Nan, Y., Wu, C., Gu, G., Sun, W., Zhang, Y. J., & Zhou, E. M. (2017). Improved vaccine against PRRSV: current progress and future perspective. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1635.
- Nodelijk, G. (2002). Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) with special reference to clinical aspects and diagnosis: a review. *Veterinary Quarterly*, 24(2), 95-100.
- Peralta Quintana, J.R. (2010). *Acido linoleico conjugado (CLA) y respuesta inflamatoria en cerdos con el virus del síndrome reproductivo y respiratorio porcino* (Tesis de maestría en ciencias). Hermosillo, Sonora: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Recuperado de: <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/378/1/peralta-quintero-jr10.pdf>
- Pettigrew, J.E. (2006). Reduced use of antibiotic growth promoters in diets fed to weanling pigs: dietary tools, part 1. *Animal Biotechnology*, 17(2), 207-215. <http://doi.org/10.1080/10495390600956946>
- Preston, T.R., & Willis, M.B. (1986). *Producción Intensiva de carne*. México: Diana.
- Renukaradhya GJ, Meng XJ, calvert JG, Roof M, & Lager KM (2015). Live porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccines: Current status and future direction. *Vaccine*, 33, 4069-4080.
- Rooke JA, Bland IM, & Edwards AS (1998). Effect of feeding tuna oil or soybean oil as supplements to sow in late pregnancy on piglet tissue composition and viability. *British Journal of Nutrition*, 80, 273-280.
- Rooke, J.A., Sinclair, A.G., Edwards, S.A., Cordoba, R., Pkiyach, S., Penny, P.C., Penny, P., Finch, A.M., & Horgan, G.W. (2001). The effect of feeding salmon oil to sows throughout pregnancy on pre-weaning mortality of piglets. *Journal of Animal Science*, 73, 489-500.
- Ruggeri, J., Ferlazzo, G., Boniotti, MB, Capucci, L., Guarneri, F., Barbieri, I., Alborali, GL, & Amadori, M. (2020). Characterization of the IgA response to PRRS virus in

pig oral fluids. *PLoS ONE*, 15 (3), e0229065.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229065>

- Smits, R.J., Luxford, B.G., Mitchell, M., & Nottle, M. (2013). Sow litter size is increased in the subsequent parity when lactating sows are fed diets containing n-3 fatty acids from fish oil. *Journal of Animal Science*, 89: 2731-2738.
- Sökmen, M., Serkedjieva, J., Daferera, D., Gulluce, M., Polissiou, M., Tepe, B., Askin Akpulat, H., 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>
- Stadejek, T., Stankevicius, A., Murtaugh, M.P., & Oleksiewicz, M.B. (2013). Molecular evolution of PRRSV in Europe: current state of play. *Veterinary Microbiology*, 165(1-2), 21-28.
- Stein HH, & Kil DY(2006). Reduced use of antibiotic growth promoters in diets fed to weaned piglets: dietary tools, part 2. *Animal Biotechnology*, 17, 217-231.
- Tanghe, S., & de Smet, S. (2013). Does sow reproduction and piglet performance benefit from the addition of n-3 polyunsaturated fatty acids to the maternal diet? *Veterinary Journal*, 3, 560-569.
- Valenzuela B, R., Morales P, J., Sanhueza C, J., & Valenzuela B, A. (2013). Ácido docosahexaenoico (DHA), un ácido graso esencial a nivel cerebral. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(4), 383-390. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182013000400009>
- Zimmerman, J. J., Yoon, K. J., Wills, R. W., & Swenson, S.L. (1997). General overview of PRRSV: a perspective from the United States. *Veterinary Microbiology*, 55(1-4), 187-196.

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”

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

